MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Minas de San Nicolás

Proyecto San Nicolás

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional

Versión Pública

DOCUMENTO PARA

CONSULTA PÚBLICA

Diciembre 2023

Capítulo I

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

I. Datos generales del Proyecto, del Promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental 5

I.1 Nombre del Proyecto 5

I.2 Ubicación del Proyecto 5

I.3 Duración del Proyecto 13

I.4 Datos generales del Promovente 15

I.4.1 Nombre o razón social 15

I.4.2 Registro federal de contribuyentes del Promovente 15

I.4.3 Nombre y cargo del representante legal 15

I.4.4 Dirección del Promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 15

I.5 Nombre del responsable técnico del estudio 16

Versión Pública

Índice de Figuras

Figura I.1 Ubicación geográfica del Proyecto Minas de San Nicolás, y acceso al área del proyecto en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas. 7

Figura I.2 Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a las inundaciones en el Estado de Zacatecas y el Municipio de Villa González Ortega (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021). 8

Figura I.3 Grado de Exposición Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021). 9

Figura I.4 Grado de Sensibilidad Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021). 10

Figura I.5 Grado de Capacidad Adaptativa al Cambio Climático de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021). 11

Figura I.6 Grado de Vulnerabilidad Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021). 12

Versión Pública

Índice de Cuadros

Cuadro I.1 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás. 14

Índice de Anexos

Anexo I.1 Acta Constitutiva del Promovente

Anexo I.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promovente

Anexo I.3 Identificación oficial y Clave Única de Registro de Población (CURP) del representante legal

Anexo I.4 Acta que otorga el poder al representante legal

Anexo I.5 Listado del personal y empresas consultoras participantes

Versión Pública

I. Datos generales del Proyecto, del Promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

I.1 Nombre del Proyecto

El proyecto se llama **San Nicolás** (citado también como el Proyecto).

I.2 Ubicación del Proyecto

El **Área del Proyecto (AP)** se localiza en el Km 37 Carretera Estatal 144 Ojocaliente Pinos, Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas, México, con C.P. 98840. Su cabecera municipal es el centro poblado de Villa González Ortega, que se ubica aproximadamente a 9.25 km del Proyecto por la carretera estatal 144; entre las coordenadas 22°31´ de latitud norte y 101°55´ de longitud oeste. El Municipio de Villa González Ortega colinda, al noreste y este, con el Municipio de Salinas de Hidalgo del Estado de San Luis Potosí; al sur, con el Municipio Noria de Ángeles; al suroeste, con el Municipio de Ojocaliente, y; al noroeste, con el Municipio de General Pánfilo Natera, estos tres en el Estado de Zacatecas (**Figura I.1**). La ubicación del polígono del AP se presenta en el Capítulo II de esta MIA-R, así como en el **Anexo II.2**, mientras que sus coordenadas UTM del AP en el **Anexo II.3**.

Versión Pública

El principal acceso carretero al Área del Proyecto desde la ciudad de Zacatecas hacia el este es por la carretera federal 49, con una distancia de 66.6 km; o bien desde la misma ciudad de Zacatecas con acceso al sur del AP por la carretera estatal 144, con una distancia aproximada de 74.2 km (**Figura I.1**). El Proyecto se desarrollará aprovechando la infraestructura existente en carreteras y la conectividad a la red eléctrica nacional, dentro de un **Polígono Envolvente Ambiental (PEA)** con una superficie de 4,681.686 ha. El PEA representa la superficie propiedad de Minas de San Nicolás, o bien, donde es poseedor de un convenio de ocupación temporal de los terrenos, tal como se describe y ubica ampliamente en el Capítulo II de esta MIA-R. Todas las obras y actividades del Proyecto estarán incluidas dentro del polígono del AP, cuya superficie es de 1,455.492 ha (**Figura I.1**).

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos (http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; CENAPRED, 2021), en el PEA y en el AP, no se reconocen zonas de riesgo alto a muy alto a inundaciones, sequías, tormentas eléctricas, granizo, ondas cálidas, ciclones tropicales, bajas temperaturas, sismos, sustancias inflamables, sustancias tóxicas o residuos mineros. El Atlas Nacional de Riesgos, en el Municipio de Villa González Ortega, solo reconoce como riesgo a pequeñas áreas con susceptibilidad alta por inestabilidad de laderas cercanas al Proyecto, aunque estas se encuentran fuera del PEA, al este y sureste del AP. Se muestran áreas con susceptibilidad alta a inestabilidad de laderas prácticamente inapreciables al noreste del AP, las cuales no afectarán las estructuras del Proyecto. Aun cuando el Atlas Nacional de Riesgos no reconoce lechos o caudales de arroyos en el AP que representen un riesgo alto a inundaciones, sí se reportan históricamente 19 declaratorias por

contingencias, emergencias o desastres asociados a eventos hidrometereológicos (CENAPRED, 2021), que se explica en el Capítulo IV de esta MIA-R.

Con relación al Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/?De=IGOBMX; INECC, 2019), el Área del Proyecto se encuentra dentro de uno de los 1,448 municipios a nivel nacional que presentan una alta a muy alta vulnerabilidad actual para al menos una de las seis vulnerabilidades específicas; presentando en particular cuatro vulnerabilidades en índice muy alto o alto, de las cuales dos presentarán un aumento total a futuro. De estas cuatro vulnerabilidades de índice alto o muy alto, se reconoce una con potencial asociado al Proyecto: *la vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones* (**Figura I.2**). Las otras tres vulnerabilidades altas a muy altas reconocidas para el Municipio de Villa González Ortega, son la vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones, vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a estrés hídrico y la vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico. Considerando que la vulnerabilidad depende de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático, cabe señalar que de acuerdo con los parámetros definidos en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, el Municipio de Villa González Ortega reporta una exposición media (**Figura I.3**), una sensibilidad climática baja (**Figura I.4**) y una alta capacidad adaptativa al cambio climático (**Figura I.5**), que favorecen el bajo grado de vulnerabilidad climática de este municipio (**Figura I.6**).

Versión Pública

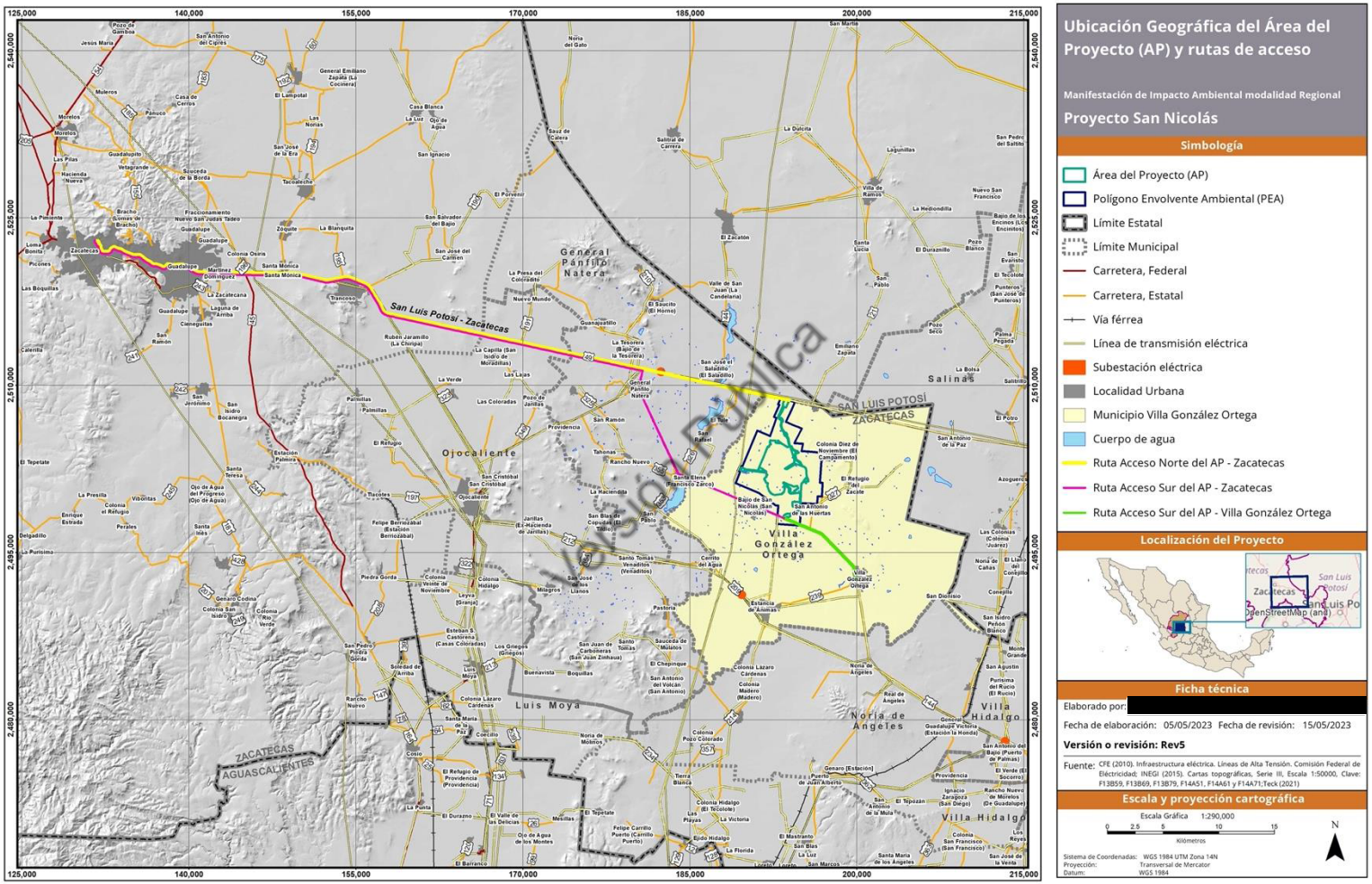


Figura I.1 Ubicación geográfica del Proyecto Minas de San Nicolás, y acceso al área del proyecto en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas.

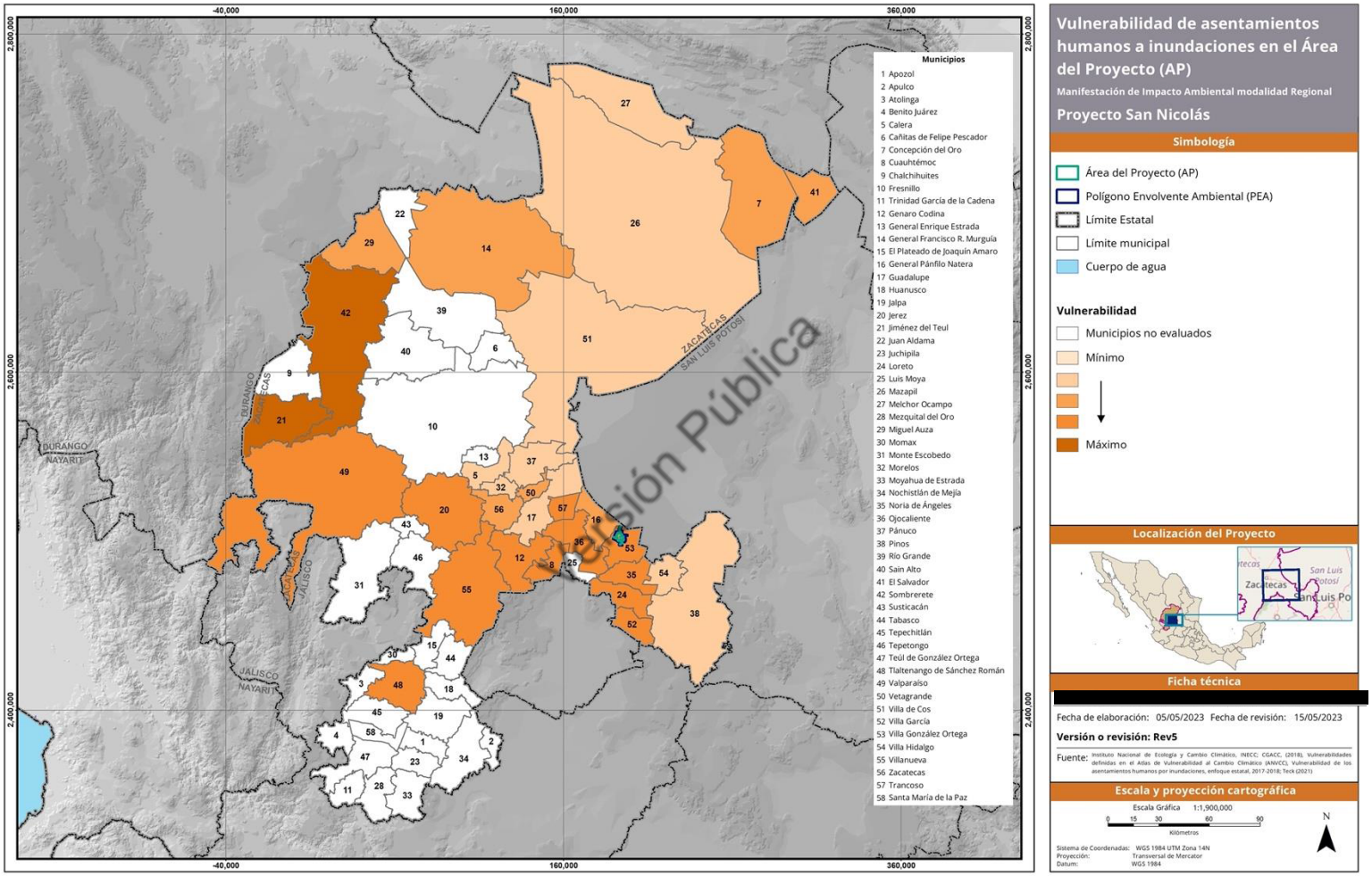


Figura I.2 Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a las inundaciones en el Estado de Zacatecas y el Municipio de Villa González Ortega (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021).

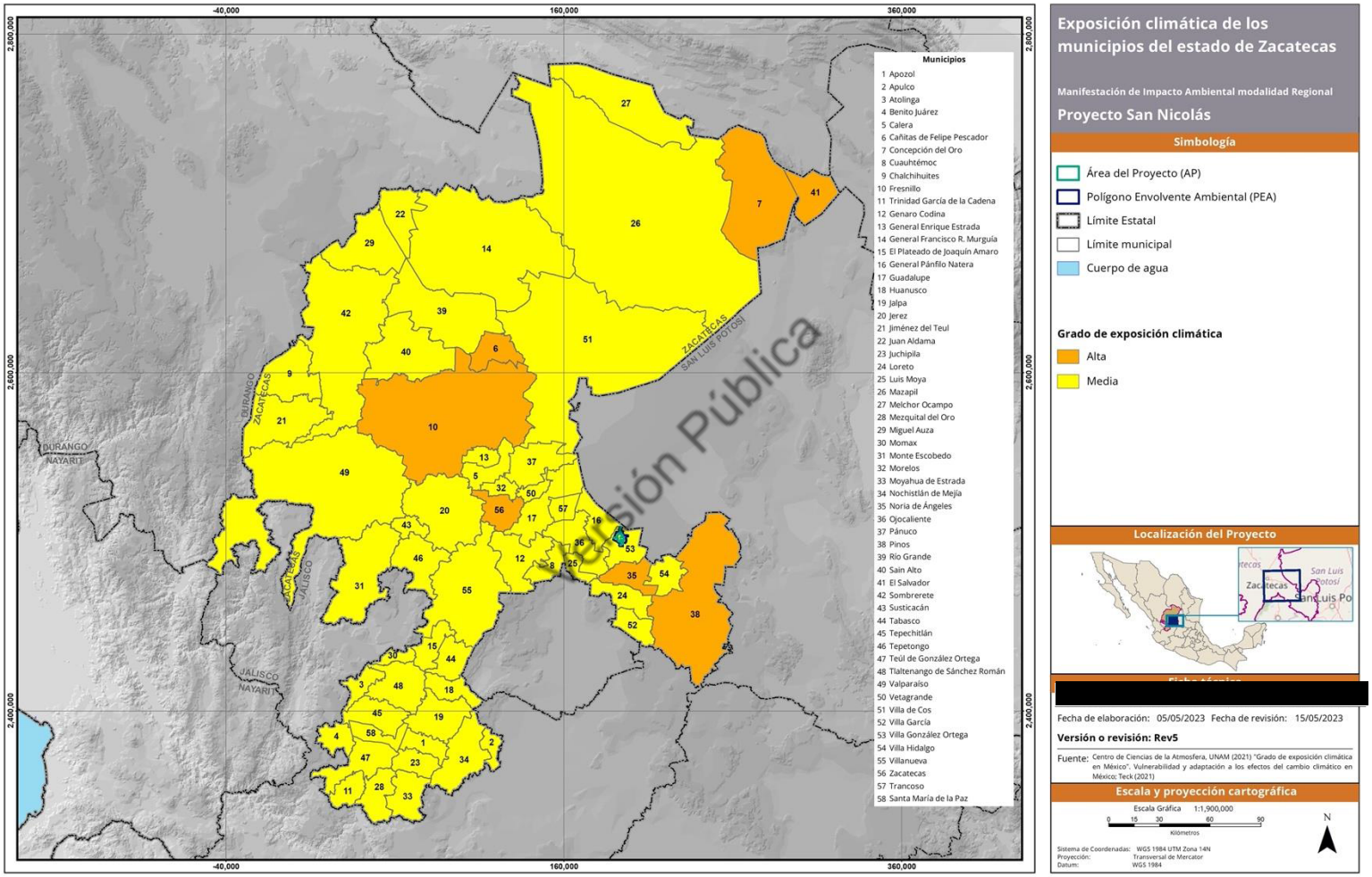


Figura I.3 Grado de Exposición Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021).

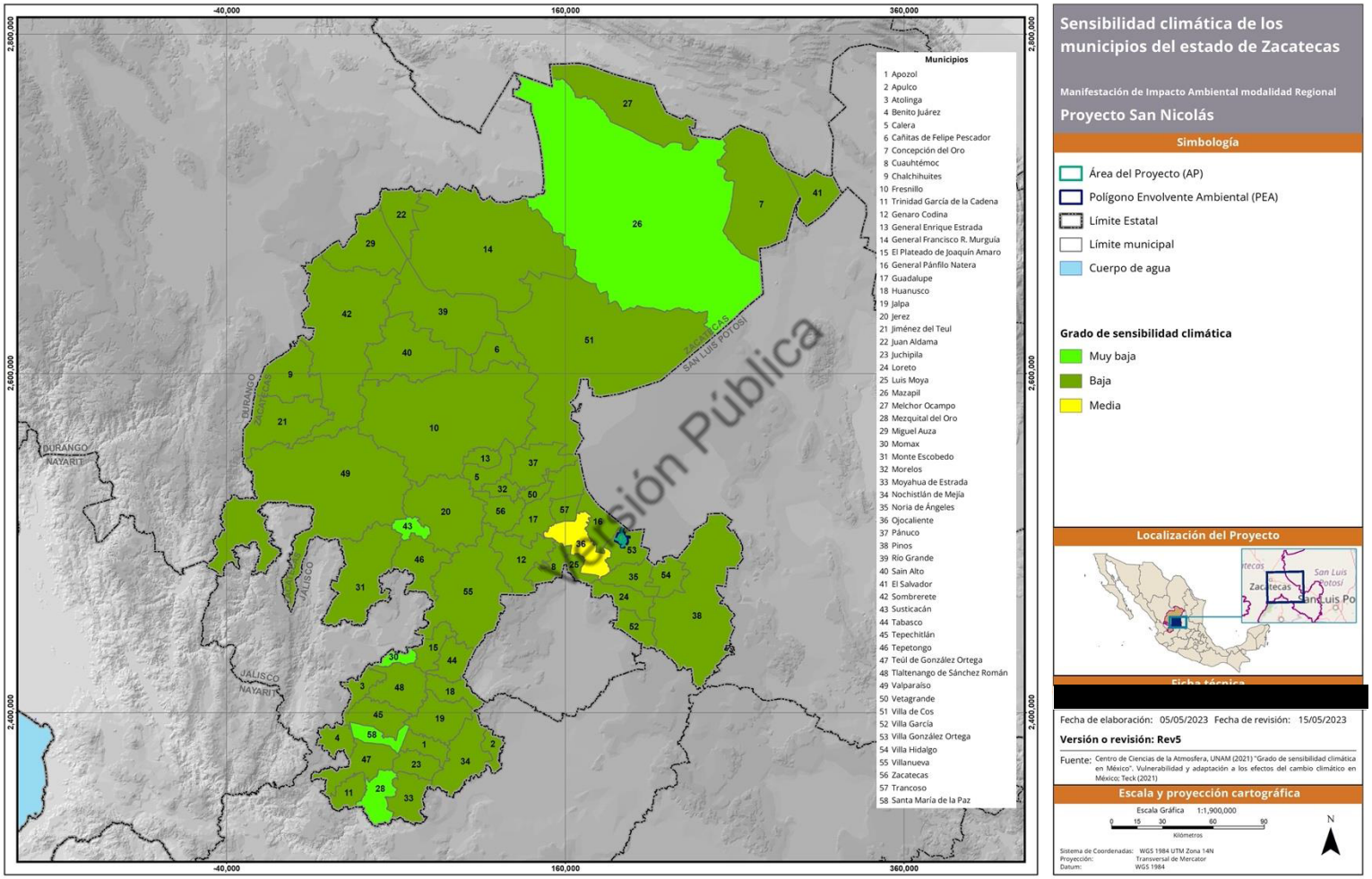


Figura I.4 Grado de Sensibilidad Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021).

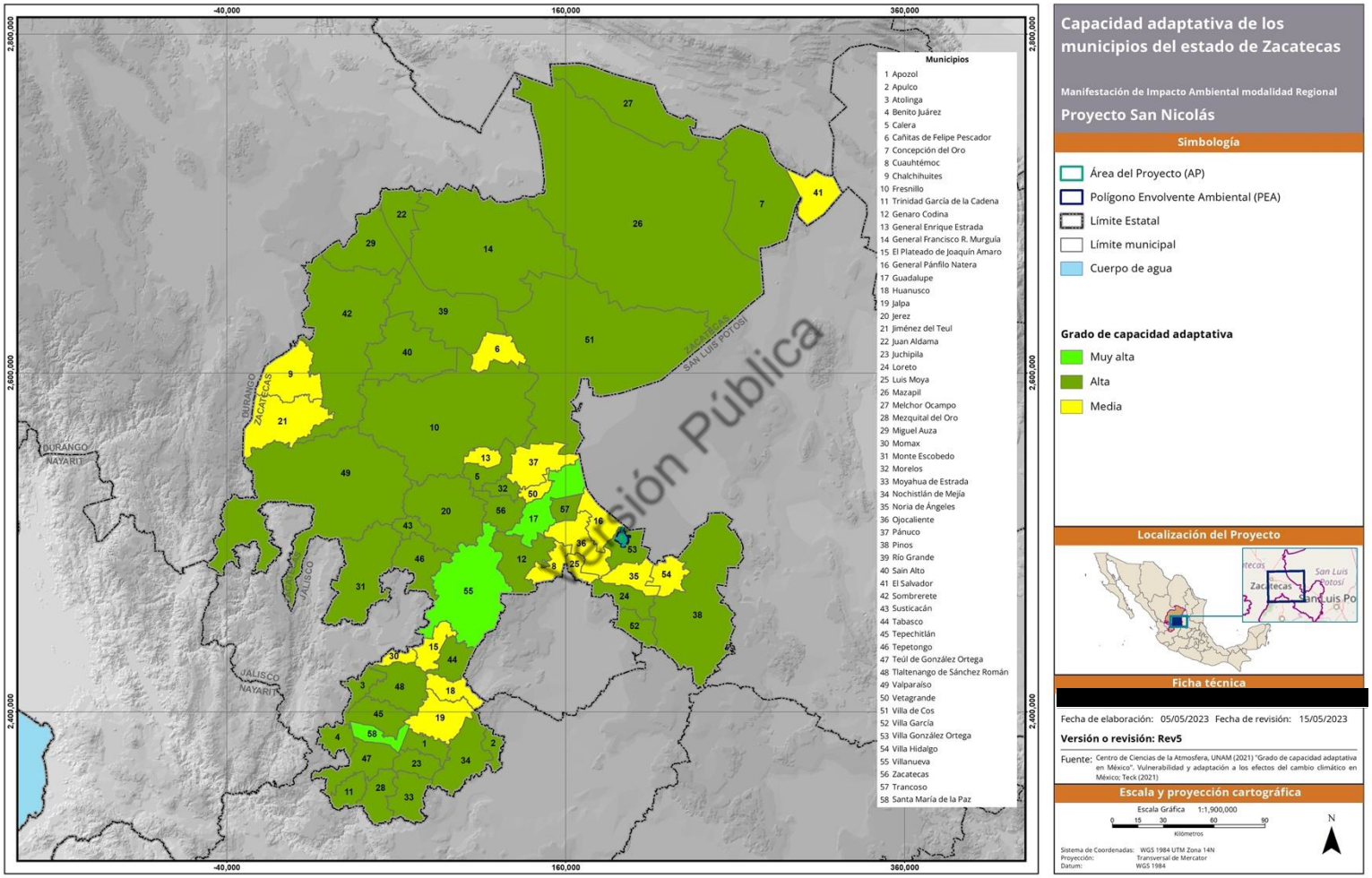


Figura I.5 Grado de Capacidad Adaptativa al Cambio Climático de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021).

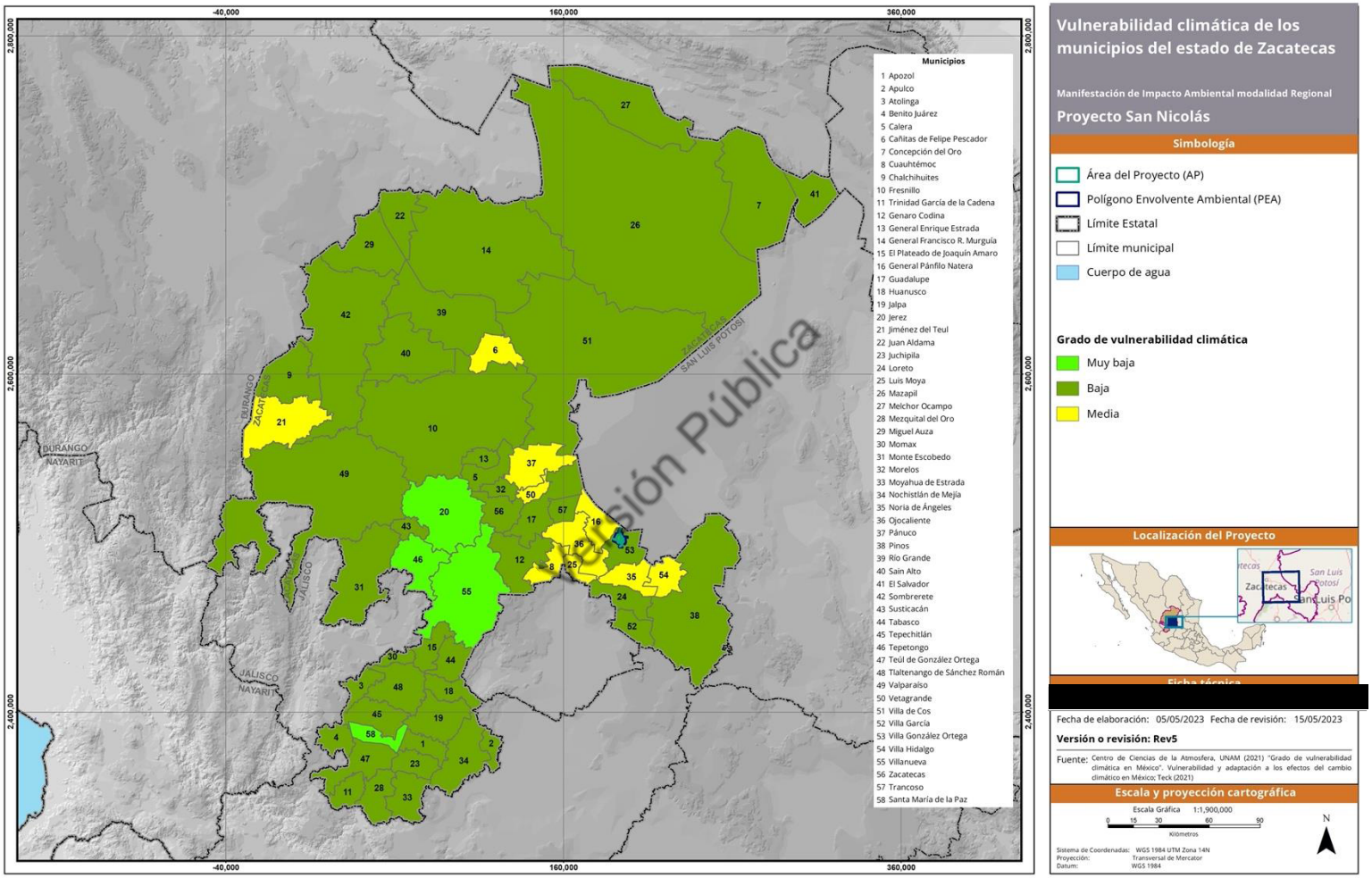


Figura I.6 Grado de Vulnerabilidad Climática de los municipios en el Estado de Zacatecas (Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; SEMARNAT-INECC, 2021).

I.3 Duración del Proyecto

El Proyecto pretende desarrollarse en un periodo de 32 años, dividido en cinco etapas: [i] preparación del sitio; [ii] construcción; [iii] operación y mantenimiento; [iv] cierre (abandono del sitio); y [v] post-cierre (monitoreo). Las etapas de preparación del sitio, de construcción, y de operación y mantenimiento se desarrollarán durante un periodo de 18 años, con sobreposición entre estas etapas; mientras que, al término de la etapa de operación, se llevará a cabo el cierre durante un periodo de cuatro años, y finalmente se propone el monitoreo post-cierre durante un periodo de diez años (**Cuadro I.1**).

Versión Pública

Cuadro I.1 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás.

Etapa	Tiempo de vida útil del Proyecto (años)																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Preparación del sitio	1	2	3	4	5	6																										
Construcción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																
Operación y mantenimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
Cierre																			1	2	3	4										
Post-Cierre (monitoreo)																							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Versión Pública

I.4 Datos generales del Promovente

I.4.1 Nombre o razón social

La empresa promovente del Proyecto es [redacted] (enseguida referida como el Promovente, Minas de San Nicolás o MDSN), cuya copia del Acta Constitutiva y del acta de modificaciones a estatutos, se presenta en el [redacted]

[redacted]., es una empresa subsidiaria de [redacted] dos empresas con amplia experiencia desarrollando proyectos mineros tanto en México, como alrededor del mundo, implementando las mejores prácticas de minería sustentable, reconocidas ampliamente.

I.4.2 Registro federal de contribuyentes del Promovente

El registro federal de contribuyentes de [redacted]

Versión Pública

I.4.3 Nombre y cargo del representante legal

Ing. [redacted]. Gerente de Proyecto. En el [redacted] se presenta copia de su identificación oficial y de su Clave Única de Registro de Población (CURP) [redacted]; mientras que en [redacted] se presenta copia del poder otorgado, mediante el instrumento público registrado en el acta notarial [redacted] expedido por la notaría pública 94 de la Ciudad de México, el 21 de junio de 2017.

I.4.4 Dirección del Promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

[redacted] Se da manifestación de aceptar el recibir comunicados oficiales por parte de esta H. Autoridad por medio electrónico.

I.5 Nombre del responsable técnico del estudio

El responsable técnico del presente estudio en materia de impacto ambiental es el [redacted] Gerente General del [redacted] Registro Federal de Contribuyentes: [redacted] Número de Cédula [redacted]

Un listado completo del personal y empresas consultoras participantes en la generación de la información técnica y ambiental integrada en esta MIA-R se presenta en el [redacted]

Versión Pública

Capítulo II

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo 10

II.1 Información general del Proyecto 10

II.1.1 Naturaleza del Proyecto 10

II.1.2 Justificación 13

II.1.2.1 Justificación técnica-económica 13

II.1.2.2 Justificación ambiental 16

II.1.2.3 Justificación social 18

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del Proyecto 21

II.1.3.1 Área del Proyecto 22

II.1.3.2 Ubicación espacial y distribución de las obras y actividades del Proyecto en el Área del Proyecto 27

II.1.4 Inversión requerida 39

II.2 Características particulares del Proyecto 40

II.2.1 Programa de trabajo 40

II.2.2 Preparación del sitio y construcción 46

II.2.2.1 Descripción de la etapa de preparación del sitio 46

II.2.2.2 Descripción de la Etapa de Construcción 63

II.2.3 Operación y Mantenimiento 86

II.2.3.1 Desagüe del área de minado superficial 86

II.2.3.2 Operación del minado superficial 88

II.2.3.3 Operación de la tepetatera 95

II.2.3.4 Operación de la planta de beneficio de minerales 102

II.2.3.5 Operación de la Presa de Jales 117

II.2.3.6 Plan de Manejo de Agua 124

II.2.3.7 Operación de las instalaciones auxiliares y de servicio 135

II.2.3.8 Manejo de combustibles 147

II.2.3.9 Programa general de mantenimiento 150

II.2.4 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 151

II.2.4.1 Descripción de la Etapa de Cierre 151

II.2.4.2 Descripción de la Etapa de Post-Cierre 164

II.2.5 Residuos 168

II.2.5.1 Residuos Mineros 168

II.2.5.2 Residuos Peligrosos 173

II.2.5.3 Residuos de Manejo Especial 175

II.2.5.4 Residuos Sólidos Urbanos 176

II.2.5.5 Aguas residuales 177

II.2.5.6 Otras Fuentes Potenciales de Daño 179

Versión Pública

II.2.6 Generación de gases de efecto invernadero (GEI) 182
II.2.6.1 Identificar por etapas del Proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero 182
II.2.6.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del Proyecto, como sea el caso de vapor de agua, CO_2, CH_4, N_2O, CFC, O_3, entre otros 183

Versión Pública

Índice de Figuras

Figura II.1 Diagrama de flujo simplificado del conjunto de obras y actividades mayores que integran al Proyecto San Nicolás. 12

Figura II.2 Polígono del Área del Proyecto (AP), donde se desarrollarán las obras y actividades del Proyecto. 23

Figura II.3 Mapa de Vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto. 25

Figura II.4 Delimitación de las superficies con cobertura vegetal en el Área del Proyecto que serán objeto del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). 26

Figura II.5 Distribución espacial de obras y actividades por desarrollar dentro del Área del Proyecto. 31

Figura II.6 Áreas destinadas preferente a un uso temporal, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y de construcción. 32

Figura II.7 Panorámica reconstruida del arreglo general de obras en el Área del Proyecto. 37

Figura II.8 Distribución general de instalaciones en la Planta de Beneficio: área de molienda y de concentración por flotación de minerales. 38

Figura II.9 Áreas en el Polígono Envolvente Ambiental (PEA), susceptibles para la reubicación de la flora silvestre rescatada. 50

Figura II.10 Distribución espacial para la ubicación de los sistemas de desaguado del área del tajo (FloSolutions, 2021). 57

Figura II.11 Ubicación de los canales de captación y derivación del agua de no contacto. 58

Figura II.12 Secciones características de los canales de captación y derivación del agua de no contacto. 59

Figura II.13 Drenes inferiores en la Tepetatera. 61

Figura II.14 Drenes inferiores en la presa de jales[13]. 61

Figura II.15 Arreglo general propuesto para los campamentos y servicios temporales. 66

Figura II.16 Secciones características de los caminos de acceso, incluyendo una obra de drenaje para permitir la libre escorrentía de agua de no contacto en el cruce de cauces (intermitentes). 68

Figura II.17 Secciones características de los caminos del área de mina donde circularán los camiones para carga de mineral y de roca estéril hacia la tepetatera. 69

Figura II.18 Vista general de la planta de beneficio, donde se observa la rampa y plataforma que se construirán para la instalación y operación de la trituradora primaria. 70

Figura II.19 Vista panorámica del diseño de la planta de flotación. 71

Figura II.20 Alimentación de energía eléctrica al Proyecto San Nicolás. 72

Figura II.21 Vista en planta del diseño constructivo de la presa de jales al final de la etapa de construcción del Proyecto. 76

Versión Pública

Figura II.22 Secciones del detalle constructivo de las bermas internas y de los drenes subterráneos que se construirán debajo de la cresta de la cortina de la presa de jales (tomado de Golder, 2021b). 77

Figura II.23 Sección del diseño constructivo de la cortina contenedora de la presa de jales, donde se muestra su desarrollo por etapas (tomado de Golder, 2021b). 78

Figura II.24 Elevación del depósito de jales, del nivel de inundación en el vaso de almacenamiento y de la cresta de la cortina, durante el periodo de vida operativa de la presa de jales (la diferencia entre la elevación del nivel de inundación en el vaso de almacenamiento y de la cresta de la cortina contenedora, corresponde al bordo libre de diseño). 83

Figura II.25 Sección transversal del tajo mostrando la distribución de las unidades geometalúrgicas que constituyen el mineral beneficiable. 92

Figura II.26 Representación esquemática en planta de la tepetatera propuesta para el Proyecto. 96

Figura II.27 Sección A - A' representativa de la tepetatera. 97

Figura II.28 Sección característica de los drenes para el control del agua superficial en la base de la tepetatera. 99

Figura II.29 Diagrama simplificado del proceso de la planta de beneficio de minerales. 104

Figura II.30 Diagrama de balance de masa estimado para la planta de beneficio: áreas de trituración y de molienda (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación). 105

Figura II.31 Diagrama de balance de masa estimado para la planta de beneficio: área de concentración de cobre (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación). 106

Figura II.32 Diagrama de balance de masa estimados para la planta de beneficio: área de concentración de zinc y presa de jales (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación). 107

Figura II.33 Arreglo general de la trituración primaria. 108

Figura II.34 Arreglo general del almacén de mineral grueso. 111

Figura II.35 Arreglo general del área de molienda y trituración de gruesos. 112

Figura II.36 Arreglo general del área de molienda terciaria y de remolienda. 112

Figura II.37 Arreglo general en planta de la planta concentradora por flotación de minerales. 113

Figura II.38 Arreglo general de los espesadores de concentrados de cobre y de zinc. 114

Figura II.39 Arreglo general del área del espesador de colas de flotación y del bombeo de colas espesadas. 116

Figura II.40 Ubicación de la pileta de infiltración para la recuperación del agua de la presa de jales, así como la ubicación del bordo de demasías (*storm pond*). 121

Figura II.41 Diagrama esquemático conceptual del plan de manejo de agua. 125

Versión Pública

Figura II.42 Configuración de las obras e instalaciones del Proyecto para el Manejo de Agua. 128

Figura II.43 Sistema de manejo de agua superficial, con ubicación de posibles sitios de descarga de las excedencias del agua de laboreo y ubicación de los canales de captación y derivación del agua de no contacto. 130

Figura II.44 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante la etapa de construcción del Proyecto. 132

Figura II.45 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante la etapa de operación y mantenimiento. 134

Figura II.46 Planta del arreglo general del área de preparación de reactivos. 136

Figura II.47 Vista en planta del arreglo de las instalaciones de laboratorio. 138

Figura II.48 Arreglo general del área del polvorín. 144

Figura II.49 Estación de almacén y despacho de combustibles para vehículos pesados. 147

Figura II.50 Estación de almacén y despacho de combustibles para vehículos ligeros. 148

Figura II.51 Configuración de la presa de jales al final de la etapa de cierre. 157

Figura II.52 Configuración de la tepetatera al final de la etapa de cierre. 158

Figura II.53 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto (Golder, 2022). 160

Figura II.54 Plan de manejo del agua durante las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto. 160

Figura II.55 Plan general de revegetación en la etapa de cierre. 163

Figura II.56 Ubicación del Relleno Sanitario Intermunicipal de Zacatecas y rutas de acceso desde el Área del Proyecto. 178

Versión Pública

Índice de Cuadros

Cuadro II.1 Reservas minerales, probadas y probables, del Proyecto San Nicolás (Estudio Prefactibilidad; Teck, 2021). 14

Cuadro II.2 Superficie de los polígonos de interés del Proyecto. 22

Cuadro II.3 Distribución de superficies por vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto. 24

Cuadro II.4 Superficies de obras e instalaciones del Proyecto, al final de la etapa de construcción. 27

Cuadro II.5 Uso de suelo y tipo de vegetación en la superficie ocupada por obras e instalaciones permanentes del Proyecto. 33

Cuadro II.6 Distribución de superficies de uso temporal en el Proyecto. 36

Cuadro II.7 Costos de Inversión por etapa del Proyecto San Nicolás (expresados en $ Moneda Nacional). 39

Cuadro II.8 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación). 42

Cuadro II.9 Cronograma del Proyecto San Nicolás para la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R), respecto al calendario de diseño y operativo definidos para el Proyecto. 45

Cuadro II.10 Especies de flora silvestre objeto de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en polígonos forestales del Proyecto. 49

Cuadro II.11 Coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de ubicación de los sistemas de desaguado del agua de laboreo en el área de minado superficial. 55

Cuadro II.12 Características preliminares estimadas para los canales de agua de no contacto y de agua de contacto. 60

Cuadro II.13 Cantidades (en Mm^3) de material de relleno de roca (tepetate) no generador de drenaje ácido que se utilizarán para la construcción de distintos componentes de la presa de jales (valores no podrían sumar debido al redondeo; TCG = conglomerado del terciario; Golder, 2021b). 74

Cuadro II.14 Criterios técnicos de diseño de la presa de jales (Golder, 2021b). 79

Cuadro II.15 Características constructivas y dimensiones durante el desarrollo de la presa de jales (Golder, 2021b). 82

Cuadro II.16 Programa anual de minado y de producción de concentrados de cobre y de zinc durante el ciclo de vida del Proyecto. 89

Cuadro II.17 Diseño inicial entre rampas y taludes generales para el tajo del Proyecto San Nicolás. 94

Cuadro II.18 Características del tepetate, conforme al numeral 5.3.1.6.3 de la NOM-157-SEMARNAT-2009. 100

Cuadro II.19 Resumen del depósito de residuos mineros en el vaso de almacenamiento de la presa de jales durante el periodo de vida operativa del Proyecto. 119

Cuadro II.20 Estimación promedio anual de entradas y salidas de agua durante la operación de la presa de jales para los años 3 al 18 del ciclo de vida del Proyecto. 120

Cuadro II.21 Criterios técnicos de diseño para las instalaciones hidráulicas de manejo del agua, asociadas a la presa de jales. 120

Cuadro II.22 Balance de entradas y salidas anuales de agua (m^3) durante las etapas de Preparación de Sitio y de Operación del Proyecto. 129

Cuadro II.23 Listado e inventario de reactivos para el proceso de beneficio. 137

Cuadro II.24 Resumen de carga de energía eléctrica del Proyecto San Nicolás. 139

Cuadro II.25 Cargas de energía eléctrica por área en el Proyecto San Nicolás. 140

Cuadro II.26 Consumo estimado de diésel por el Proyecto. 149

Cuadro II.27 Periodicidad del programa de mantenimiento de los equipos e instalaciones mayores en la planta de proceso. 150

Versión Pública

Cuadro II.28 Rangos de resultados del análisis normativo mediante laboratorio acreditado por EMA de los jales mineros producidos por el Proyecto. 168

Cuadro II.29 Resumen de los resultados de las pruebas estáticas de predicción de drenajes ácidos (ABA), realizadas en 20 muestras de jales con P_{80} 37 micras..... 169

Cuadro II.30 Porcentaje de muestras por tipo de litología en las cuales exceden los LMP de concentraciones base seca de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (Golder, 2021). 170

Cuadro II.31 Concentraciones máximas de metal disuelto por tipo de litología determinadas por la prueba de extracción de constituyentes tóxicos de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (Golder, 2021). 171

Cuadro II.32 Resumen de resultados de pruebas conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009 en muestras de tepetate, por tipo de material. 172

Cuadro II.33 Generación estimada de residuos peligrosos en el Proyecto. 174

Cuadro II.34 Generación estimada de residuos de manejo especial durante el desarrollo del Proyecto. 176

Cuadro II.35 Generación anual estimada de residuos sólidos urbanos por el Proyecto. 176

Cuadro II.36 Generación y fuente de ruido en el Proyecto. 179

Cuadro II.37 Equipos que se usarán en el Proyecto, que contarán con una fuente radioactiva. 181

Cuadro II.38 Estimación de emisiones de GEI durante el tiempo de vida operativa del Proyecto, por el consumo de diésel y energía eléctrica. 183

Versión Pública

Listado de Anexos

Anexo II.1 Plano de ubicación geográfica del Proyecto

Anexo II.2 Planos de ubicación geográfica del Polígono Envolvente Ambiental y del Área del Proyecto

Anexo II.3 Cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) del Polígono Envolvente Ambiental y del Área del Proyecto

Anexo II.4 Plano de ubicación geográfica de los polígonos forestales objeto del CUSTF en el Área del Proyecto y cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de los polígonos forestales

Anexo II.5 Plano de la distribución de obras e instalaciones, permanentes y temporales, del Proyecto

Anexo II.6 Cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de los polígonos de obras, permanentes y temporales, del Proyecto

Anexo II.7 Planos del diseño constructivo de las instalaciones del Proyecto

Anexo II.8 Plano del diseño constructivo de la tepetatera

Anexo II.9 Plano del diseño constructivo de la presa de jales

Anexo II.10 Informes de caracterización de la peligrosidad de jales y de tepetate conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003, y a la NOM-157-SEMARNAT-2009

Anexo II.11 Informe de diseño del tajo, incluyendo su estudio de estabilidad estructural

Anexo II.12 Informe de diseño de la tepetatera, incluyendo su estudio de estabilidad estructural

Anexo II.13 Informe de diseño de la presa de jales, incluyendo su estudio de estabilidad estructural

Anexo II.14 Alineamiento de la presa de jales con los criterios de la NOM-141-SEMARNAT-2003

Anexo II.15 Alineamiento de la tepetatera con los criterios de la NOM-157-SEMARNAT-2009

Anexo II.16 Hojas de Seguridad de las sustancias y productos empleados en el Proyecto

Versión Pública

II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo

II.1 Información general del Proyecto

II.1.1 Naturaleza del Proyecto

El proyecto minero San Nicolás (enseguida el Proyecto), tiene como objetivo ser un productor responsable de cobre (Cu) y zinc (Zn), metales que son considerados estratégicos y críticos para la transición energética.

El proyecto minero está diseñado para llevar a cabo un aprovechamiento de minerales a través del minado superficial para procesarlo en una planta convencional de beneficio[1] por flotación selectiva para obtener concentrados de cobre y de zinc.

El Proyecto incluye diversas obras y actividades, como el minado, beneficio de minerales, infraestructura eléctrica y cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Versión Pública

Las obras y actividades están integradas por: minado superficial, una tepetatera, un depósito de jales, una planta de beneficio que consiste en trituración, molienda, concentración por flotación de minerales de cobre y de zinc, espesadores y filtros de concentrado y de jales, y área de carga de camiones. Se contará, además, con infraestructura de servicios de apoyo a mina, tal como: áreas para apilamiento de suelo orgánico, caminos de acceso con casetas para su control y vigilancia, subestaciones eléctricas y líneas de transmisión eléctrica, sistema de manejo para agua de laboreo, sistema de manejo de aguas de contacto y no contacto (piletas y canales de derivación), edificios auxiliares y permanentes para la operación como polvorines, almacén de refacciones, oficinas, laboratorio de ensayos, instalaciones sanitarias que consistirán en biodigestores y plantas móviles de tratamiento, vestidores, clínica, comedor, talleres de mantenimiento, área para almacén y manejo de reactivos, despacho de combustibles y campamentos para personal. Asimismo, el Proyecto continuará con sus oficinas comunitarias para la atención a la población a través de la Casa de Diálogo.

El Proyecto incluirá obras e instalaciones que representarán medidas de mitigación, algunas de ellas de carácter adaptativo en función del impacto, como se describe en los Capítulos V y VI de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R). Entre las obras y acciones que representan medidas de mitigación, destacan: manejo de agua, recuperación de suelo orgánico, monitoreo ambiental, mediciones telemétricas del volumen de agua de laboreo, consumo y excedentes, planes de conservación y restauración ambiental, monitoreo de la biodiversidad, programa de vigilancia ambiental, planes de manejo de residuos, vivero para el mantenimiento y reproducción de flora silvestre objeto del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y de los planes de

[1] **Beneficio** de minerales se define como las actividades para la preparación, tratamiento, fundición de primera mano y/o refinación de productos minerales, en cualquiera de sus fases, con el propósito de recuperar u obtener minerales o sustancias, al igual que de elevar la concentración y pureza de sus contenidos (NOM-157-SEMARNAT-2009).

revegetación como parte del Programa de Conservación y Restauración de Suelo, entre otras. Además, se presentará un vehículo financiero, como lo es un seguro y/o fianza, para asegurar las medidas de mitigación y compensación derivadas de la naturaleza de las obras, de acuerdo con la temporalidad del proyecto.

Dada la naturaleza del Proyecto, la vulnerabilidad ante los efectos adversos al cambio climático (CC), está asociada principalmente a la disminución progresiva de la precipitación pluvial, que favorecería mayores condiciones de sequía. Al no depender el Proyecto de una fuente de agua superficial, no será vulnerable al efecto adverso del CC, mientras que en el caso de la disminución de la captación de agua subterránea por infiltración del agua precipitada, tampoco tendría efectos adversos en el y por el Proyecto, de acuerdo a los modelos estimados a partir de los distintos escenarios de CC a corto, mediano y largo plazo propuestos por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global). Ante el incremento de las condiciones de aridez con la menor precipitación, medidas de mitigación son propuestas en el Capítulo VI.

Por lo anterior, la empresa promovente del Proyecto, [redacted]. (enseguida el Promovente o MDSN), presenta la MIA-R del Proyecto conforme a lo establecido en términos de los Artículos 11 y 17 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, puesto que corresponde a: [i] un conjunto de obras o actividades que se encuentran incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano; y [iv] un proyecto que pretende desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. En la **Figura II.1** se presenta un diagrama de flujo simplificado de las operaciones unitarias mayores que integran el Proyecto, y que serán objeto de una descripción específica en este Capítulo II.

Versión Pública

Cómo se observa en la **Figura II.1**, el Proyecto está enfocado en la producción de concentrado de cobre y de concentrado de zinc, que serán producidos por el proceso convencional de beneficio por flotación de minerales. El proceso de flotación convencional, debido a su naturaleza no es considerada una actividad de alto riesgo, por tanto, esta MIA-R no contiene un Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo, tal como lo establece la legislación aplicable.

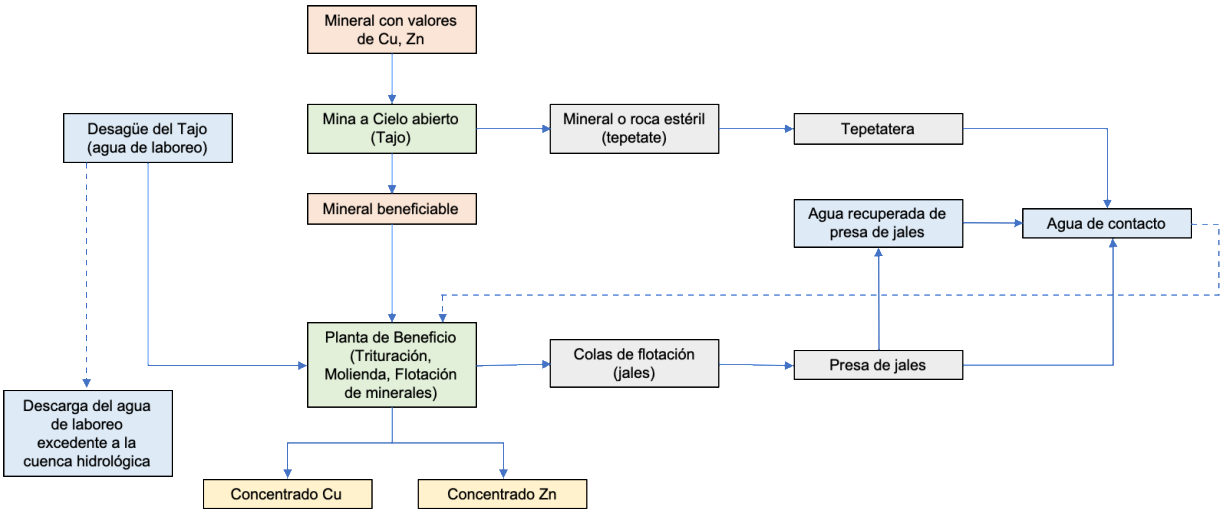


Figura II.1 Diagrama de flujo simplificado del conjunto de obras y actividades mayores que integran al Proyecto San Nicolás[2].

De acuerdo con la clasificación para Actividades Económicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), el Proyecto se inscribe dentro del sector:

21 Minería. Actividad Secundaria de Transformación de Bienes. Este sector incluye unidades económicas dedicadas principalmente a la explotación de minerales metálicos y no metálicos. La minería, para efectos de este clasificador, comprende operaciones de beneficio, como la flotación de minerales, encaminada a la obtención de concentrados minerales.

21.22 Minería de minerales metálicos. Unidad económica dedicada principalmente a la explotación de minerales metálicos, que incluyen oro, plata, cobre, plomo, zinc y otros materiales no ferrosos; así como las actividades de beneficio de la flotación, encaminadas a la obtención de concentrados minerales.

Versión Pública

[2] Diagramas de flujo detallados para los procesos, el manejo del agua, balance de materia y balance de agua, se presentan en este mismo Capítulo II.

II.1.2 Justificación

II.1.2.1 Justificación técnica-económica

El cobre es uno de los minerales más importantes por su conductividad eléctrica y térmica, sus más de 400 aleaciones se usan en diversos sectores: construcción, herramientas, electrónica, maquinaria, equipos industriales, medicina, transporte y principalmente en la generación y transmisión de energía eléctrica.

El zinc es un elemento químico, considerado como metal, que además es uno de los nutrientes más importantes para la salud humana, pocos elementos metálicos tienen una relevancia tan grande en la sociedad, ya que es usado en diferentes procesos como la industria farmacéutica, alimenticia, metalúrgica, automotriz, aeroespacial y pinturas. Su principal uso es la galvanización, que consiste en recubrir el acero y el hierro con una capa de zinc que lo protege de la corrosión.

Ambos minerales, son considerados estratégicos en la transición energética y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para la disminución de gases de efecto invernadero. En el caso del cobre, se utiliza hasta 12 veces más en los sistemas de energía renovable que en los sistemas tradicionales; además de disminuir la cantidad de energía necesaria para producir electricidad y, por lo tanto, ayuda a reducir las emisiones de CO_2[3]. La producción de concentrados de zinc permitirá al Estado de Zacatecas mantener el liderazgo en la producción de zinc en México (48% de la producción nacional, donde México representa el quinto productor mundial[4]).

Versión Pública

El proyecto minero San Nicolás inició actividades de exploración desde 1995 y a partir del descubrimiento del yacimiento en 1997 se desarrollaron un conjunto de estudios geológicos en el depósito de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS por sus siglas en inglés) de San Nicolás. Los estudios realizados demostraron que se trata del depósito mineral tipo VMS más importante de México por sus reservas, donde actualmente se han estimado 105.2 millones de toneladas métricas de reservas probadas y probables de mineral con leyes de 1.12% de cobre, 1.48% de zinc, de acuerdo con el Estudio de Prefactibilidad desarrollado por MDSN (2021). Las reservas minerales del Proyecto se resumen en el **Cuadro II.1**.

Estas reservas han sido calculadas a partir del modelo de minado superficial considerando la relación tepetate:mineral [de 6:1], el cual ha sido diseñado con base a los parámetros técnicos desarrollados en el Estudio de Prefactibilidad del Proyecto, en el que la operación del minado superficial requeriría 18 meses de desmonte previo para exponer la mena con valor económico por extraer para su beneficio.

Para la estimación de reservas reportadas en el **Cuadro II.1**, se consideran los valores (leyes) promedio de oro (Au) y plata (Ag) asociados como metales traza dentro del concentrado de cobre y

[3] Cámara Minera Mexicana. Informe de Sostenibilidad 2022.
[4] Cámara Minera Mexicana. Informe Anual CAMIMEX 2022.

del concentrado de zinc, y que no requieren ningún proceso adicional para su extracción y recuperación, sino únicamente serán recuperados por su asociación mineralógica con el cobre y el zinc en los concentrados de flotación.

Cuadro II.1 Reservas minerales, probadas y probables, del Proyecto San Nicolás (Estudio Prefactibilidad; Teck, 2021).

Producto Mineral	Clase	Toneladas (t)	Cu (%)	Zn (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)
Bajo Zn/Cu	Probada	31,989,442	1.524	0.460	0.164	11.748
	Probable	37,919,448	1.249	0.465	0.117	8.803
	Subtotal	69,908,890	1.374	0.463	0.138	10.151
Alto Zn/Cu	Probada	15,726,093	0.714	3.939	0.909	48.715
	Probable	19,603,316	0.561	3.121	0.910	44.320
	Subtotal	35,329,409	0.629	3.485	0.909	46.276
Total	Probada	47,715,535	1.257	1.607	0.410	23.931
	Probable	57,522,764	1.014	1.370	0.387	20.907
	Total	**105,238,299**	**1.124**	**1.477**	**0.397**	**22.278**

Notas:

1. Las Reservas Minerales Diluidas están reportadas a partir del 31 de diciembre de 2019 utilizando los Estándares de Definición CIM de 2014. Las reservas minerales se reportan al 100%.
2. La estimación de reservas asume métodos de minado superficial.
3. Las reservas están reportadas sobre una base 100% del Proyecto.
4. Las reservas están basadas en precios de metales de US$3.00/lb Cu, US$1.10/lb Zn, US$1,300/t.oz Au, US$20.00/t.oz Ag; con recuperaciones metalúrgicas variables.
5. Costos variables de tratamiento y refinación que dependen del ciclo de concentrado, costo de transporte de US $96.50 /dmt-conc.
6. Costo operativo variable del proceso: basado en la relación Zn/Cu del material molido.
7. Costo de minería variable: basado en horas de equipo y actividad de operación con un LOM promedio de US $1.45/tonelada minada.
8. El límite aplicado a las Reservas Minerales es variable con un rango de US$9.71/t a US13.15/t NSR.
9. Las cantidades y leyes en la estimación de reservas minerales pueden estar redondeadas según corresponda.
10. Las suposiciones de recuperación y económicas utilizadas en el desarrollo de los Recursos Minerales y Reservas Minerales se basan en el trabajo del Estudio de Prefactibilidad.
11. Las suposiciones y las métricas que se utilizan para calcular las Reservas Minerales pueden diferir de las utilizadas y reportadas en la valoración económica para el Estudio de Prefactibilidad.
12. Los totales podrían no sumar correctamente debido a redondeo.

Versión Pública

Hacia finales de 2018, se encaminaron los esfuerzos y actividades para desarrollar el Estudio de Prefactibilidad, y se procedió al desarrollo de ingeniería necesaria y suficiente para la obtención de energía para el Proyecto de la red del sistema eléctrico nacional, así como para la conexión de los caminos del Proyecto con la red de carreteras estatales y federales, lo que favorece al Proyecto al aprovechar infraestructura eléctrica y de vías de comunicación existentes.

En el mismo año 2018, iniciaron los estudios de línea base ambiental y social, mediante la participación de empresas especialistas, nacionales e internacionales, documentado todo en el Capítulo IV de esta MIA-R y sus anexos.

En el transcurso de 2019 hasta 2020 se realizó un modelo geológico y se completó la estimación de los recursos minerales y su ley de corte, de acuerdo a esto, se diseñó el plan de minado superficial y se determinó el costo promedio para la producción por tonelada de mineral. La relación de descapote se estimó de 5.96 de tepetate (639.5 millones de toneladas métricas) a mineral (107.3 millones; 105.2

millones de toneladas métricas de reservas y 2.1 millones de toneladas métricas de recursos). Se consideró la presencia de dos metales principales por recuperar a través de concentrados de flotación (cobre y zinc); y concentraciones de plomo, cadmio y fierro que pueden afectar la calidad de los concentrados de cobre y de zinc. La distribución espacial determinó que las altas leyes de zinc se encuentran principalmente en la parte superior del yacimiento, mientras que el cobre se distribuye principalmente en la parte inferior del yacimiento.

Considerando lo anterior, la base de diseño para la planta de procesamiento de mineral fue establecida en 20,000 tmpd (peso seco) o 7,300,000 tmpa (peso seco), sobre una base operativa de 92 por ciento de disponibilidad (tiempo de ejecución u operación al año). Considerando el total de reservas por 105.2 millones de toneladas métricas, se obtuvo una vida útil para el minado superficial de 15 años, a razón de 20,000 tmpd, con un rango de rendimiento entre 17,000 y 22,000 tmpd basado en unidades geometalúrgicas (GMU) con un rendimiento medio resultante de 20,600 tmpd; empleando para ello procesos convencionales de minado superficial, beneficio de minerales mediante concentración por flotación, y disposición final de residuos de mina en una tepetatera y del beneficio en una presa de jales. A pesar de ser procesos convencionales, se emplearán en todas sus etapas, las tecnologías más modernas que aseguren la sustentabilidad del Proyecto, minimizando los impactos en el ambiente.

Versión Pública

II.1.2.2 Justificación ambiental

Las características del Proyecto, su geografía, condiciones climáticas, topografía, la no existencia de asentamientos humanos dentro del Área del Proyecto (AP), entre otras, generan un conjunto de condiciones para desarrollar un complejo minero que integre las mejores prácticas ambientales y sociales de la minería moderna, respaldados por una empresa con capacidades técnicas y económicas de solvencia globalmente reconocida.

El Proyecto pretende el aprovechamiento de un yacimiento minero de sulfuros masivos con valores de cobre y de zinc, mediante minado superficial y beneficio por procesos convencionales de trituración, molienda y flotación. Debido a la naturaleza de estas actividades, no serán utilizadas substancias catalogadas como altamente riesgosas.

Los residuos mineros que serán generados por estas actividades serán: [i] las rocas estériles producto del descapote (tepetate), que se depositarán en una tepetatera (RSF, por las siglas en inglés de Instalación de Almacenamiento de Rocas); y [ii] las colas del proceso de flotación (jales), que se depositarán en la presa de jales (TMF, por las siglas en inglés de Instalación de Jales Mineros).

Algunas unidades de tepetate y jales, son generadores de drenaje ácido (conforme a los resultados de las pruebas establecidas en la NOM-157-SEMARNAT-2009 para el tepetate y la NOM-141-SEMARNAT-2003 para los jales), como se describe en esta MIA-R, por lo que se proponen medidas de prevención y de mitigación durante la operación y al cierre del Proyecto.

Versión Pública

El agua que se utilizará para las actividades operativas provendrá del agua de laboreo, producto del desaguado del área de minado superficial[5] y de agua de contacto[6]. Se propone en esta MIA-R un plan de manejo del agua que incluye el reúso mínimo del 60% tal y como lo establece la nueva legislación vigente, y la recuperación y el reúso del agua de proceso y del agua de contacto, así como la reintegración a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, conforme a las disposiciones administrativas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). El agua de no contacto será captada y derivada a través de canales ubicados aguas arriba de las obras e instalaciones del Proyecto, de tal manera que pueda integrarse a la cuenca hidrológica, así como la captada de los escurrimientos a través de los almacenes temporales de suelo orgánico.

El Área del Proyecto (AP) se encuentra dentro de un núcleo con vegetación forestal dentro de un Sistema Ambiental Regional (SAR); los atributos bióticos y abióticos que se presentan a nivel del AP se encuentran ampliamente representados en el SAR, por lo que, como se demuestra en esta MIA-R, no se compromete la biodiversidad debido al desarrollo del Proyecto. Adicionalmente, la flora silvestre rescatada de las áreas objeto del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, será reubicada en

[5] **Agua del área de minado superficial** (**agua de laboreo**): agua subterránea que necesita ser extraída para permitir la ejecución de trabajos de descapote y de aprovechamiento minero bajo condiciones seguras en el tajo.

[6] **Agua de contacto**: es el agua que resulta de la precipitación pluvial directa sobre obras e instalaciones mineras, así como sobre los depósitos de residuos mineros (presa de jales y tepetatera) o bien, que resulta del proceso de la planta concentradora.

áreas dentro del Polígono Envolvente Ambiental (PEA) para mantener áreas forestales dentro del mismo SAR. El ecosistema semiárido donde se encuentra el Proyecto, está ampliamente distribuido en la región zacatecana, de las cuales 1,406.854 ha (1.4% de la superficie del SAR) representa la superficie forestal que será objeto de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), para ser ocupada por la infraestructura del Proyecto, sin comprometer la biodiversidad del SAR. Además de que serán desarrolladas medidas compensatorias y de mitigación detalladas en el Estudio Técnico Justificativo para el CUSTF, tales como reproducción y reubicación de individuos forestales, reforestación, y restauración al final de la vida útil del Proyecto, incluyendo el pago para obras de compensación al fondo forestal.

El Proyecto requiere la autorización del CUSTF en 1,406.854 ha, superficie que está cubierta principalmente por vegetación primaria de matorral desértico micrófilo y en menor medida por matorral crasicaule, de dónde una especie listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 será rescatada, reubicada y preservada, para fomentar, junto con las acciones de revegetación al cierre del Proyecto, el restablecimiento de la cobertura vegetal. A través de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, se propone el rescate y reubicación de los individuos sanos de especies listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se encuentren en las áreas autorizadas por CUSTF, así como de individuos de especies de flora de interés biológico, que corresponden a especies de lento crecimiento y difícil reproducción. Se considera con ello, podrá beneficiarse al restablecimiento de los procesos naturales de propagación, reproducción o distribución de las especies de flora y fauna silvestre. Esto significa que el funcionamiento del SAR no se alterará al cierre del Proyecto. Mediante la aplicación del programa de restauración y conservación de suelos, 414 ha (28%) serán destinadas a instalaciones temporales durante la construcción del Proyecto, las cuales serán restauradas y revegetadas al final de su vida útil. El resto, correspondiente a 1,041.125 ha (72%), destinadas a obras e instalaciones del Proyecto, permanecerán con un impacto residual, reversible, con excepción de las superficies del minado superficial, la tepetatera, la presa de jales y algunas de sus obras e instalaciones asociadas, tales como canales y piletas para el manejo del agua al cierre; esto por la eliminación permanente de la cobertura vegetal y a la modificación del relieve al cierre del Proyecto.

Versión Pública

Adicionalmente, en las áreas autorizadas al CUSTF temporal, por ejemplo áreas destinadas al almacén temporal de suelo orgánico, y áreas para maniobras y acopio de equipos, vehículos y maquinaria durante las etapas de preparación del sitio y construcción, serán únicamente desmontadas, es decir, se retirará únicamente la cubierta vegetal, sin retiro de la cubierta de suelo orgánico, por lo que el suelo podrá ser conservado para facilitar el desarrollo y reconstitución de la cobertura vegetal al cierre del Proyecto. En la medida en que la infraestructura temporal termine su utilidad en el proyecto, esta será retirada y se dará inicio con los trabajos progresivos de cierre en las áreas que ocupaban.

Cabe señalar que las observaciones, evaluaciones, planes y programas que se presentan en los Capítulos V y VI de esta MIA-R, están soportados por una intensa caracterización de línea base ambiental (LBA) desarrollada por empresas especialistas y por el Promovente por sí mismo, en los componentes geología, suelo, agua (superficial y subterránea), aire, flora, fauna y paisaje por más de 5 años, y cuyos resultados son la base de lo que se reporta en el Capítulo IV de esta MIA-R.

La ejecución de las obras y actividades del Proyecto, no representarán un factor de cambio significativo en los factores ambientales en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto, ya que estas equivalen al 1% del total del SAR, además, existen medidas compensatorias y de mitigación apropiadas para contrarrestar los impactos a generar.

El Proyecto no se encuentra dentro de ningún Área Natural Protegida (ANP) de competencia federal o estatal, ni se encuentra dentro de alguna Región Prioritaria de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que esté clasificada como Región Hidrológica Prioritaria (RHP), Región Terrestre Prioritaria (RTP) ni Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). El Proyecto únicamente se encuentra dentro del Sitio Prioritario Terrestre SPT 4842 de la CONABIO, la Promovente promoverá el respeto a la flora y fauna silvestres presentes en el AP y en los sitios adyacentes al Proyecto y que se encuentran fuera del polígono del AP; esto a través de: [i] la impartición de inducciones sobre la protección de la flora y fauna silvestres a todo personal que participará en el Proyecto; [ii] el fomento de impartición de sesiones comunitarias sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad; y [iii] la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, contribuyendo así con la preservación de la biodiversidad. En el caso de la fauna silvestre, los individuos se reubicarán en hábitats con características ecosistémicas similares a los sitios donde fueron rescatados, para no alterar su distribución a nivel regional, y se tratará de preservar las rutas de desplazamiento de fauna existentes.

Versión Pública

La Promovente, como esfuerzo adicional, destinará áreas dentro del Polígono Envolvente Ambiental (PEA) del Proyecto y por tanto dentro del SAR, a lo largo del ciclo de vida del mismo, dedicadas a la conservación y la promoción de servicios ambientales en aproximadamente 1,300 ha, que estarán destinadas a las áreas de reubicación de flora silvestre rescatada y a áreas de reforestación.

II.1.2.3 Justificación social

Con el desarrollo del Proyecto se tendrá la contratación directa de cerca de 1,000 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años) y un promedio de 800 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación y mantenimiento. Este número de empleos directos permanentes representa el número de familias que incrementan con acceso a servicios de salud. Al número de empleos directos, se asocian los empleos indirectos en una tasa de al menos 4 empleos indirectos por cada empleo directo, lo que equivale hasta 4,000 empleos indirectos en las etapas de preparación del sitio y construcción, y hasta 3,200 empleos indirectos en la etapa de operación. Con el empleo directo se incrementarán los beneficios por el salario neto que recibirán los empleados, en promedio 70% por encima de los salarios existentes en el sector industrial, lo cual será de mayor beneficio que el ingreso promedio actual por las labores relacionadas en el campo. Tomando como base la información obtenida en el trabajo de campo, para la elaboración de la línea base social, el promedio de ingresos mensuales que existe actualmente en el área de influencia oscila entre $2,400 y $4,700 pesos mensuales por persona ocupada.

Aunado a lo anterior, la tasa de desempleo existente en el SAR que es similar a la estimada en el SE del estado de Zacatecas, se verá favorecida, disminuyendo de manera importante como resultado de las acciones contempladas para la contratación local y el desarrollo de la cadena de proveeduría local y regional.

A este impacto benéfico se asociará también el incremento del requerimiento de servicios y bienes que sean proporcionados por proveedores locales y regionales (a escala del estado de Zacatecas, e incluso de los estados de San Luis Potosí y Aguascalientes); y por otro lado, al incremento del flujo de efectivo con el incremento del ingreso mensual neto por familia asociada a un empleo directo por el Proyecto, lo cual incrementará el consumo local de bienes y enseres, incrementando las actividades económicas, en particular a escala local en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera. Cabe destacar que en cuanto a la proveeduría local y regional, la empresa promovente privilegiará la contratación de estos servicios, sobre aquellos disponibles de otras regiones del país. Para ello, se contará con un catálogo de registro de proveedores locales y regionales.

Tanto la generación de empleos permanentes y bien remunerados, como el incremento de la movilidad del flujo económico, son dos factores que inciden directamente en la disminución de la inseguridad, de la taza de índice delictivo, y de la violencia familiar, aspectos que contribuyen directamente con las estrategias del estado y de la federación, para la construcción de la paz social. Todo lo anterior alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Versión Pública

De acuerdo con el Estudio de Prefactibilidad de abril 2021, y el Estudio de Impacto Socioeconómico realizado por [BA+AE][7] en el año 2022, el Proyecto San Nicolás generará aproximadamente una derrama económica por conceptos diversos de alrededor de [redacted] para toda la vida del mismo desde sus etapas de inicio y hasta el cierre del proyecto.

El Promovente, desde su llegada al municipio de Villa González Ortega, ha mantenido una relación cercana y respetuosa con las comunidades cercanas a su ubicación. A partir de la delimitación del SAR, identificó tras haber completado el estudio de línea base social, una serie de necesidades, intereses y aspiraciones de la población, obtenidas a lo largo de varios años de escuchar y dialogar con la comunidad. Se ha diseñado y puesto en marcha un robusto Programa de Inversión y Desarrollo Comunitario, cuyo objetivo fundamental es generar oportunidades de crecimiento y construcción de capacidades de la población para con ello elevar la calidad de vida y el bienestar de las comunidades aledañas al proyecto. Este Programa está sustentado en cinco ejes que son: la salud, la educación, el cuidado del agua y protección del medio ambiente, y el respaldo a las iniciativas de interés humano para promover y fortalecer la cultura local, las tradiciones y las actividades que fortalecen el tejido social.

El Estado de Zacatecas es uno de los estados de la República Mexicana donde el sector minero representa no solo una de las principales actividades económicas, sino también es considerada como

[7] **Business Analytics & Applied Economics** [BA+AE], 2022. Reporte Socioeconómico Proyecto San Nicolás, Zacatecas, México. 26pp.

una actividad económica prioritaria señalada en el Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027. Zacatecas representa el estado con la mayor producción de plata (39%), plomo (61.5%) y zinc (47.4%) en México, y la segunda mayor producción de cobre (8.3%) y oro (18.8%) en el país (CAMIMEX, 2020), por lo que tradicionalmente la economía de todo el Estado se ve fuertemente influenciada por el sector minero.

El Municipio de Villa González Ortega donde se encuentra el Proyecto, aun cuando no ha sido beneficiado hasta este momento con la instalación y operación de una mina, como lo han sido sus municipios vecinos, una parte importante de su población económicamente activa, tradicionalmente ha trabajado en el sector minero, tanto en el N del estado, como en el occidente del mismo. San Nicolás será un factor que permitirá reducir la emigración laboral, permitiendo a las familias mantener su arraigo local y su desarrollo.

No existen centros de población dentro del Área del Proyecto. En el área de influencia social del Proyecto se ubican las localidades de: San Martín, Colonia Diez de Noviembre, El Refugio del Zacate, San Antonio de las Huertas, Colonia Los Rivera (El Palmarejo), Bajío de San Nicolás (San Nicolás), San Rafael y El Tule. De las localidades que conforman el área de influencia social del Proyecto, cuentan con poblaciones con menos de 10 habitantes hasta 6,181 habitantes, siendo la cabecera municipal de Villa González Ortega la localidad más poblada, la cual se ubica al sureste del SAR, a una distancia aproximada de 10 km. Según el Censo de Población y Vivienda INEGI 2020, la población del SAR es de 38,416 habitantes. En el 2010 las tendencias de distribución espacial mantenían la proporción distributiva de un 83% en la zona urbana y un 17% en la zona rural, distribuidas en 36 localidades.

Versión Pública

Los terrenos necesarios para el desarrollo del Proyecto, tanto para la preparación, construcción y operación, como para las áreas de conservación, ya se encuentran en posesión legal del Promovente.

El Promovente ha realizado una Evaluación de Impacto Social para establecer un Plan de Gestión Social congruente con el entorno y las actividades del Proyecto.

No existen localidades indígenas en el Área del Proyecto, ni en su área de influencia. En el Sistema Ambiental Regional, de acuerdo con la información pública obtenida en el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), fueron registradas 4 localidades con presencia de población indígena dispersa consistente en un total de 14 personas, lo que representa el 0.03% respecto a la población total de estas localidades. Las 14 personas que fueron identificadas y hablan alguna lengua indígena están distribuidas en cuatro comunidades: Santa Elena (Francisco Zarco), El Saucito (El Horno), Estancia de Ánimas y Villa González Ortega.

De acuerdo con el Catálogo de Localidades Indígenas publicado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI, 2020), para el año 2020, no se registra la existencia de pueblos o comunidades indígenas en el municipio de Villa González Ortega ni en el área de influencia.

La caracterización socioeconómica del entorno del Proyecto reconoce las cualidades del SAR que articula a distintas comunidades en prácticas de intercambio de índole ganadero, agrícola, de comercio y de prestación de servicios, particularmente trabajadores de la construcción y operadores del sector industrial. Además, se reconoce que ese amplio intercambio económico y de servicios está marcado

por caminos deficientes que comunican a las comunidades del Área de Influencia del Proyecto con centros económicos dominantes, como lo son la ciudad de Zacatecas, o algunas ciudades próximas de los estados de Aguascalientes o de San Luis Potosí. Bajo este escenario, no se caracteriza a los centros de población del área de influencia social del Proyecto como una región con amplias carencias sociales[8]; sin embargo, sí debe considerarse que expresa un grado de marginación[9] al no contar con caminos o carreteras en estado óptimo para tener acceso a centros económicos más amplios o a servicios de salud o emergencia médica.

Bajo este contexto, el Proyecto representará una oportunidad para incrementar el número de empleos directos con beneficios sociales, y los correspondientes empleos indirectos asociados; así como para coadyuvar junto con las autoridades de distintos órdenes de gobierno, a la creación de capacidades y capacitación de los habitantes del área de influencia del Proyecto para el incremento en el bienestar y el desarrollo de las comunidades.

Asimismo, contribuciones económicas y sociales adicionales del Proyecto serán las aportaciones fiscales a los distintos niveles de gobierno; así como el pago por la adquisición, arrendamiento y tenencia de las tierras sobre las cuales se desarrollará el Proyecto.

Versión Pública

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del Proyecto

El Área del Proyecto (AP) se localiza en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas. Su cabecera municipal es el centro poblado de Villa González Ortega, que se ubica aproximadamente a 9.25 km del Proyecto por la carretera estatal 144. El Municipio de Villa González Ortega colinda al NE y E con el Municipio de Salinas de Hidalgo del Estado de San Luis Potosí; al S con el Municipio Noria de Ángeles; al SW con el Municipio de Ojocaliente, y; al NW con el Municipio de General Pánfilo Natera, estos tres en el Estado de Zacatecas (**Figura II.2**). En el **Anexo II.1** se presenta el plano georreferenciado con la ubicación geográfica del Proyecto y de las áreas de referencia (Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Polígono Envolvente Ambiental). En estricto apego a la guía por SEMARNAT, a continuación, se presentan los polígonos de interés del Proyecto:

1) Sistema Ambiental Regional (SAR)
2) Área de Influencia (AI)

[8] El Consejo Nacional para la Evaluación de la Política Social (CONEVAL) da a conocer los resultados de la medición multidimensional de la pobreza, con base en los Lineamientos y criterios generales para la definición, identificación y medición de pobreza (Lineamientos 2018) y en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

[9] **Marginación** es un fenómeno multidimensional y estructural, el cual es organizado por el modelo de producción económica expresado por la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto para el proceso como de los beneficios del desarrollo. El grado de marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social, pues estas situaciones son resultado de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades (Consejo Nacional de Población, Índice Absoluto de Marginación 2000-2010: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/IAM_00-04.pdf)

3) Polígono Envolvente Ambiental (PEA)

4) Área del Proyecto (AP)

En el **Cuadro II.2** se reporta la superficie de los polígonos de interés del Proyecto que incluyen el Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI), el Polígono Envolvente Ambiental (PEA) y el Área del Proyecto (AP).

Cuadro II.2 Superficie de los polígonos de interés del Proyecto.

Polígono	Superficie del Polígono	
	m^2	ha
Sistema Ambiental Regional (**SAR**)	1,028,901,460.94	102,890.146
Área de Influencia (**AI**)	167,853,551.46	16,785.355
Polígono Envolvente Ambiental (**PEA**)	46,816,859.76	4,681.686
Área del Proyecto (**AP**)	14,554,922.90	1,455.492

El PEA representa una superficie de 4,681.686 ha, presentándose gráficamente en el plano georreferenciado del **Anexo II.2** y las coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) que delimitan el polígono del PEA se reportan en el **Anexo II.3**.

Versión Pública

II.1.3.1 Área del Proyecto

El polígono del AP representa una superficie de 1,455.492 ha. Las coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) que delimitan al AP se reportan en el **Anexo II.3**, y se representa gráficamente en la **Figura II.2** y en el plano georreferenciado del **Anexo II.2**.

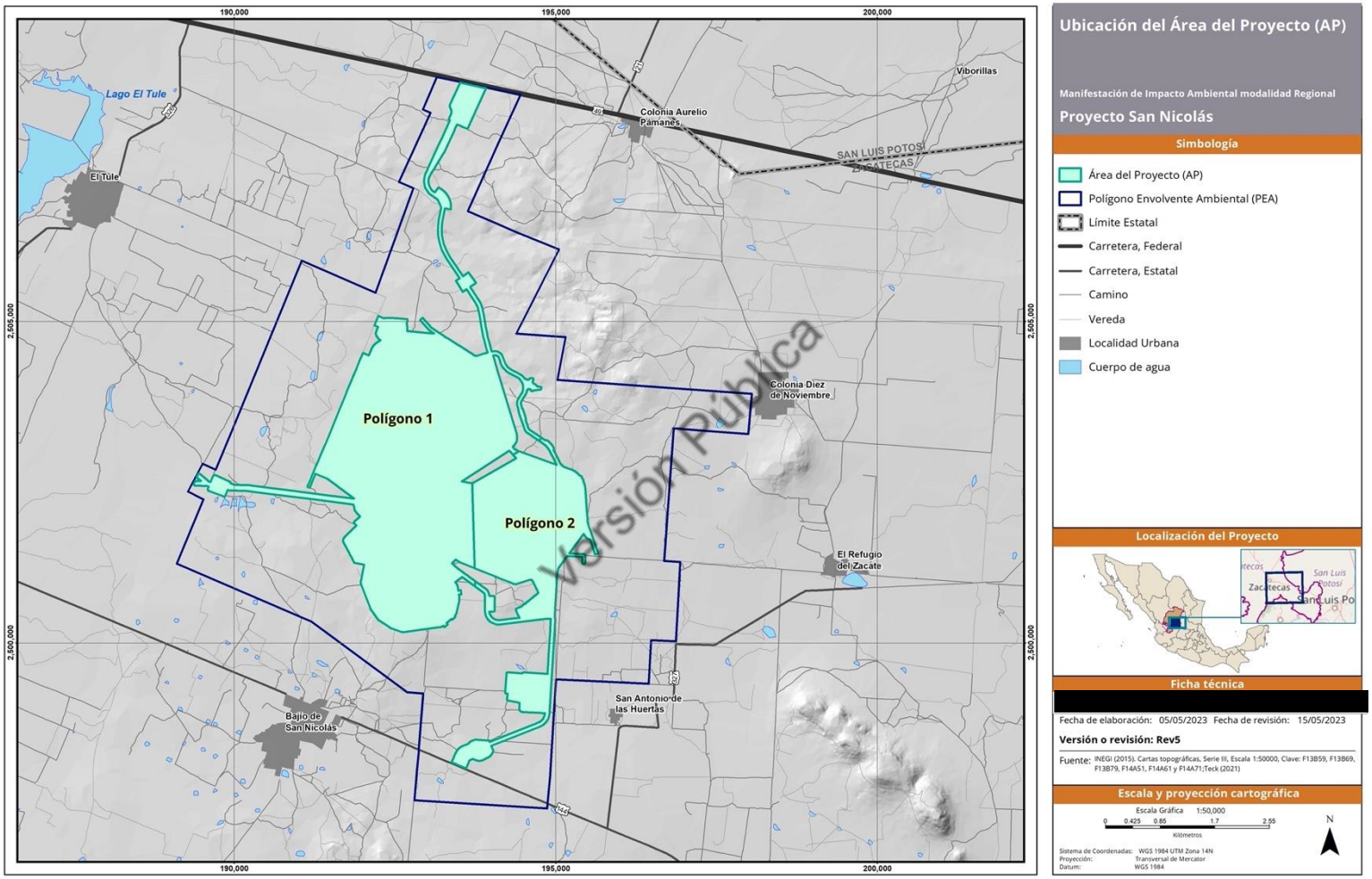


Figura II.2 Polígono del Área del Proyecto (AP), donde se desarrollarán las obras y actividades del Proyecto.

Dentro de las 1,455.492 ha que representan el AP, se ubican 1,406.854 ha que corresponden a las áreas con cobertura vegetal, distribuidas entre matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, en superficies como se reportan en el **Cuadro II.3**, y cuya distribución espacial se muestra en el mapa de vegetación y uso de suelo de la **Figura II.3**.

Cabe señalar como se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R que, el mapa de vegetación y uso de suelo a partir del cual se determinaron las superficies del **Cuadro II.3** fue resultado de la modificación del mapa de INEGI, Serie VII, a partir del trabajo en campo para esta MIA-R en el AP.

La superficie de 1,406.854 ha con vegetación forestal en el polígono del AP representa la **cobertura vegetal que será objeto del trámite de autorización del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF)**, las cuales se representan espacialmente en la **Figura II.4** y en el plano georreferenciado del **Anexo II.4**, donde también se reporta el cuadro de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de los polígonos forestales. En el **Cuadro II.3** se describe la distribución de las superficies en el AP por tipo de vegetación y uso de suelo.

Las áreas sin vegetación aparente en el AP (48.638 ha), corresponden a carreteras, caminos y brechas existentes, zonas de uso agrícola, urbano o rural, y cuerpos de agua (**Cuadro II.3**).

Versión Pública

Cuadro II.3 Distribución de superficies por vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto.

Descripción	Superficie (ha)	Superficie por tipo de vegetación (ha)			Sin vegetación aparente (ha)
		MDM	VsaMDM	MC	
Superficie para obras e instalaciones permanentes	1,041.125	956.498	42.276	6.029	36.322
Superficie para obras y actividades temporales	414.367	366.844	32.177	3.031	12.316
Superficie del Área del Proyecto	**1,455.492**	**1,323.342**	**74.452**	**9.060**	**48.638**
Superficie de Polígonos Forestales objeto CUSTF	**1,406.854**	**1,323.342**	**74.452**	**9.060**	**0.000**

MDM = Matorral Desértico Micrófilo; **MC** = Matorral Crasicaule; **VsaMDM** = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo.

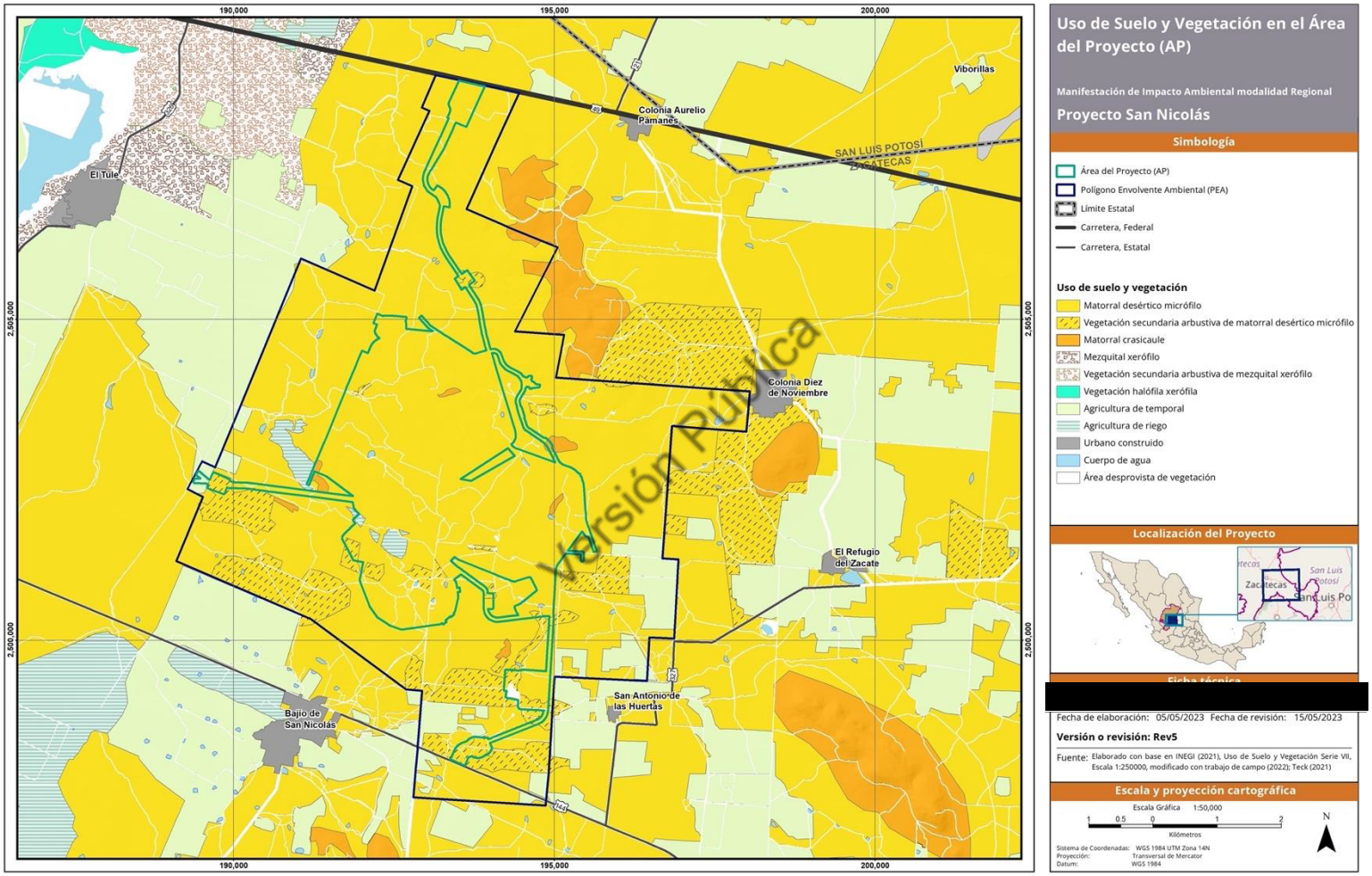


Figura II.3 Mapa de Vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto.

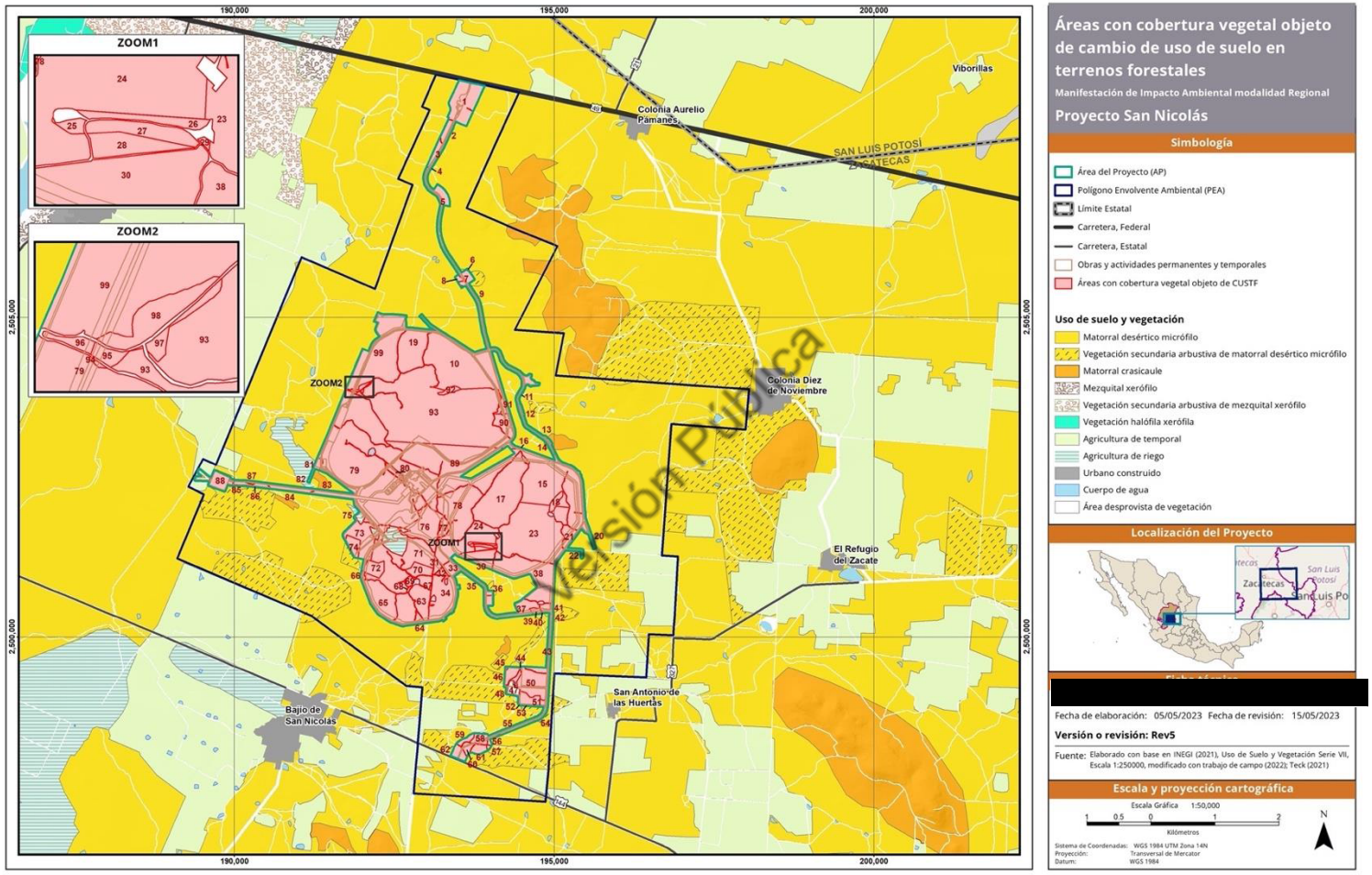


Figura II.4 Delimitación de las superficies con cobertura vegetal en el Área del Proyecto que serán objeto del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

II.1.3.2 Ubicación espacial y distribución de las obras y actividades del Proyecto en el Área del Proyecto

En el **Cuadro II.4** se presenta un listado de las obras e instalaciones del Proyecto, así como las superficies que representan estas obras e instalaciones, las cuales están calculadas a partir de polígonos envolventes que permiten delimitar claramente su ubicación.

En la **Figura II.5** se presenta un mapa con la distribución espacial de estas obras e instalaciones dentro del AP, mientras que en el **Anexo II.5** se presenta el plano georreferenciado con el arreglo espacial de las obras e instalaciones del Proyecto, y en el **Anexo II.6** a los cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de ubicación de las obras e instalaciones del Proyecto.

Cuadro II.4 Superficies de obras e instalaciones del Proyecto, al final de la etapa de construcción.

Obras	Superficies	
	m^2	ha
Administración, casa de cambio y área médica	1,876.62	0.188
Almacenamiento de explosivos (polvorín)	17,950.62	1.795
Almacenamiento de suelo superficial	391,307.24	39.131
Almacenes de mantenimiento de molinos	2,011.29	0.201
Área de cambio de neumáticos	1,146.12	0.115
Área de lavado de camiones	962.88	0.096
Báscula de camiones	386.51	0.039
Cafetería/comedor	554.90	0.056
Caminos de acceso y estacionamientos	1,031,328.07	103.133
Campamento de operaciones	72,501.29	7.250
Campamento de exploración	23,183.53	2.318
Canal de conexión Tepetatera (RSF)	60,295.60	6.030
Canal de derivación	56,528.24	5.653
Caseta de vigilancia	349.28	0.035
Cuartos de almacenamiento de mineral	1,781.66	0.178
Descarga de agua de laboreo excedente	1,568.07	0.157
Estación de combustible para servicio pesado	529.03	0.053
Estación de combustible para vehículos ligeros	95.28	0.010
Bordo de demasías (para agua de tormenta)	132,709.40	13.271
Pileta de agua pluvial	12,946.24	1.295
Instalaciones de la caseta de vigilancia de Acceso Norte	6,052.79	0.605

Versión Pública

Cuadro II.4 Superficies de obras e instalaciones del Proyecto, al final de la etapa de construcción.

Obras	Superficies	
	m^2	ha
Instalaciones de la caseta de vigilancia de Acceso Sur	4,838.71	0.484
Instalaciones de tratamiento de aguas residuales: sistemas de biodigestores	4,058.26	0.406
Línea de Transmisión Eléctrica 34.5 kv	53,233.91	5.323
Línea de Transmisión Eléctrica 400 kv	132,613.28	13.261
Laboratorios	535.36	0.054
Módulo de seguridad y capacitación	168.97	0.017
Obra de captación y derivación de agua pluvial	15,999.44	1.600
Pileta de almacenamiento de agua	9,809.81	0.981
Pileta de colección Tepetatera RSF No. 1	64,790.86	6.479
Pileta de colección Tepetatera RSF No. 2	8,126.70	0.813
Planta de Proceso	58,677.42	5.868
Planta trituradora móvil	26,260.89	2.626
Presa de Jales	2,504,295.30	250.430
Sistemas de desaguado del agua de laboreo	3,543.68	0.354
Subestación Eléctrica	13,187.96	1.319
Subestación Eléctrica de Maniobras	55,455.76	5.546
Área de minado superficial (Tajo)	1,281,716.07	128.172
Tepetatera	4,322,231.20	432.223
Taller de camiones/Oficina de la mina	5,095.87	0.510
Trituradora Primaria	578.23	0.058
Tubería para el desaguado del agua de laboreo	28,189.64	2.819
Tubería de agua contra incendios	1,648.21	0.165
Tubería de descarga de agua	128.75	0.013
Superficie de obras permanentes	**10,411,248.94**	**1,041.125**
Superficie de obras temporales	**4,143,673.97**	**414.367**
Total superficie en AP	**14,554,922.904**	**1,455.492**

Versión Pública

Debe señalarse que de las 1,041.125 ha donde se ubicarán las obras permanentes del Proyecto, 1,004.803 ha corresponden a superficies con vegetación forestal que será objeto del CUSTF, mientras que 36.322 ha corresponden a superficies ya desprovistas de vegetación (**Cuadro II.5**).

De la superficie que será objeto del trámite de autorización por CUSTF (1,406.854 ha), se ocuparán entonces 1,004.803 ha para las obras permanentes señaladas en el **Cuadro II.4** y el **Cuadro II.5**, mientras que el restante de la superficie objeto del CUSTF (402.052 ha) será destinada a obras y actividades necesarias de uso temporal, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y de construcción, como se describe en el **Cuadro II.6** y se muestran espacialmente en la **Figura II.6.**

Algunas de estas áreas temporales serán restauradas y revegetadas, preferentemente al final de la etapa de construcción. Cabe señalar que, en esta superficie de uso temporal, que representa 414.367 ha, se ejecutará únicamente desmonte (retiro del estrato vegetal), sin ejecutar despalme (retiro de suelo orgánico superficial). En el caso de las áreas de derecho de vía (de líneas de transmisión eléctrica, tuberías o canales), incluso no se ejecutaría desmonte ni despalme, sino únicamente poda selectiva.

El diseño y la distribución espacial de las instalaciones que constituyen el plano general de obras y actividades del Proyecto (**Figura II.5** y **Figura II.6**) han sido consecuencia de consideraciones ambientales, sociales, operativas y económicas con relación a la ubicación del tajo, entre las que destacan:

Versión Pública

- La tepetatera, la presa de jales y la planta de beneficio están ubicados cerca del tajo para minimizar las distancias de acarreo del mineral y, por tanto, el consumo de diésel, minimizando las emisiones de gases de efecto invernadero.
- La tepetatera está diseñada de manera óptima (altura, configuración y ubicación) para minimizar el polvo y el impacto visual en los centros de población cercanos, especialmente para el denominado Bajío de San Nicolás.
- El principal factor que se tomó en cuenta para la ubicación de la tepetatera es el de la protección de las comunidades aledañas al proyecto de modo tal que, ante la muy improbable eventualidad de un potencial incidente, ninguna comunidad, ni sus medios de vida, ni el medio ambiente resulten afectados. Además, la presa de jales ha sido diseñada para minimizar la distancia de transporte de los jales desde la planta concentradora y aprovechar que toda potencial infiltración dentro del proyecto fluya de manera natural hacia el área del minado superficial, sirviendo esto como un elemento de mitigación durante la operación, el cierre y el post-cierre.
- La ubicación de la planta de beneficio se propone cerca de la presa de jales para minimizar el bombeo de las colas de flotación, y también al este de la tepetatera para minimizar el potencial impacto de las comunidades al oeste por ruido, luz y emisiones atmosféricas (**Figura II.7**).

En el **Anexo VII.1** de Evaluación de Alternativas del Capítulo VII de esta MIA-R, se presenta una descripción detallada del análisis de alternativas realizado empleando criterios ambientales y sociales para definir la ubicación de la presa de jales y de la tepetatera, así como de la planta de beneficio.

La configuración de la planta aprovecha la topografía existente y facilita el acceso a las operaciones de la mina. La topografía del sitio es relativamente plana, lo que permite un diseño compacto de la planta de beneficio, con edificios auxiliares ubicados alrededor del perímetro de las áreas de proceso (**Figura II.8**).

La flotilla de vehículos de la mina accederá al taller de camiones, al patio de cambio de llantas, al área de lavado de camiones y a la estación de abastecimiento de combustible para vehículos pesados desde el oeste, minimizando las interacciones con los vehículos ligeros. Todas estas obras dispondrán de instalaciones para la retención y recuperación de derrames, así como para facilitar su tratamiento a través de piletas, en caso de que sea necesario.

La subestación eléctrica estará ubicada al suroeste de la planta, minimizando la distancia requerida de las líneas eléctricas entrantes. A medida que estas líneas pasan por los caminos internos utilizados por los camiones, se ha diseñado un espacio libre para cada torre de al menos 25 m.

Los edificios auxiliares (como el edificio de administración, cafetería, laboratorio y almacén) se ubicarán al noreste de la planta para permitir el acceso directo de vehículos ligeros desde la entrada norte y sur.

Versión Pública

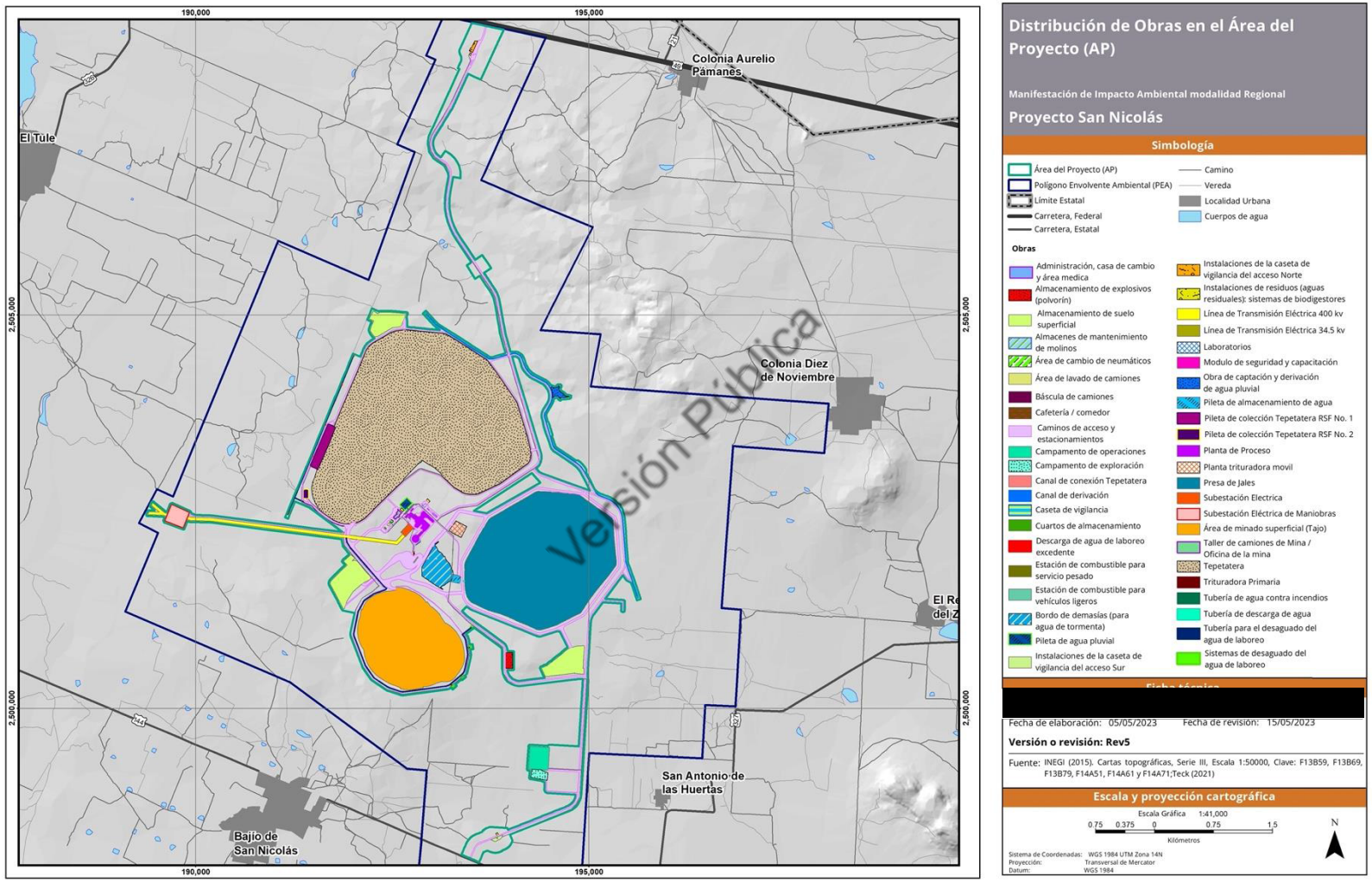


Figura II.5 Distribución espacial de obras y actividades por desarrollar dentro del Área del Proyecto.

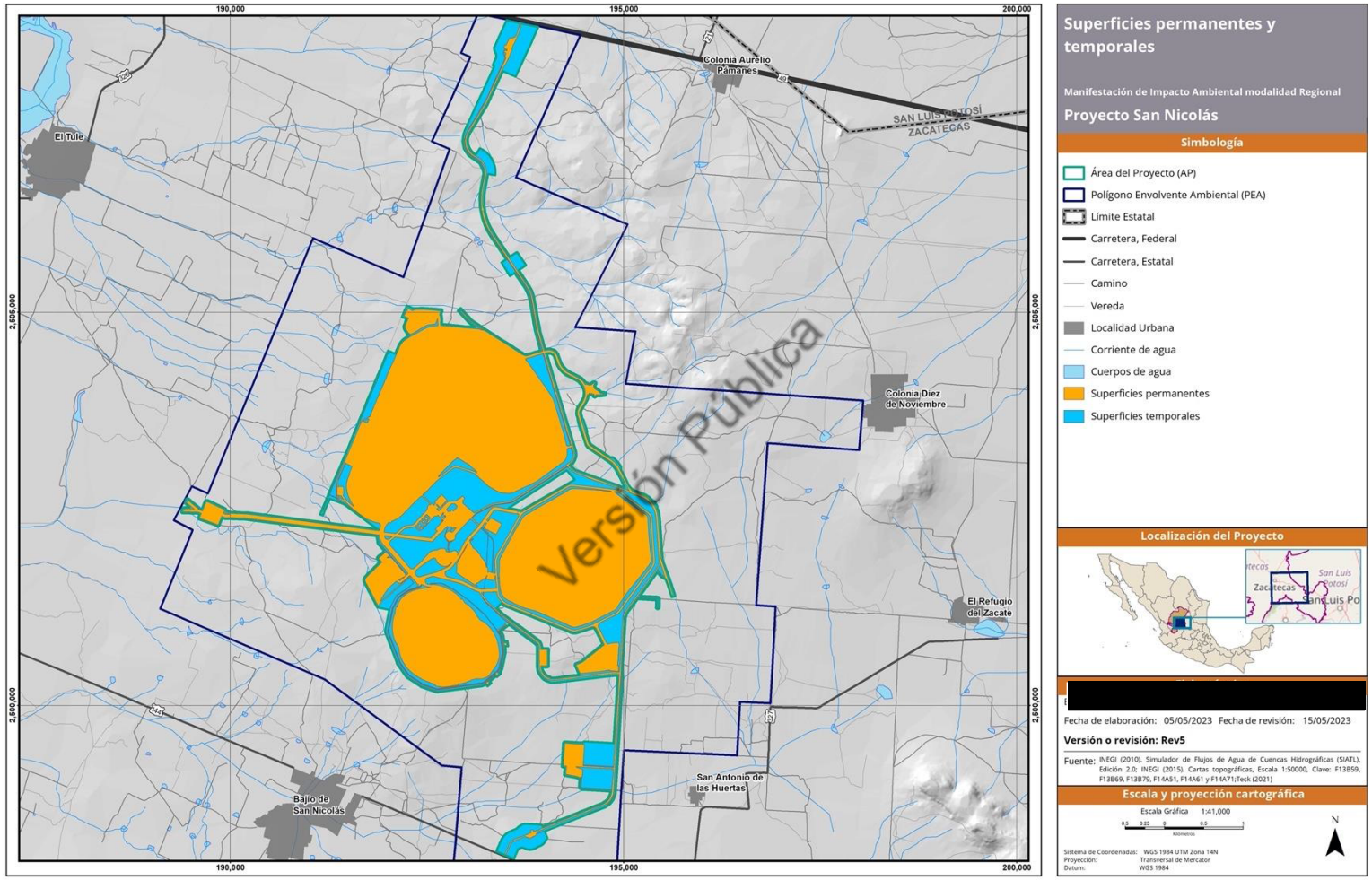


Figura II.6 Áreas destinadas preferente a un uso temporal, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y de construcción.

Cuadro II.5 Uso de suelo y tipo de vegetación en la superficie ocupada por obras e instalaciones permanentes del Proyecto.

Obras	Superficie de obras (ha)	Superficies de uso de suelo y vegetación (ha)						
		Matorral desértico micrófilo (MDM)	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VsaMDM)	Matorral Crasicaule (MC)	Agricultura de riego	Agricultura de temporal	Cuerpos de agua	Carreteras, caminos y brechas existentes
Administración, casa de cambio y área médica	0.188	0.188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Almacenamiento de explosivos	1.795	1.254	0.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Almacenamiento de suelo superficial	39.131	31.901	4.301	0.000	2.177	0.000	0.449	0.302
Almacenes de mantenimiento de molinos	0.201	0.201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Área de cambio de neumáticos	0.115	0.115	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Área de lavado de camiones	0.096	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Báscula de camiones	0.039	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cafetería	0.056	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caminos de acceso y estacionamientos	103.133	94.246	3.409	0.396	3.317	0.000	0.199	1.567
Campamento de operaciones	7.250	1.292	5.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.876
Campamento de exploración	2.318	0.067	0.195	0.000	0.000	0.000	0.000	2.056
Canal de conexión RSF	6.030	5.867	0.041	0.000	0.000	0.000	0.055	0.067
Canal de derivación	5.653	5.406	0.000	0.214	0.000	0.000	0.000	0.033
Caseta de vigilancia	0.035	0.007	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cuartos de almacenamiento de mineral	0.178	0.178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Descarga de agua de laboreo excedente	0.157	0.139	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
Estación de servicio pesado	0.053	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Estación de vehículos ligeros	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Estanque de agua de tormenta	13.271	13.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.203
Estanque de aguas pluviales	1.295	1.295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Instalaciones de tratamiento de aguas residuales:	0.406	0.275	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051

Versión Pública

Cuadro II.5 Uso de suelo y tipo de vegetación en la superficie ocupada por obras e instalaciones permanentes del Proyecto.

Obras	Superficie de obras (ha)	Superficies de uso de suelo y vegetación (ha)						
		Matorral desértico micrófilo (MDM)	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VsaMDM)	Matorral Crasicaule (MC)	Agricultura de riego	Agricultura de temporal	Cuerpos de agua	Carreteras, caminos y brechas existentes
sistemas de biodigestores								
Instalaciones de la caseta de vigilancia de Acceso Norte	0.605	0.605	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Instalaciones de la caseta de vigilancia de Acceso Sur	0.484	0.000	0.446	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038
Línea de Transmisión Eléctrica 34.5 kv	5.323	4.923	0.280	0.034	0.034	0.000	0.000	0.053
Línea de Transmisión Eléctrica 400 kv	13.261	11.349	0.446	0.000	0.000	1.347	0.000	0.119
Laboratorios	0.054	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Módulo de seguridad y capacitación	0.017	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Obra de captación y derivación de agua pluvial	1.600	1.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pileta de almacenamiento de agua	0.981	0.928	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053
Pileta de colección RSF No. 1	6.479	6.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064
Pileta de colección RSF No. 2	0.813	0.734	0.000	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000
Planta de Proceso	5.868	5.798	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070
Planta trituradora móvil	2.626	2.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.085
Presa de Jales	250.430	239.996	2.317	2.806	0.000	0.000	0.656	4.655
Sistemas de desaguado del agua de laboreo	0.354	0.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Subestación Eléctrica	1.319	1.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
Subestación Eléctrica Maniobras	5.546	0.000	5.546	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Área de minado superficial (Tajo)	128.172	98.793	17.748	0.000	6.357	0.000	1.266	4.008
Tepetatera	432.223	422.141	1.781	2.316	0.000	0.000	1.171	4.815
Taller de camiones/Oficina de la mina	0.510	0.486	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024

Versión Pública

Cuadro II.5 Uso de suelo y tipo de vegetación en la superficie ocupada por obras e instalaciones permanentes del Proyecto.

Obras	Superficie de obras (ha)	Superficies de uso de suelo y vegetación (ha)						
		Matorral desértico micrófilo (MDM)	Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VsaMDM)	Matorral Crasicaule (MC)	Agricultura de riego	Agricultura de temporal	Cuerpos de agua	Carreteras, caminos y brechas existentes
Trituradora Primaria	0.058	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tubería para el desaguado del agua de laboreo	2.819	2.490	0.035	0.168	0.101	0.000	0.000	0.025
Tubería de agua contra incendios	0.165	0.163	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Tubería de descarga de agua	0.013	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	**1,041.125**	**956.498**	**42.276**	**6.029**	**11.986**	**1.347**	**3.796**	**19.194**

Versión Pública

Cuadro II.6 Distribución de superficies de uso temporal en el Proyecto.

Áreas de uso temporal en el Proyecto	Superficie por tipo de vegetación (ha)			Total (ha)
	Matorral Desértico Micrófilo	Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo	Matorral Crasicaule	
Área para acopio temporal de materiales y para el estacionamiento de vehículos y maquinaria, cerca del área de campamentos.	3.753	4.043	0.000	7.796
Áreas de acopio temporal de materiales y equipos, y para la instalación de oficinas, almacenes y comedores de personal de empresas contratistas y subcontratistas durante las etapas de preparación de sitio y construcción.	100.530	2.543	0.000	106.158
Áreas destinadas a maniobras periféricas durante actividades constructivas de obras e instalaciones.	231.049	16.308	3.031	259.146
Áreas destinadas al estacionamiento de vehículos y a la recepción y acopio temporal de materiales, equipos y maquinaria en los Accesos Norte y Sur, durante la etapa de construcción.	21.851	9.283	0.000	31.475
Área destinada al campamento temporal de las etapas de preparación de sitio y de construcción.	9.664	0.000	0.000	9.793
TOTAL	**366.847**	**32.177**	**3.031**	**414.367**

Versión Pública

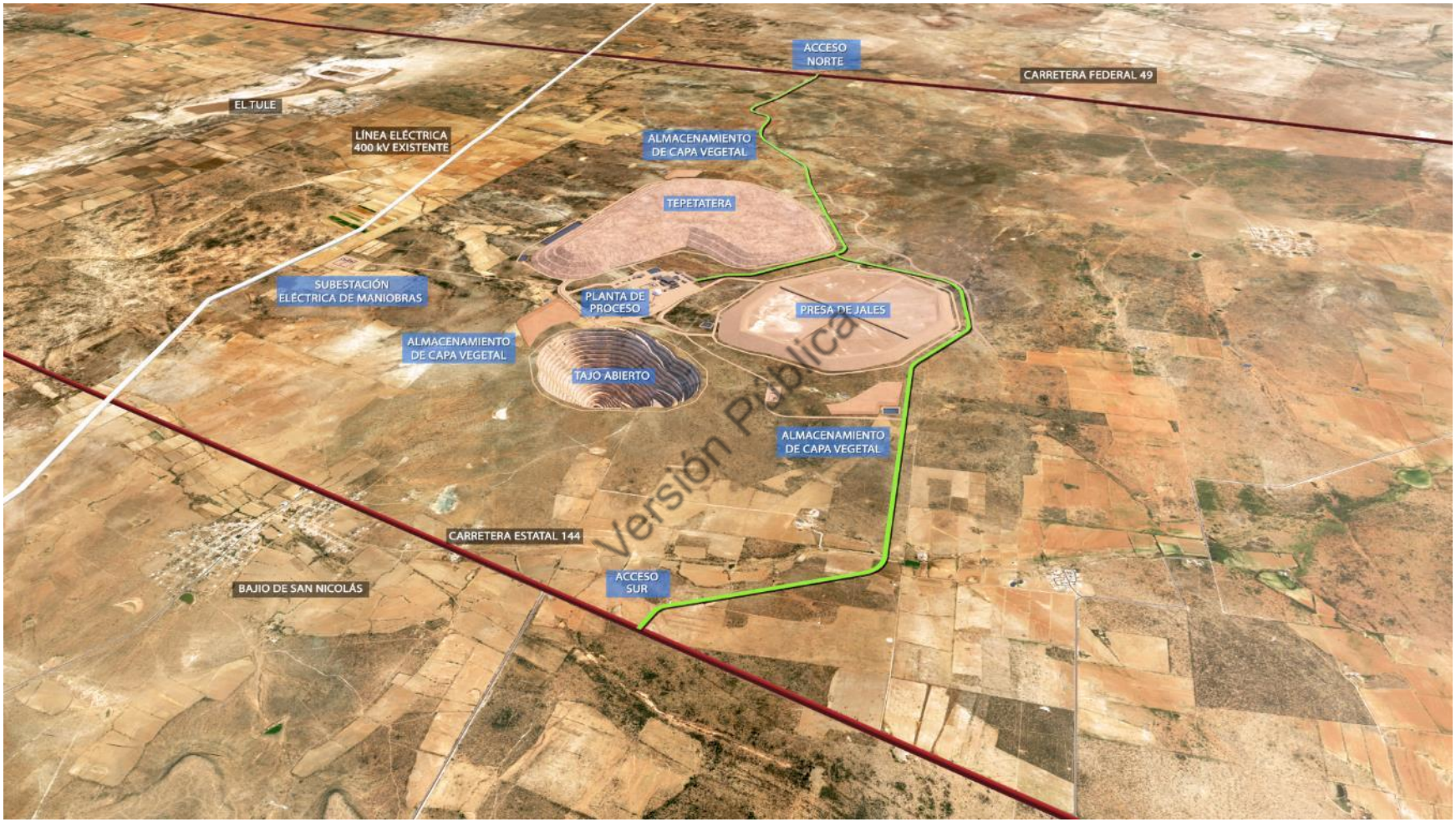


Figura II.7 Panorámica reconstruida del arreglo general de obras en el Área del Proyecto.

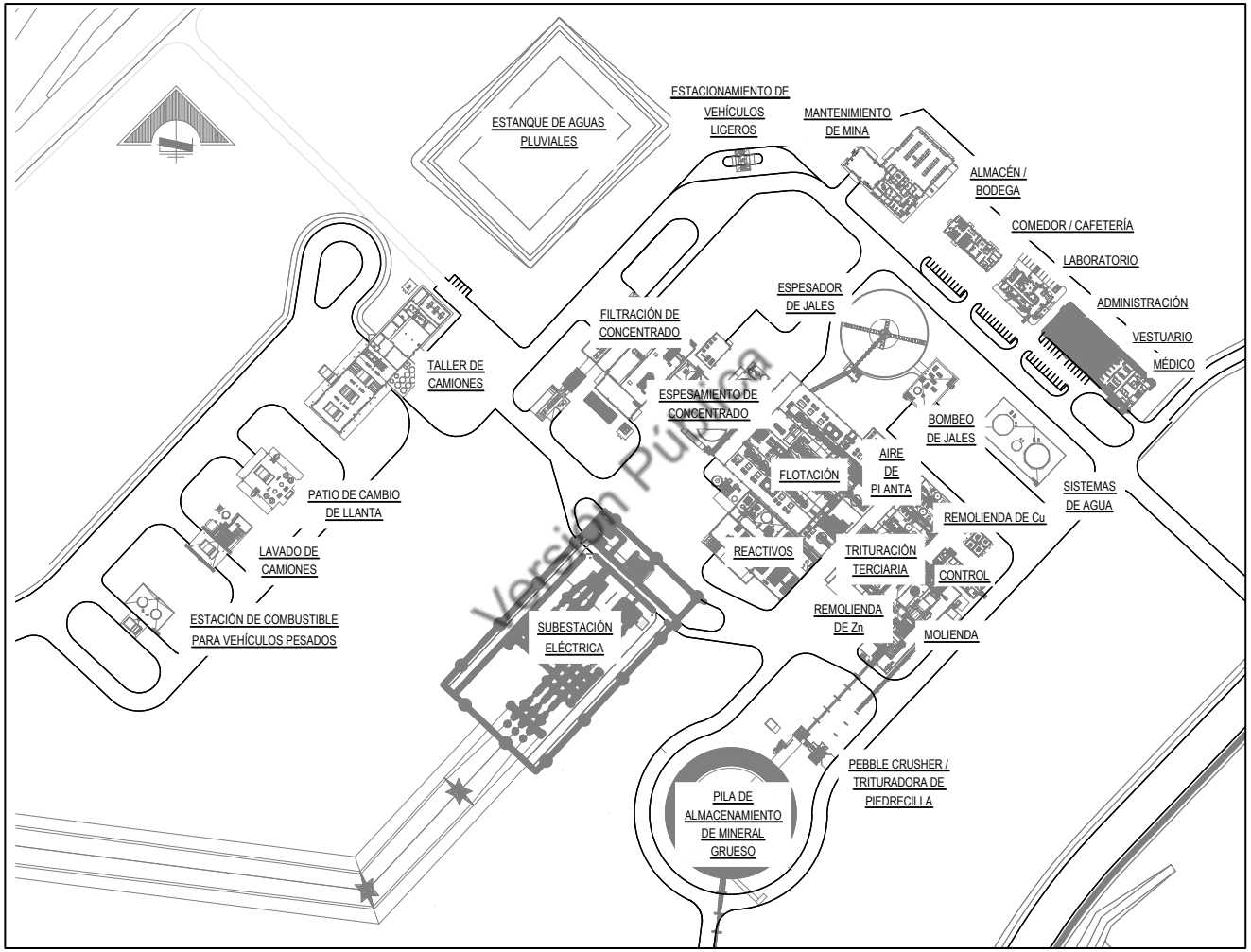


Figura II.8 Distribución general de instalaciones en la Planta de Beneficio: área de molienda y de concentración por flotación de minerales.

II.1.4 Inversión requerida

El estudio de prefactibilidad concluido en marzo de 2021, estimó que los costos de desarrollo del Proyecto, serían de [redacted] (basado en insumos denominados en dólares del cuarto trimestre de 2020), y que es posible que la inversión total de capital de desarrollo, debido a la inflación, al crecimiento y a las actualizaciones del diseño, la ingeniería y los planes operativos, podría incrementar el costo de capital entre [redacted] americanos, lo cual incluye los costos de las etapas de cierre y de post-cierre. Considerando el monto conservador para la inversión requerida del Proyecto por [redacted], este monto equivale a [redacted] a un tipo de cambio de $18.3768, que corresponde al promedio anual acumulado en el año 2023, publicado por el Diario Oficial de la Federación hasta la fecha del 31 de mayo de 2023. La totalidad de los montos de inversión son privados, propios de Minas de San Nicolás. El periodo de retorno de la inversión estimado es de 3 años.

En el **Cuadro II.7** se desglosan los costos de inversión por etapa, desde la etapa de preparación del sitio hasta la etapa de post-cierre. En el **Cuadro II.7** se reporta el monto que estará destinado a las medidas de prevención, mitigación y compensación que se desglosan en el Capítulo VI de esta MIA-R. El monto estimado para la aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación a los impactos ambientales identificados en el Proyecto, incluyendo el costo de los programas referidos en el Capítulo VI de esta MIA-R (programa de rescate y reubicación de flora, programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, programa de manejo de emisiones atmosféricas, programa de manejo de agua, plan de manejo integral de residuos, programa de acceso social al agua, plan de gestión social y programa de monitoreo ambiental), será del orden de [redacted] como se reporta en el **Cuadro II.7**. Para la ejecución del proyecto se requerirá la autorización para el cambio de uso de suelo en áreas forestales (CUSTF) de acuerdo con la normatividad vigente.

Versión Pública

Cuadro II.7 Costos de Inversión por etapa del Proyecto San Nicolás (expresados en $ Moneda Nacional).

Etapa de Estudios de detalle y Preparación del Sitio	Etapa de Construcción	Etapa de Operación y Mantenimiento	Etapa de Cierre	Etapa de Post-Cierre	Medidas de prevención, mitigación y compensación	Total
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

II.2 Características particulares del Proyecto

En esta sección, se describen las obras y actividades en las diferentes etapas que constituyen al Proyecto, así como las obras asociadas y servicios requeridos.

II.2.1 Programa de trabajo

El Proyecto pretende desarrollarse en un periodo de 32 años, dividido en cinco etapas: [i] preparación del sitio; [ii] construcción; [iii] operación y mantenimiento; [iv] cierre (abandono del sitio); y [v] post-cierre. Las etapas de preparación del sitio, de construcción, y de operación y mantenimiento se desarrollarán durante un periodo de 18 años, con sobreposición entre estas etapas; mientras que, al término de la etapa de operación, se llevará a cabo el cierre (abandono) durante un periodo de cuatro años, y finalmente el post-cierre durante diez años (**Cuadro II.8**).

La sobreposición entre las etapas es consecuencia del inicio de una etapa (p.e., la etapa de construcción), mientras aun continua el desarrollo de otra etapa (p.e., preparación del sitio). En este caso, se propone ejecutar el cambio de uso de suelo (desmonte y despalme) de manera progresiva y gradual para disminuir la pérdida de captación de agua y el incremento de la erosión del suelo en el caso que se ejecutara de manera inmediata el CUSTF de toda el área requerida.

Versión Pública

En el **Cuadro II.8** se desglosan las actividades previstas en cada etapa del Proyecto, incluidas aquellas de las etapas de cierre (abandono) y de post-cierre, especificando cuáles de estas actividades representan por sí mismas, alguna medida de mitigación en el Proyecto.

En el **Cuadro II.9** se representa el calendario programado del Proyecto establecido para esta MIA-R que es sometido para evaluación de SEMARNAT, respecto al calendario de diseño y operativo definidos por el departamento de ingeniería de Minas de San Nicolás para el Proyecto. Esto se representa en el **Cuadro II.9** a través de la equivalencia entre el cronograma de la MIA-R que se presenta ante SEMARNAT (Calendario de MIA-R SEMARNAT) y el cronograma denominado "Calendario de diseño y operativo del Proyecto", utilizado por departamento de ingeniería de Minas de San Nicolás en los informes de diseño e ingeniería preparados por las empresas contratistas y los planes operativos preparados como parte del estudio de Prefactibilidad del Proyecto.

Los informes reportados por las empresas especialistas contratadas para el diseño del minado superficial, de la tepetatera, de la presa de jales, de la planta de beneficio y del plan de manejo de agua, refieren al cronograma del *Calendario de diseño y operativo del Proyecto*, por lo que la equivalencia que se presenta en el calendario del **Cuadro II.9**, tiene este único propósito en la MIA-R del Proyecto. Este es el caso del del **Anexo II.11** (Informe de diseño del minado superficial), **Anexo II.12** (Informe de diseño de la tepetatera) y **Anexo II.13** (Informe de diseño de la presa de jales) de

este Capítulo II, así como del **Anexos VI.4** (Programa de Manejo de Emisiones Atmosféricas) y del **Anexo VI.5** Programa de Manejo de Agua) del Capítulo VI de esta MIA-R.

Cabe señalar que el Proyecto está diseñado para la operación de la planta de beneficio de minerales durante un periodo de 15 años, y aun cuando en el cronograma del **Cuadro II.8** esta actividad representa 16 años (año tres al año 18), esto incluye el periodo de pruebas y puesta en marcha del proceso de beneficio.

Versión Pública

Cuadro II.8 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	Medida	Tiempo de vida útil del Proyecto (años)																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Etapa de preparación del sitio		1	2	3	4	5	6																										
A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	M																																
A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada	M																																
A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre	M																																
A4: Instalación del sistema para desagüe del agua de laboreo durante la etapa de preparación del sitio																																	
A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme)																																	
A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto	M																																
A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente	M																																
A8: Descapote del área de minado superficial																																	
A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera																																	
A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado.																																	
A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio	M																																
A12: Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	M																																
Etapa de Construcción		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																
A13: Construcción del cerco perimetral de seguridad																																	
A14: Construcción del campamento y almacenes																																	
A15: Construcción de los caminos de acceso																																	
A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales																																	
A17: Construcción de la cortina contenedora de jales																																	
A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua																																	
A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica																																	
A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares																																	

Versión Pública

Cuadro II.8 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	Medida	Tiempo de vida útil del Proyecto (años)																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción	M																																				
A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción	M																																				
A23: Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	M																																				
Etapa de Operación y Mantenimiento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																		
A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado																																					
A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto)	M																																				
A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera																																					
A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado																																					
A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio																																					
A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración)																																					
A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales																																					
A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel)																																					
A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico	M																																				
A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales																																					
A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento	M																																				
A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento	M																																				
A36: Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	M																																				
Etapa de Cierre (Abandono)																				1	2	3	4														
A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones	M																																				
A38: Remediación y restauración de suelo	M																																				
A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial de la tepetatera y de la presa de jales	M																																				
A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua	M																																				

Versión Pública

Cuadro II.8 Ciclo de vida del Proyecto San Nicolás (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	Medida	Tiempo de vida útil del Proyecto (años)																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera	M																																
A42: Restauración y revegetación con especies nativas	M																																
A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre	M																																
A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre	M																																
A45: Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	M																																
Etapa de Post-Cierre																								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre	M																																

Actividades que representan una medida de mitigación.	M
Actividades de la Etapa de Preparación del sitio.	
Actividades de la Etapa de Construcción.	
Actividades de la Etapa de Operación y Mantenimiento.	
Actividades de la Etapa de Cierre (Abandono).	
Actividades de la Etapa de Post-Cierre.	

Versión Pública

Cuadro II.9 Cronograma del Proyecto San Nicolás para la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R), respecto al calendario de diseño y operativo definidos para el Proyecto.

Calendario/Etapa	Año																															
Calendario de MIA-R San Nicolás para SEMARNAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Preparación del sitio	1	2	3	4	5	6																										
Construcción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																
Operación - Mantenimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
Cierre																			1	2	3	4										
Post-Cierre																							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Calendario de diseño y operativo del Proyecto (Minas de San Nicolás)	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Versión Pública

Nota. En este Cuadro se representa el calendario programado del Proyecto establecido para la MIA-R que es sometida para evaluación de SEMARNAT, respecto al calendario de diseño y operativo definidos por el departamento de ingeniería de Minas de San Nicolás, lo cual se representa a través de la equivalencia entre el cronograma de la MIA-R ("Calendario de MIA-R SEMARNAT") y el cronograma denominado "Calendario de diseño y operativo del Proyecto", utilizado por departamento de ingeniería de Minas de San Nicolás en los informes de diseño e ingeniería preparados por las empresas contratistas y los planes operativos preparados como parte del estudio de Prefactibilidad del Proyecto (Minas de San Nicolás), por lo que la equivalencia que se presenta en este calendario, tiene este único propósito en la MIA-R del Proyecto.

II.2.2 Preparación del sitio y construcción

II.2.2.1 Descripción de la etapa de preparación del sitio

En esta etapa se incluyen las actividades que deberán ejecutarse para el CUSTF, una vez autorizado, en la superficie con vegetación forestal dentro del AP (**1,406.854 ha**), según se indica en el **Cuadro II.3** y en la **Figura II.4**. Previa ejecución del CUSTF, deberá tramitarse y obtenerse la autorización correspondiente ante SEMARNAT del Estudio Técnico Justificativo.

Una vez obtenidas las autorizaciones ambientales, se realizarán las acciones de prevención y mitigación asociadas a la ejecución del CUSTF, en particular, la delimitación de los polígonos forestales autorizados, la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, y la ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.

En esta etapa de preparación del sitio, además se incluyen las acciones de: [i] Instalación del sistema para desagüe del agua de laboreo durante la etapa de preparación del sitio; [ii] remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); [iii] construcción o adecuación de caminos temporales para el acceso a las obras y actividades; [iv] instalación del campamento de construcción (temporal); [v] manejo integral de residuos (peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos) y de aguas residuales; [vi] construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; [vii] descapote del área de minado superficial; [viii] preparación de terreno en la base de la cortina contenedora de jales, en el vaso de almacenamiento de jales y en la tepetatera; y [ix] el manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado en obras de construcción del Proyecto (caminos, canales, plataformas, etc.).

Versión Pública

II.2.2.1.1 Rescate, mantenimiento y reubicación de flora silvestre

Como se demuestra en el Capítulo IV de esta MIA-R, se identificó la presencia en los polígonos forestales del AP, de una especie de flora silvestre clasificada por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010[10]: Biznaga de pezón partido potosina (*Coryphantha echinoidea*, **Pr**[11]), a la cual se ejecutarán acciones de rescate y reubicación del 100% de los individuos sanos que se encuentren en las áreas objeto de CUSTF. Además, se considera el rescate de un porcentaje de 20% de individuos sanos de especies de lento crecimiento y difícil regeneración (LCDR), que si bien no están clasificadas

[10] **NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010,** Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre 2010.

[11] En categoría **Pr** = sujeta a protección especial, establecida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

por la NOM-059-SEMARNAT-2010, corresponden a especies endémicas, clasificadas como de interés biológico.

En el **Cuadro II.10** se reportan las especies de flora clasificadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico, que serán objeto de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, el cual se detalla en el **Anexo VI.2**, asociado al Capítulo VI de esta MIA-R.

Una vez rescatados los individuos de flora, serán objeto de mantenimiento en vivero, previa reubicación final. La flora silvestre rescatada y reubicada, será monitoreada y mantenida en el polígono de reubicación final durante al menos un periodo de cinco años, para asegurar una sobrevivencia de 80%. La reubicación de la flora silvestre rescatada se hará en predios con cobertura vegetal, dentro del PEA para asegurar el mantenimiento, sobrevivencia y vigilancia; así como para promover la restitución de áreas con vegetación forestal primaria que puedan favorecer hábitats y áreas de desplazamiento para la fauna silvestre. En la **Figura II.9**, presentan las áreas dentro del PEA, susceptibles de ser utilizadas para la reubicación de la flora silvestre rescatada. Estas áreas representan una superficie de 416 ha, superficie suficiente para la reubicación del número estimado de individuos por rescatar, considerando la carga forestal en dichas superficies.

Versión Pública

En caso de no alcanzar la sobrevivencia de 80% de individuos de flora rescatados y reubicados, en el término de cinco años, se asegurará este porcentaje a través de la reproducción en vivero a partir de germoplasma que será recuperado de individuos sanos de las especies destinadas al Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, encontrados en áreas forestales del SAR y del Área de Influencia del Proyecto, para la reposición de plantas.

II.2.2.1.2 Mantenimiento de sobrevivencia de flora silvestre reubicada

El monitoreo de flora incluye actividades de mantenimiento de los individuos reubicados, durante un periodo de 5 años, con el fin de asegurar la sobrevivencia de 80% de los ejemplares de flora silvestre rescatada. Las actividades se llevarán a cabo por una brigada de trabajo que realizará lo siguiente:

a) Etiquetado de individuos. Cada ejemplar reubicado debe contar con una placa de identificación, en caso de no tenerla al momento del mantenimiento se le repone.

b) Reposición de plantas. En el caso de que se haya identificado un porcentaje de mortandad mayor al 20%, se deben reponer los individuos.

c) Riego de auxilio. Revisar las características de los ejemplares, crecimiento y el estado en el que se encuentran, así como la temporada del año. Con base en ello, determinar si es necesario el riego de auxilio, al inicio deberá ser constante e ir espaciándose en periodos cada vez más largos para su adecuación al entorno natural.

d) Deshierbe. Se llevan a cabo actividades de deshierbe alrededor de los individuos plantados para que éstos no se vean afectados en su desarrollo.

e) Trasplante de ejemplares. Los individuos reubicados que se encuentren vivos, pero que presenten condiciones que permita determinar que no se están adaptando al sitio actual, se pueden relocalizar en otros polígonos dentro del área de reubicación que aún no están siendo utilizados, buscando mejorar sus condiciones, por ejemplo, especies nodrizas que puedan proporcionar nutrientes o bien diferentes características del suelo, altura, relieve, condiciones de sol/sombra, entre otros.

f) Mantenimiento de individuos afectados. Se observan los ejemplares para determinar si se pueden recuperar bajo algún tratamiento y/o desarrollo de raíz o hijuelos. Se retiran del sitio, se llevan a vivero y realizan cortes limpios en las partes afectadas para posteriormente promover la generación de raíces.

g) Registro de características generales de cada individuo.

h) Registro fotográfico y registro de información recabada en bitácoras.

Para el seguimiento del monitoreo, se propone realizarlo de manera semestral, durante los dos primeros años de la ejecución del Programa, lo cual servirá para verificar el estado de salud de los individuos y corroborar que los individuos han desarrollado estructuras de reproducción o bien señales de su nueva adaptación en campo (presencia de flores, frutos, crecimiento, etc.). Durante los años 3 a 5 del mantenimiento de la flora silvestre rescatada y reubicada, se realizarán los monitoreos anualmente.

Versión Pública

Cuadro II.10 Especies de flora silvestre objeto de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en polígonos forestales del Proyecto.

No.	Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de NOM-059-SEMARNAT-2010 o interés biológico	Porcentaje de rescate %	Método de rescate
1	*Coryphantha echinoidea*	Biznaga de pezón partido	Cactaceae	**Pr**	100	Planta completa
2	*Echinocereus pectinatus*	Alicoche peine	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
3	*Echinocereus enneacanthus*	Alicoche real	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
4	*Echinocereus stramineus*	Alicoche	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
5	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
6	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
7	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
8	*Mammillaria longispina*	Biznaga chilitos	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
9	*Thelocactus hexaedrophorus*	Biznaga pezón de seis lados	Cactaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
10	*Agave parryi*	Maguey mezcal	Asparagaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
11	*Agave salmiana*	Maguey verde	Asparagaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
12	*Manfreda guttata*	Amole	Asparagaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
13	*Yucca decipiens*	Palma china	Asparagaceae	Interés Biológico	20	Planta completa
14	*Ephedra compacta*	Sanguinaria	Ephedraceae	Interés Biológico	20	Esqueje

(**Pr** = sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Versión Pública

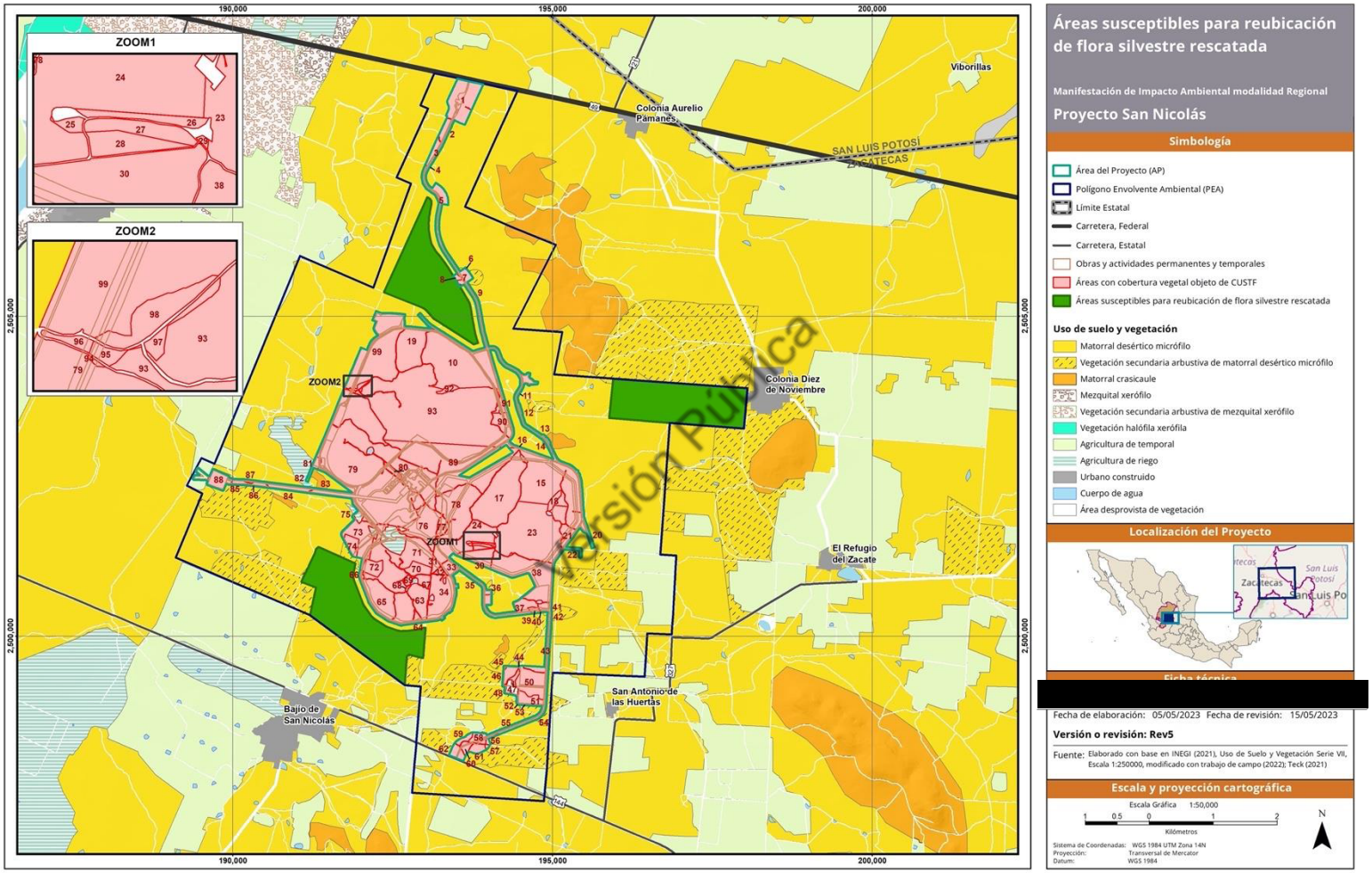


Figura II.9 Áreas en el Polígono Envolvente Ambiental (PEA), susceptibles para la reubicación de la flora silvestre rescatada.

II.2.2.1.3 Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre

Como parte de la etapa de preparación del sitio, previo inicio de acciones de desmonte y de despalme, se ejecutarán acciones del programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, el cual se detalla en el **Anexo VI.3**. Si bien, este programa está orientado a las especies de fauna identificadas en el AP que se encuentran listadas en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (una especie de anfibio, diez especies de reptiles, 12 especies de aves y una especie de mamíferos), estas acciones están dirigidas a todas las especies de fauna silvestre presentes en el AP y que se encuentren o localicen durante la ejecución del Programa. Las actividades para ahuyentar estarán orientadas principalmente para aquellos individuos de desplazamiento rápido, tal es el caso de individuos del grupo de las aves, así como mamíferos medianos y grandes, incluyendo aquellos de hábitos voladores (murciélagos), que pudieran encontrarse en troncos huecos, grietas, etc.; mientras que las acciones de rescate y reubicación, estarán destinados a individuos de los grupos de anfibios y reptiles, así como a mamíferos de lento desplazamiento. Adicionalmente, previo a las acciones de desmonte y despalme, se ejecutarán acciones de identificación y de rescate de nidos y madrigueras, en caso de encontrarse, evaluando previamente la pertinencia del rescate. Como se explica en el **Anexo VI.3**, la reubicación de los individuos de fauna rescatados se realizará en el mismo día para asegurar su sobrevivencia, encontrando condiciones de hábitat receptor para su sobrevivencia. El sitio de reubicación de fauna variará en función del grupo y de la especie, lo cual se documenta en el anexo citado.

Versión Pública

II.2.2.1.4 Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme)

Durante esta etapa se tiene contemplada la preparación del terreno que consiste básicamente en desmonte y despalme en aquellas superficies donde la topografía del terreno tenga una pendiente menor de 30º, lo cual representa el 99% de la superficie de los polígonos forestales en el AP. Esto se debe a que pendientes mayores representan un riesgo para la seguridad de los trabajadores que las realizan por la inclinación y la inestabilidad de los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución del desmonte y despalme. El desmonte y despalme se hará gradualmente por secciones, en función del avance programado. Únicamente se realizará por medios mecánicos mediante bulldozer (tractor de cadenas o trackes con pala frontal), sin utilizar fuego ni sustancias químicas. Se hará el retiro de la vegetación desmontada, que será enviada hacia alguna de las áreas destinada al almacén temporal de suelo orgánico, conservándolo para que pueda ser reutilizada en actividades del programa de restauración de suelos. Una vez desmontada y retirada la vegetación, se realizarán los cortes, excavaciones y nivelaciones de terreno necesarias para la etapa de construcción.

Se aplicarán las medidas de prevención y mitigación relacionados con el desmonte y despalme con la finalidad de disminuir los efectos negativos del Proyecto sobre el suelo provocados por la remoción de la vegetación, tal como el riego temporal para evitar la dispersión de material particulado.

La superficie destinada a la ejecución del desmonte y despalme es equivalente a la superficie de los polígonos forestales que serán objeto de CUSTF permanente en el AP, que corresponde a una superficie de 1,041.125 ha, mientras que en las superficies de ocupación temporal solo se ejecutará el desmonte, que representa una superficie de 414 ha, las cuales se representan espacialmente en la **Figura II.4**. La ejecución gradual del desmonte y despalme, en la propuesta de 5 años tiene las siguientes ventajas:

i. Conservación temporal de hábitats para la fauna silvestre, de tal manera que se favorezca y asegure el desplazamiento de la fauna silvestre hacia áreas menos perturbadas.

ii. Mantener de manera temporal y gradual la cobertura de suelo orgánico y vegetación no rescatable en las áreas autorizadas por CUSTF, de tal manera que disminuye la exposición de suelo a la erosión, así como la superficie dónde disminuye la tasa de erosión con el CUSTF.

iii. Mantener de manera temporal y gradual la cobertura de suelo orgánico y vegetación no rescatable en las áreas autorizadas por CUSTF, de tal manera que no se altere el factor de captación de agua en las áreas sin CUSTF, considerando que la presencia de la cobertura vegetal favorece la captación e infiltración del agua, y minimiza el factor de escurrimiento, lo cual permitiría mantener la captación en los niveles actuales, mientras no se ejecute el desmonte y el despalme.

Versión Pública

No habrá aprovechamiento de la vegetación forestal, maderable o no maderable[12]. Una vez rescatadas las especies de flora y de fauna silvestre se procederá al desmonte, resguardando el material vegetal para su uso en actividades de restauración de suelo; seguido del despalme, resguardando el suelo orgánico en el área del almacén temporal destinado a ello, para su mantenimiento previo uso en actividades del programa de restauración de suelos.

II.2.2.1.5 Instalación del sistema para desagüe del agua de laboreo

El desaguado del agua de laboreo tiene el propósito de disminuir los niveles piezométricos en el área del minado superficial, permitiendo de esta manera las actividades de extracción de roca del área del tajo y del minado del yacimiento bajo condiciones seguras, por debajo del nivel freático, conforme

[12] Se entiende **aprovechamiento forestal** en los términos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2021), que la señala como la extracción realizada en los términos de la Ley, de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables, en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos por periodos indefinidos.

lo obliga el apéndice B inciso B1.2 de la NOM-023-STPS-2003, que establece requerimientos mínimos de seguridad y salud para actividades de minado superficial. En la etapa de preparación del sitio, iniciará la instalación del sistema de desaguado, que incluye la construcción de los primeros pozos y la instalación de equipo de telemetría y tuberías para la extracción necesaria del agua de laboreo para dar seguridad al descapote del área de la mina.

El desaguado del área de la mina continuará durante la etapa de operación-mantenimiento para otorgar seguridad a todo el minado, por lo que continuará ampliándose este sistema con la construcción de pozos e instalación de sistemas de tuberías para la extracción del agua de laboreo.

De acuerdo a los estudios y modelaciones del flujo de agua subterránea realizados por FloSolutions (2021), se estima que la disponibilidad de agua subterránea sea del orden de 50 a 150 L/s (litros por segundo). Bajo las condiciones climáticas promedio en el sitio, se requerirá un promedio anual del desaguado del orden de 82 L/s. Se estima que bajo condiciones climáticas secas el promedio anual será de 92 L/s, con un requerimiento a corto plazo que podría alcanzar los 115 L/s. Con base en el balance de agua calculado para el Proyecto, se estima que el agua de laboreo producto del desaguado proporcionará la mayoría de las necesidades de agua para la operación del Proyecto. El enfoque del desaguado/despresurización del área de la mina, incluye las siguientes acciones:

Versión Pública

- Control y desvío de las escorrentías superficiales en el área del minado superficial;
- Interrupción de la entrada de agua subterránea al área del minado superficial antes de entrar en contacto con sus paredes;
- Retiro del agua superficial y del agua subterránea remanente en el área del minado superficial;
- Despresurización activa y pasiva de taludes del tajo;
- Limitar en la medida de lo posible, la recarga en las pendientes expuestas del tajo; y
- Monitoreo de nivel de agua subterránea.

El desaguado se llevará a cabo en las unidades hidrogeológicas de mayor permeabilidad con el objetivo de abatir el nivel freático y minimizar el agua únicamente en las áreas inmediatas de trabajo de la mina, mientras que la despresurización se realizará en las unidades de menor permeabilidad con el objetivo de reducir las presiones y mejorar la estabilidad de los taludes del tajo, bajo condiciones seguras.

El cuerpo mineralizado es altamente permeable y relativamente homogéneo. El sistema de falla de La Panza, que se extiende fuera del cuerpo mineralizado y el área propuesta para el minado superficial, parece estar en buenas condiciones de conectividad hidráulica con el acuífero, según las pruebas de bombeo. La instalación y operación de pozos es el sistema más eficaz para el desaguado controlado en el área de minado superficial, bajo las siguientes condiciones:

i. El sistema debe operarse de manera tal que mantenga las condiciones de drenaje dentro del tajo y las paredes del tajo puedan ser drenadas hacia los caudales establecidos por diseño;

ii. El área ubicada entre el tajo y la presa de jales requiere drenaje a una distancia horizontal de 140 m más allá del límite final del tajo. La mayor parte de la despresurización en esta área se lograría utilizando drenes horizontales;

iii. El desaguado debe iniciarse con suficiente tiempo antes del inicio del minado, para desaguar las unidades litológicas con sobrecarga (TCG, TUF, XLTUF, MVS), asegurando y manteniendo un abatimiento suficiente del nivel freático en las áreas inmediatas conforme avance la extracción de material del tajo;

iv. El nivel freático debe estar al menos dos bancos (30 m) por debajo del nivel operativo más bajo del tajo en cualquier momento, sin exceder significativamente este nivel para conservar los recursos hídricos;

v. El agua superficial debe desviarse del área del tajo en la medida de lo posible y el drenaje dentro del tajo debe diseñarse para facilitar un rápido drenado del tajo;

vi. Serán utilizados pozos de desagüe para favorecer el drenado y obtener condiciones secas dentro de los barrenos para voladuras y para minimizar la cantidad de agua de "contacto" dentro del tajo;

vii. Cuando sea factible, los pozos de desaguado deben estar en lugares accesibles fuera de las zonas de minería activa, incluso fuera de los pozos de la fase inicial, de los bancos de servicio y de las rampas, para minimizar la interferencia con las actividades mineras;

viii. El sistema de desaguado siempre debe incluir una cantidad adecuada de pozos de desagüe de respaldo;

ix. El uso de drenes verticales pasivos ayudará en el drenado de sobrecargas en los muros del tajo;

x. El drenaje de sectores de las paredes del tajo cuyo factor de seguridad sea sensible a la presión intersticial del agua subterránea puede aumentarse con la perforación de drenes subhorizontales.

Estos son los factores limitantes que imponen que el desaguado del área del minado superficial debe ser iniciado en la etapa de preparación del sitio, previo a la etapa de descapote y de operación del minado en el tajo. El bombeo del acuífero permeable y las fallas transversales y limítrofes despresurizarán progresivamente a las unidades de baja a moderada permeabilidad a través de drenes pasivos. Aun cuando existen pozos abiertos que sirven como desagüe vertical, todos los pozos estarán equipados con tubería ranurada, sobre todo donde el factor de seguridad de la estabilidad del talud es importante y donde la estabilidad es sensible a la presión intersticial del agua subterránea.

Versión Pública

Serán perforados drenes pasivos verticales suplementarios al comienzo del año 2 utilizando métodos de perforación RC (perforación de circulación inversa) y de diamante (núcleos), junto con los pozos de desagüe necesarios para complementar al único pozo de desagüe existente (SN18W-109).

Dos de los pozos de bombeo serán instalados fuera del área del sistema de fallas permeables, inmediatamente al NW o SE del tajo. Se prevé que tres pozos de bombeo activos, con un pozo de respaldo, serán adecuados para drenar completamente el nivel freático del área de minado. Se podría alcanzar la despresurización activa de las paredes de la mina mediante la instalación de pozos de bombeo verticales complementarios alrededor de los bordes del tajo donde se requiera un drenaje/despresurización sustancial, como en el sector NE. A medida que se excavará la mina, un cárcamo y un sistema de bombeo en la base de la mina permitirán el manejo del agua de la precipitación pluvial directa y de los flujos de escorrentía, junto con algunas filtraciones de agua subterránea.

En la **Figura II.10** se muestra la propuesta de ubicación de los sistemas de desaguado del tajo, mientras que en el **Cuadro II.11** las coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de ubicación de los sistemas de desaguado del tajo.

Versión Pública

Una vez que se establezcan las paredes del tajo durante su operación, puede ser necesario completar el drenaje de las unidades sobreyacientes mediante el uso de zanjas abiertas perimetrales y drenes horizontales, particularmente donde la estabilidad de los taludes de la mina, sea sensible a la presión intersticial del agua subterránea.

Cuadro II.11 Coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de ubicación de los sistemas de desaguado del agua de laboreo en el área de minado superficial.

ID de la instalación	Tipo de instalación	X	Y
PW-S4-01	Pozo de agua	192572.8	2500904
PW-S4-02	Pozo de agua	193526.6	2501025
PW-S4-03	Pozo de agua	193498.4	2500777
PW-S4-04	Pozo de agua	193063.6	2500411
PW-S4-05	Pozo de agua	192435.7	2501135
PW-S4-06	Pozo de agua	192578.4	2501102
PW-S4-07	Pozo de agua	193065.8	2500680
PW-S4-08	Pozo de agua	192327.0	2501379
PW-S4-09	Pozo de agua	192834.8	2500768
PW-S4-10	Pozo de agua	192984.8	2500576
PW-S4-11	Pozo de agua	192794.4	2500283
PW-S4-12	Pozo de agua	192068.6	2501005
PW-S4-13	Pozo de agua	193390.3	2500401

Cuadro II.11 Coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de ubicación de los sistemas de desaguado del agua de laboreo en el área de minado superficial.

ID de la instalación	Tipo de instalación	X	Y
PW-S4-14	Pozo de agua	193270.6	2500284
PW-S4-15	Pozo de agua	192564.2	2500797
PW-S4-16	Pozo de agua	192385.6	2501205
PW-S4-17	Pozo de agua	192622.9	2500590
PW-S4-18	Pozo de agua	193047.9	2500454
PW-S4-19	Pozo de agua	192397.8	2501016
PW-S4-20	Pozo de agua	192648.6	2500655
PW-S4-21	Pozo de agua	192430.1	2500923
PW-S4-22	Pozo de agua	192550.4	2500692
SN18W-109 (existente)	Pozo de agua	192674.6	2500824

Versión Pública

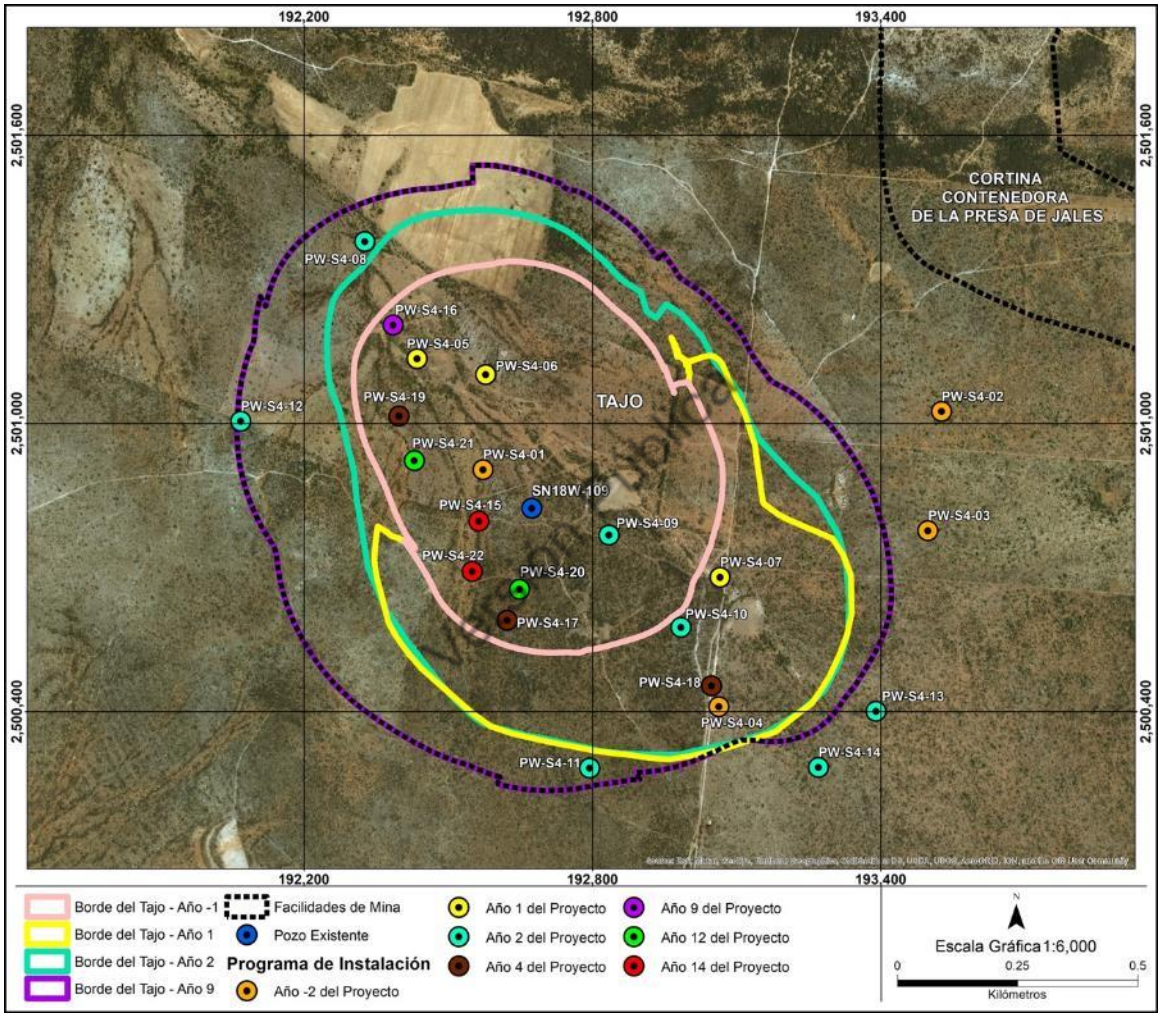


Figura II.10 Distribución espacial para la ubicación de los sistemas de desaguado del área del tajo (FloSolutions, 2021).

II.2.2.1.6 Captación y derivación de aguas de no contacto

Para la captación y derivación de agua de no contacto, se construirán una serie de canales aguas arriba de las obras e instalaciones del Proyecto, que estarán ubicadas en el AP. Se construirá una obra que facilitará la captación y derivación del agua pluvial, así como un canal por cada microcuenca aguas arriba, de tal manera que desde la etapa de preparación del sitio se pueda derivar el agua de no contacto para restituirla a la cuenca hidrológica, sin cualquier contacto con obras o actividades del Proyecto.

En la **Figura II.11** se muestra la ubicación de estas obras de derivación propuestas, las cuales se diseñaron sobre la base de un periodo de retorno de 100 años, mientras que en el **Cuadro II.12** se reportan sus características constructivas. Los canales de captación y derivación del agua de no contacto y los canales de recolección de agua de contacto fueron dimensionados para recibir el flujo máximo de las cuencas de captación durante eventos de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, y un bordo libre de 0.3 m a 0.4 m. En la **Figura II.12** se presentan secciones características de los canales de captación y derivación del agua de no contacto.

Versión Pública

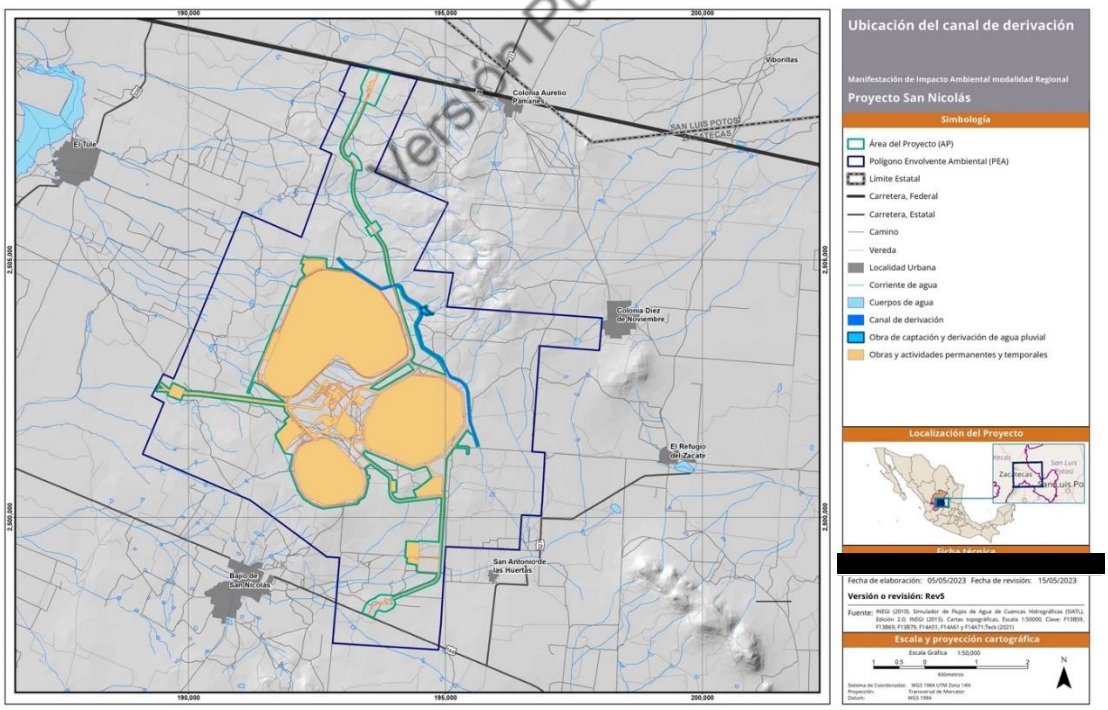


Figura II.11 Ubicación de los canales de captación y derivación del agua de no contacto.

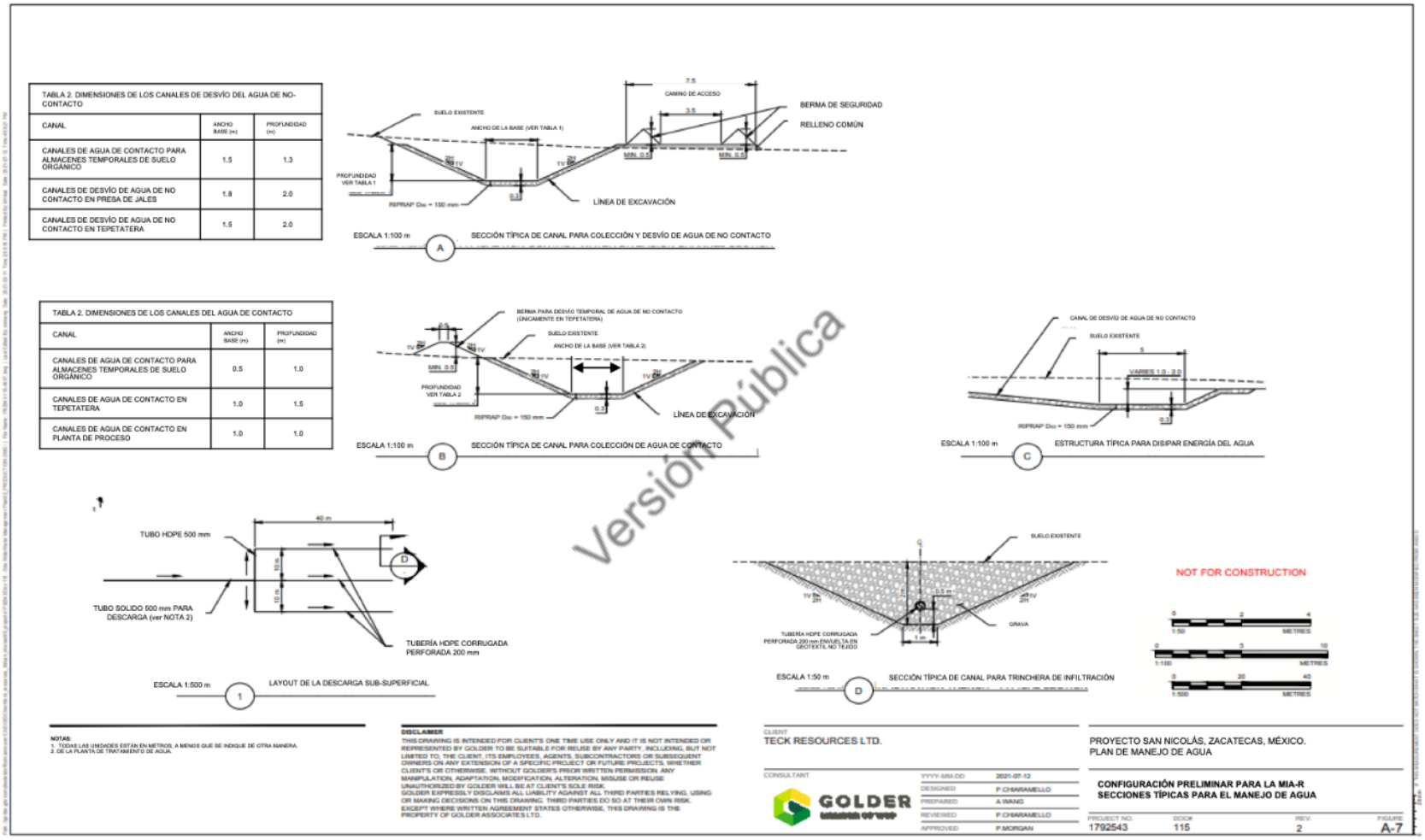


Figura II.12 Secciones características de los canales de captación y derivación del agua de no contacto.

Cuadro II.12 Características preliminares estimadas para los canales de agua de no contacto y de agua de contacto.

Obra o Instalación	Canal	Flujo de diseño (m^3/s)	Ancho de la base (m)	Profundidad (m)	Pendiente	Gradiente Promedio	Profundidad del flujo (m)	Bordo libre (m)
Pila de suelo orgánico	Canal para derivar agua de no contacto	9.0	1.5	1.3	2H:1V	1.5%	1.0	0.3
	Canal de agua de contacto	2.5	0.5	1.0	2H:1V	1.5%	0.7	0.3
Presa de jales	Canal para derivar agua de no contacto	24.2	1.8	2.0	2H:1V	1.0%	1.7	0.3
Tepetatera	Canal para derivar agua de no contacto	21.0	1.5	2.0	2H:1V	1.0%	1.6	0.4
	Canal de agua de contacto noroeste	8.5	1.0	1.5	2H:1V	1.0%	1.2	0.3
	Canal de agua de contacto este	1.5	0.5	1.0	2H:1V	1.0%	0.6	0.4
	Canal de agua de contacto sureste	6.8	1.0	1.4	2H:1V	1.0%	1.1	0.3
	Canal de agua de contacto sur	1.4	0.5	1.0	2H:1V	1.0%	0.6	0.4
Plataforma de planta de proceso	Canales de agua de contacto	2.7	1.0	1.0	2H:1V	1.0%	0.7	0.3

Versión Pública

II.2.2.1.7 Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera

La preparación del terreno en el caso de la presa de jales y la tepetatera, incluirá la nivelación y compactación del terreno y la construcción de drenes inferiores en las áreas donde atraviesan cauces (intermitentes), cuyas escorrentías se verían interrumpidas aguas arriba por los canales de captación y derivación del agua de no contacto (**Figura II.13** y **Figura II.14**). Estos drenes inferiores tienen por objetivo asegurar que los flujos del agua de contacto se mantengan dentro del sistema y sean recuperados en su totalidad, lo que representa un circuito cerrado.

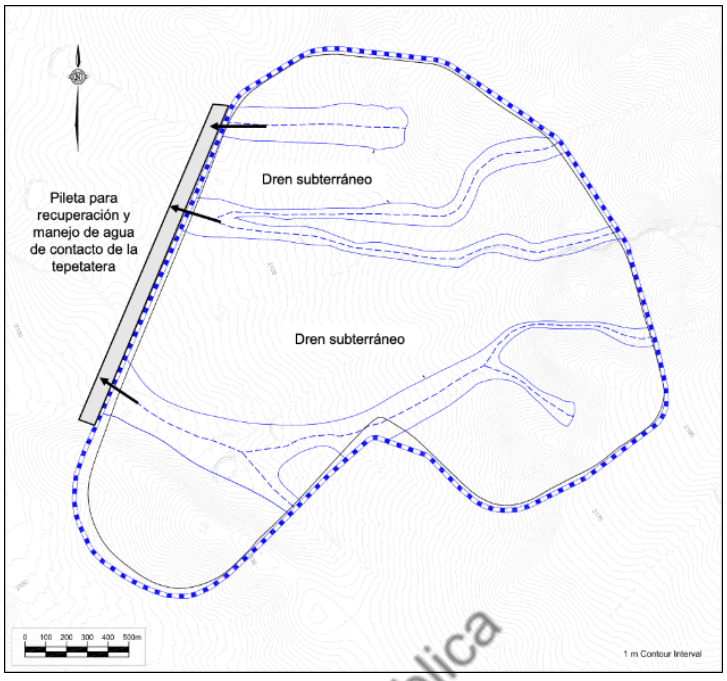


Figura II.13 Drenes inferiores en la Tepetatera[13].

Versión Pública

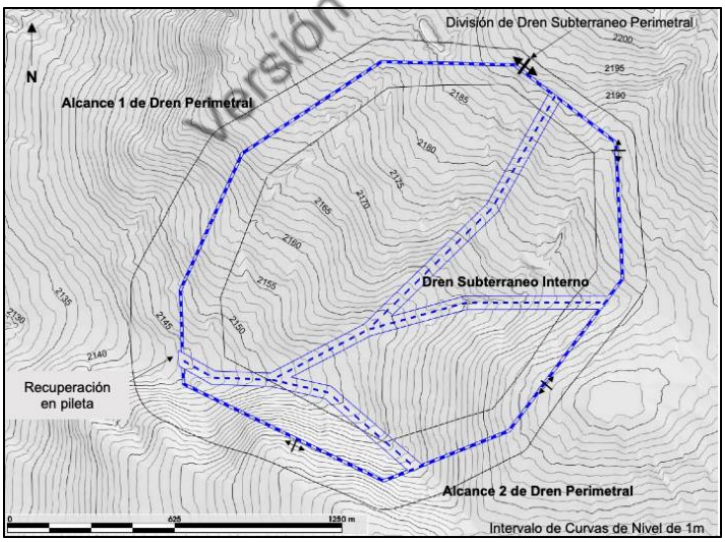


Figura II.14 Drenes inferiores en la presa de jales[13].

[13] Representación esquemática de los drenes inferiores en la base de la tepetatera y de la presa de jales, ya que el trazo definitivo será obtenido de la definición de las zonas federales y de la autorización de CONAGUA.

Debido a su configuración y material que predomina en los cauces (material aluvial no consolidado), este material deberá ser retirado para asegurar el cumplimiento a los parámetros de diseño de presas de jales, y podrá ser aprovechado como material agregado en obras de construcción del Proyecto, una vez obtenida la correspondiente autorización por CONAGUA. Una vez retirado el material aluvial, se preparará el terreno para aprovechar su configuración, y se rellenará con roca estéril con D_{10} de 50 a 100 mm para tener drenes subterráneos que permitan recuperar el agua de contacto.

En el caso de la tepetatera, el tamaño aproximado de los drenes de roca que cruzarán la huella de la tepetatera (**Figura II.13**), se han calculado y diseñado con base en la precipitación asociada a una tormenta de 24 horas para un periodo de retorno de 100 años, de esta manera y de forma responsable, el agua de infiltración total a través del tepetate (100%), será interceptada en los drenes y dirigida hacia la pileta para su reutilización en el sistema.

En el caso de la presa de jales, para asegurar la correcta funcionalidad del circuito cerrado, la construcción de los drenes inferiores estará basada en las siguientes consideraciones (**Figura II.14**):

- Construcción con materiales granulares no generadores de ácido y no reactivos para limitar la obstrucción por precipitados químicos que pueden formarse por reacción con el agua de contacto.
- Dimensionado para transitar la inundación de diseño con un factor de seguridad (FoS) en el flujo para permitir obstrucciones, compresión, trituración de partículas y degradación.
- Cubierta de geotextil en drenes inferiores y pileta para conducir y retener flujos.
- La cubierta geotextil se ubicará a lo largo de drenes naturales para evitar la acumulación de presiones de agua de poro excesivas dentro de la presa, y para mantener condiciones insaturadas para promover la estabilidad física.
- Dimensiones internas del dren subterráneo seleccionadas para permitir la construcción empleando equipo minero, con un ancho de 44 m y una altura de 2 m.
- Dren perimetral situado aguas abajo del filtro y transición en el tramo de la presa con un ancho de 10 m y una altura de 3 m.

Versión Pública

II.2.2.1.8 Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo

En áreas de CUSTF permanente, principalmente en la base del área de la mina, de la planta de proceso, de la tepetatera y de la presa de jales, podrá obtenerse material rocoso como material pétreo de préstamo para su aprovechamiento; así mismo el material aluvial que será retirado del área de cauces intermitentes en la base de la tepetatera y de la presa de jales, podrá ser recuperado para aprovecharse, todo como material agregado en obras de construcción del Proyecto, tales como la base de caminos y plataformas de instalaciones. El material así recuperado en los bancos temporales de material pétreo de préstamo, será clasificado y si es necesario, triturado, para ser utilizado como material pétreo agregado. Este aprovechamiento disminuye impactos ambientales que pudieran estar asociados a la apertura y operación de bancos de préstamo de material pétreo fuera del Área del Proyecto. El aprovechamiento del material pétreo será objeto también de las correspondientes autorizaciones de CONAGUA y de la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA) del Gobierno del Estado de Zacatecas.

Versión Pública

II.2.2.2 Descripción de la Etapa de Construcción

La construcción comenzará con la movilización del contratista civil en el sitio a la par de la nivelación del terreno, una vez que se ha llevado a cabo el rescate de la flora y fauna silvestre y la remoción de tierra vegetal (desmonte y despalme). Se iniciará con la construcción de caminos de acceso, del cerco perimetral de seguridad, del drenaje y establecimiento de plataformas de construcción para el campamento temporal, oficinas y almacenes, de la planta de beneficio, así como de las obras de captación y derivación del agua pluvial. Al mismo tiempo, se iniciará el trabajo de instalación de las líneas eléctricas dentro de las áreas del Proyecto, así como la construcción de la subestación eléctrica y el patio de maniobras del sitio.

Una vez que el sitio esté listo, se iniciará el trabajo de construcción en cada área de proceso. El trabajo para cada área se secuenciará de forma independiente, organizado generalmente por:

- Obra civil del área (incluida la excavación de la estructura y el relleno y nivelación del área);
- Cimentaciones de hormigón (tanto losas para edificios, como plataformas para equipos);
- Montaje de estructuras de acero;
- Instalación de equipos mecánicos;
- Tuberías;
- Instalaciones eléctricas e instrumentación;
- Arquitectónico.

La secuencia anterior podrá llevarse a cabo mediante trabajo superpuesto cuando se presente la oportunidad o que requiera que una instalación inicie antes de concluir una instalación previa en la secuencia. Ejemplos específicos de esto pueden incluir:

- Instalación de obras de servicios públicos subterráneos antes del inicio de los cimientos de hormigón;
- Colocación de equipos grandes sobre cimientos de hormigón, antes de completar las estructuras de techo de acero; o
- Superposición de tuberías y obras eléctricas (como generalmente se requiere en la última mitad del esfuerzo de construcción para áreas específicas).

La secuencia de construcción se ha priorizado según el área de proceso. Sin embargo, se dará una alta prioridad a las áreas de la estación de combustible, lavado de camiones y almacenamiento de explosivos. El resto de las instalaciones tendrá el siguiente orden de secuencia:

- Área de Flotación;
- Área de Filtrado de concentrados;
- Área de Trituración primaria;
- Área de Recuperación y trituración fina;
- Área de Molienda;
- Área de Espesadores de colas de flotación (jales);
- Área de Reactivos;
- Área de secado de concentrados;
- Subestación eléctrica;
- Edificios Auxiliares y Planta de Aire Comprimido.

Versión Pública

Para las obras que requieran concreto, el Proyecto contratará un servicio proveedor externo de concreto premezclado, que lo transporte preparado al sitio de trabajo de manera oportuna y confiable. Esto incluirá el tránsito de camiones de concreto premezclado o camiones revolvedora, según el requerimiento específico en el Proyecto. En ausencia de un suministro adecuado o no disponible por parte del proveedor y que no se tengan tiempos de entrega aceptables, el Proyecto podría instalar una planta móvil temporal para preparar concreto y hormigón en el sitio para abastecer los requerimientos del Proyecto. La planta sería en ese caso temporal y móvil.

En caso de que material agregado (grava y arena) adicional sea requerido para la construcción de obras e instalaciones, será adquirido a un proveedor externo local o regional que cuente con los

correspondientes permisos de banco de material pétreo de préstamo. Con el avance de las actividades del descapote y minado, podría utilizarse roca estéril no generadora de drenaje ácido como fuente pétrea para material agregado, en cuyo caso se instalaría una trituradora y clasificadora móvil.

II.2.2.2.1 Campamentos

El Proyecto utilizará campamentos para personal desde las etapas de preparación de sitio y de construcción. Esto incluirá instalaciones temporales para vivienda, alimentos, baños e instalaciones médicas y de salud. La disposición general de estos campamentos temporales para construcción, ha designado una plataforma equivalente a 7.2 ha para que los contratistas y subcontratistas instalen sus campamentos móviles, que pueden incluir edificios modulares, contenedores o remolques. Esta plataforma estará dentro de un área destinada a uso temporal, adyacente al campamento de exploraciones, ya existente y que ha operado durante las campañas de exploración y caracterización de línea base en instalaciones existentes en áreas desprovistas de vegetación.

El campamento temporal para personal de construcción, contará aproximadamente con 1,700 espacios (camas); dispuestas en 33 unidades modulares de 40 espacios cada una (1,320 camas) para trabajadores, más ocho unidades con 36 espacios (288 camas) para supervisores y 12 unidades con ocho espacios (96 camas) para gerentes. Este recuento de camas no tiene en cuenta al personal en rotación o en licencia, por lo que la capacidad final del campamento podría ser algo mayor. Esta capacidad supera con creces la cantidad de trabajadores que se espera que estén en el sitio según el cronograma. El cronograma contempla un conteo máximo de 900 trabajadores en el sitio (botas en el suelo) durante la etapa de construcción. La **Figura II.15** muestra una posible disposición general de este campamento. Los baños del complejo, tanto modulares como móviles, se proporcionarán en función de la cantidad de trabajadores dentro del campamento. La fuente de agua para los servicios (sanitarios) será el agua del desaguado de la mina. También se proporcionará agua potable de una fuente externa. En cuanto al drenaje, las aguas negras y grises de los campamentos (incluida la cafetería y el módulo de primeros auxilios) serán tratadas en una planta móvil de tratamiento de aguas residuales o bien serán destinadas al sistema de biodigestores, cuya ubicación se muestra en la **Figura II.15**. Esta planta de tratamiento modular se ampliará y reducirá de acuerdo con la cantidad de residentes en el campamento. Las aguas tratadas serán incorporadas como agua de contacto para el beneficio de minerales; mientras que, en el caso de los biodigestores, se contratarán servicios autorizados para su manejo y mantenimiento.

Versión Pública

Adicionalmente, se construirá un campamento para personal de operación, en una superficie equivalente de 7.2 ha, con características similares al de construcción, con instalaciones permanentes para la etapa de Operación. Su ubicación propuesta se encuentra inmediatamente al N del campamento de exploraciones existente (**Figura II.15**).

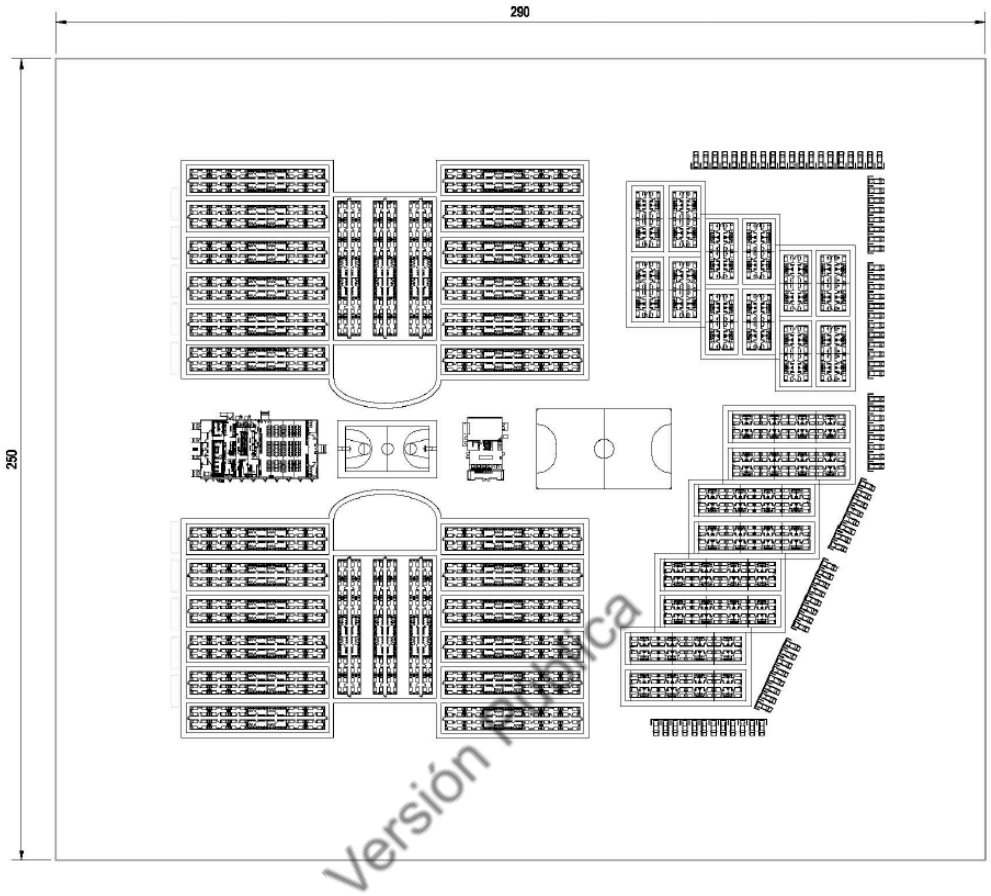


Figura II.15 Arreglo general propuesto para los campamentos y servicios temporales.

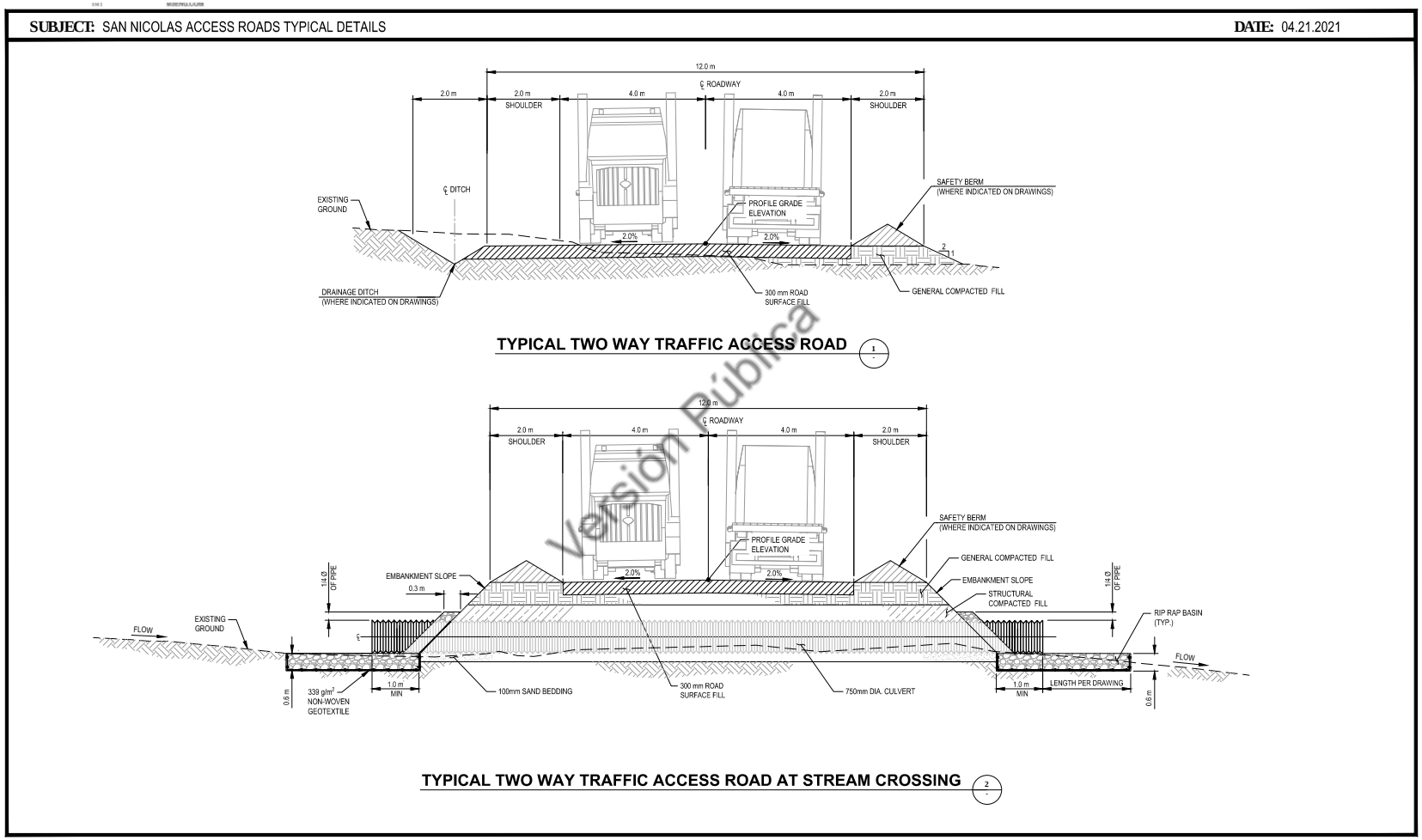
II.2.2.2.2 Caminos de acceso y caminos de operación en mina

Los caminos de acceso y caminos internos serán caminos no asfaltados, construidos conforme se indica en las secciones de la **Figura II.16** para los vehículos ligeros y en la **Figura II.17** para los vehículos pesados que transportarán mineral en mina.

En el caso de los caminos de acceso e internos, después de la nivelación del terreno, se instalará una capa de material granular de al menos 300 mm de espesor, el cual será compactado y mantenido, asegurando una pendiente de 2% en la corona para facilitar el escurrimiento durante eventos de precipitación pluvial. La corona de los caminos será de 8 m para asegurar un ancho de rodamiento de 4 m libres para cada vía de circulación. A cada lado del camino, se construirán, en función de la topografía del terreno, acotamientos o bermas de seguridad de 2 m de ancho, seguidos de diques para la captación y derivación del agua pluvial. En el caso de los cruces con cauces de escorrentías de agua de no contacto, se construirán obras de drenaje cuyas dimensiones dependerán de la carga calculada para cada escorrentía, de tal manera que se asegure su libre escorrentía en la cuenca hidrológica. Así mismo, en ambos lados de los caminos internos y de acceso, podrán instalarse ductos para conducción de agua (agua de proceso, agua de contacto, agua potable o agua para control de incendios) o bien, instalaciones para la transmisión de energía eléctrica dentro del complejo minero.

Versión Pública

En el caso de los caminos para la operación de los camiones pesados para el transporte de mineral y de roca estéril (tepetate), después de la nivelación, conformación y compactación del terreno, se instalará una capa de material granular grueso con al menos 1m de espesor, seguido de la capa subrasante de al menos 300 mm de espesor, el cual será compactado y mantenido a 95% compactación Proctor estándar, asegurando una pendiente de 2% en la corona para facilitar el escurrimiento durante eventos de precipitación. La corona de los caminos será de 24 m para asegurar un ancho de rodamiento de 12 m libres para cada vía de circulación. A cada lado del camino, se construirán, en función de la topografía del terreno, acotamientos o bermas de seguridad de 7 m de ancho, seguidos de diques para la captación y derivación del agua pluvial. El ancho total del camino para estos vehículos será de 38 m (**Figura II.17**).



Versión Pública

Figura II.16 Secciones características de los caminos de acceso, incluyendo una obra de drenaje para permitir la libre escorrentía de agua de no contacto en el cruce de cauces (intermitentes).

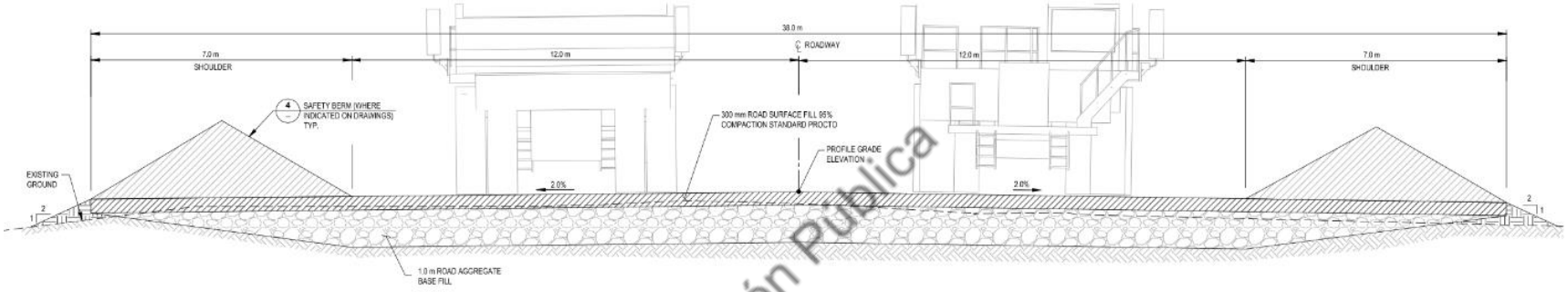


Figura II.17 Secciones características de los caminos del área de mina donde circularán los camiones para carga de mineral y de roca estéril hacia la tepetatera.

Versión Pública

II.2.2.2.3 Planta de beneficio

El área de molienda se construirá sobre una plataforma que no estará cubierta y constará de una plataforma con base de hormigón para los cimientos del molino y una plataforma elevada en hormigón, apoyada sobre una estructura de acero (**Figura II.18**). Las plataformas de acceso secundario serán rejillas de acero abiertas sobre estructuras también de acero. La planta de flotación se construirá debajo de una estructura con techo con zócalos de paneles de metal en los cuatro lados, que se extenderán hasta la elevación del riel de la grúa viajera. El área restante de la pared estará abierta a los muros de contención de hormigón (**Figura II.19**). Las celdas de flotación de cobre y zinc se construirán en plataformas elevadas rellenas de tierra, flanqueadas por muros de contención. Algunos muros de contención verticales serán de hormigón moldeado in situ. Además de las celdas de flotación gruesa y de limpias, el área de flotación también incluye celdas Jameson con bombas asociadas, cajas, muestreadores, etc.

El espesamiento de los concentrados de flotación se hará mediante espesadores con estructura de acero sobre el suelo, uno para concentrados de cobre y otro para concentrados de zinc. Se tendrán plataformas de acero para tuberías y tendidos eléctricos, así como acceso a muestreadores y cajas de alimentación. Además, se tendrán bases en hormigón tanto para los espesadores como para rampas de acceso que serán construidas para su mantenimiento.

Versión Pública



Figura II.18 Vista general de la planta de beneficio, donde se observa la rampa y plataforma que se construirán para la instalación y operación de la trituradora primaria.



Figura II.19 Vista panorámica del diseño de la planta de flotación.

Versión Público

II.2.2.2.4 Instalaciones de distribución eléctrica

El suministro de energía eléctrica a la Unidad Minera se hará a través de la construcción, operación y mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica (LTE) que se conectará con una LTE de 400 kV existente, que pasa inmediatamente adyacente al límite occidental (dentro de los 500 m) de la propiedad San Nicolás (**Figura II.20**). Se construirá una nueva subestación de conmutación ("Maniobras") en el punto de interconexión, la cual será mantenida, controlada y operada por un operador calificado contratado por Minas de San Nicolás y acreditado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). La línea de transmisión de interconexión estará aproximadamente a 250 m de la subestación de conmutación propuesta (subestación de maniobras), de donde se alimentará a la subestación de la planta de proceso, las cuales estarán conectadas mediante una LTE de 400 kV. Esta LTE, de aproximadamente 3.0 km y 400 kV, será construida con un circuito, dos conductores por fase, cable conductor de aluminio reforzado con acero (1113 ACSR), cable de tierra convencional, cable óptico de tierra y 11 estructuras de acero autosoportadas. La LTE 400 kV consistirá de torres soportadas entre la subestación de maniobras (que cumplirán las especificaciones técnicas de CFE para el voltaje establecido) y la subestación de la planta de proceso, la cual hará la bajada de 400 kV a 34.5 kV. Para las torres autosoportadas, se consideran cimentaciones tipo pilones anclados, pila y zapata aislada. Todas las instalaciones de subestaciones y líneas de transmisión eléctrica contarán con los equipos y dispositivos de protección de avifauna, tratando de evitar su percha y electrocución.

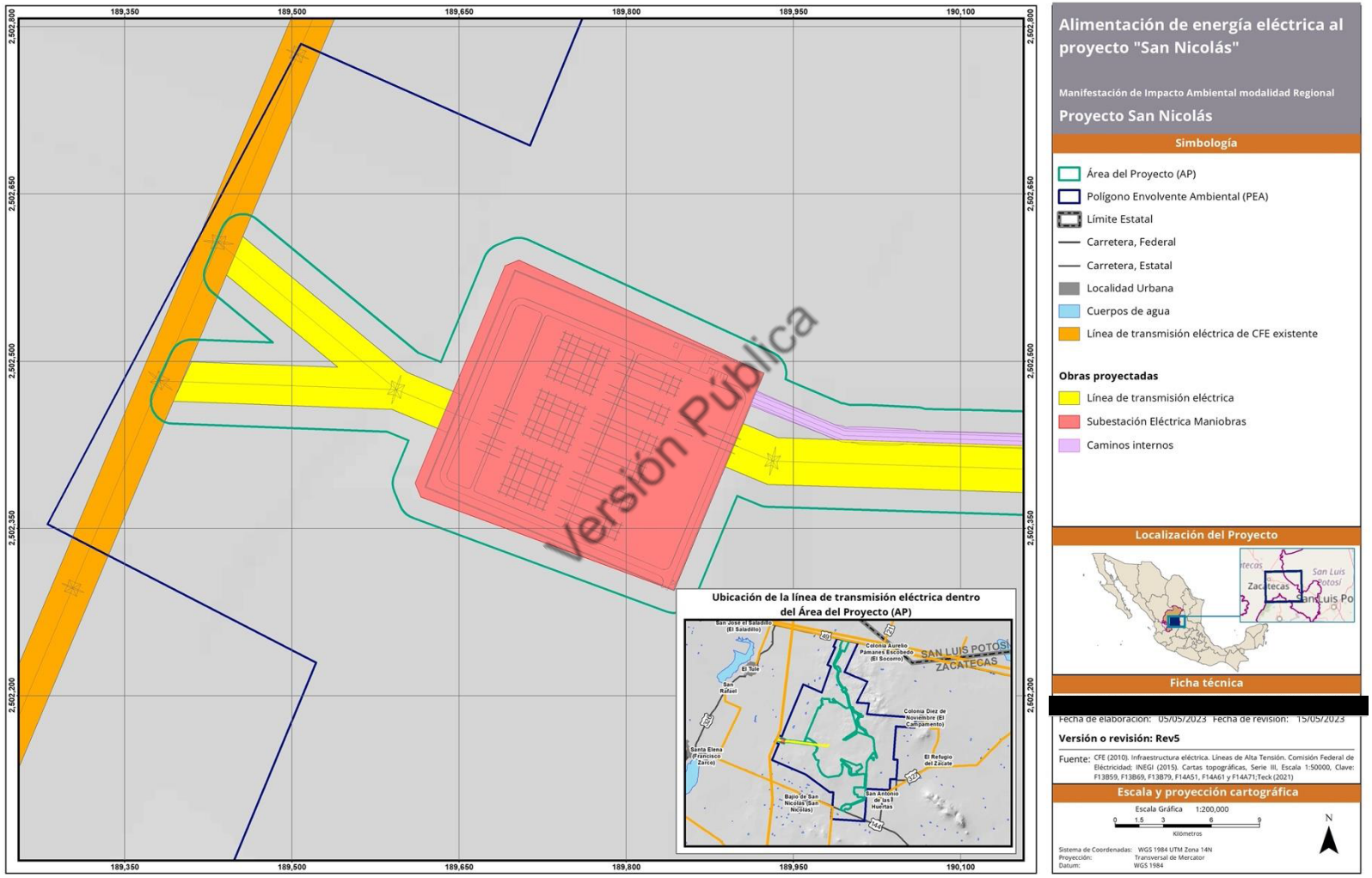


Figura II.20 Alimentación de energía eléctrica al Proyecto San Nicolás.

II.2.2.2.5 Presa de jales

El diseño propuesto para la presa de jales está basado en el cumplimiento de las especificaciones técnicas para el diseño y operación de presas de jales, incluyendo las siguientes normas y guías Mexicanas e Internacionales:

- NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento de caracterización de jales mineros además de las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), Manual de Diseño de Obra Civil para el diseño de desvíos de aguas superficiales, según se define en la NOM-141-SEMARNAT-2003.
- International Council on Mining and Metals (2020). Estándar mundial de la industria sobre gestión de presas de jales (Diseño de la presa de jales considerando una carga externa por un terremoto máximo creíble y la inundación máxima probable).
- Teck (2019a), Guía para relaves y estructuras de retención de agua.
- Asociación Canadiense de Represas (CDA, 2013), Pautas de seguridad de presas.
- Asociación Canadiense de Represas (CDA, 2019), Boletín Técnico: Aplicación de Directrices de seguridad de presas mineras.
- Asociación de Minería de Canadá (MAC, 2019a), Guía para la Gestión de Instalaciones de Presas de Jales.
- Asociación de Minería de Canadá (MAC, 2019b), Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia para Instalaciones de Gestión de Aguas y Jales.

Versión Pública

El concepto de diseño de la presa de jales está basado en la construcción de una cortina contenedora en forma de anillo en una superficie de 250.4295 ha, construida a base de roca estéril y que almacenará de forma permanente 101 millones de toneladas (equivalente a 46.6 Mm^3) de jales potenciales generadores de ácido (PAG, por las siglas en inglés de potencial generador de ácido) y 0.8 millones de toneladas de tepetate PAG (equivalente a 0.4 Mm^3). El diseño estructural de la presa de jales ha sido concebido como un circuito cerrado ya que se recuperará el agua de contacto y el agua de los jales, reintegrándose a la operación. La fuente de préstamo de material de construcción para la cortina contenedora será roca estéril (tepetate) no generador de drenaje ácido. La roca estéril se extraerá de la mina de manera seleccionada y se procesará mediante trituración y cribado para producir materiales clasificados que permitan asegurar la filtración, transición y drenaje, conforme a las cantidades que se reportan en el **Cuadro II.13**.

Cuadro II.13 Cantidades (en Mm^3) de material de relleno de roca (tepetate) no generador de drenaje ácido que se utilizarán para la construcción de distintos componentes de la presa de jales (valores no podrían sumar debido al redondeo; TCG = conglomerado del terciario; Golder, 2021b).

Fase de crecimiento de la cortina	Para el dren subterráneo perimetral	Para drenes subterráneos internos	Para TCG compactado	Para filtro	Para zona de transición	Para enrocamiento	Para relleno de bermas internas
1	0.08	0.2	0.07	0.06	0.1	4.4	0.9
2	0.06	0.08	0.05	0.07	0.1	5.1	1.3
3	0.04	0.04	0.04	0.1	0.2	7.3	1.6
4	0	0	0	0.1	0.2	10.7	1.6
5	0	0	0	0.07	0.1	2.4	0.9
Total	0.2	0.4	0.2	0.4	0.7	29.6	6.3

La presa almacenará permanentemente los jales que se generen durante todo el periodo de operación de la planta de beneficio. Por tanto, la construcción de la cortina contenedora y el desarrollo de la presa de jales asegurarán por diseño el bordo libre establecido por la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Versión Pública

La etapa de construcción de la presa de jales inicia con la preparación de los cimientos de la cortina contenedora, para lo cual se desplantará y compactará una capa de arcillas de mayor espesor. En áreas seleccionadas, donde se requiera mejorar la estabilidad de los cimientos, podrá llevarse a cabo la remoción de suelos hasta una profundidad de 15 m o más. Sin embargo, en la mayoría del área de desplante de la presa y de sus infraestructuras asociadas, como bordos y piletas, el desplante de suelo no será mayor de 0.25 m. La capa superior del suelo que se quitará se apilará en el área de almacén de reserva para uso futuro en la ejecución del plan de cierre.

La construcción se realizará por etapas, con la presa de arranque (Etapa 1) construida desde el primer año del Proyecto. La construcción de la cortina contenedora y de las bermas internas se hará mediante los rellenos con roca estéril empleando maquinaria y equipo de mina, con transporte directo desde la mina hasta el área de la presa de jales. Los materiales para los filtros, transición y drenes requerirán trituración y clasificación. El relleno de la cortina y de las bermas se cargará y transportará mediante camiones de acarreo de la mina desde el tajo y se descargará y acomodará en el área de la presa mediante retroexcavadora. No se requerirá riego de los rellenos de presas y bermas internas para la compactación, excepto para el manejo del polvo.

Las zonas de filtrado y transición se construirán mediante trituración y cribado de la roca estéril y luego se almacenarán. Utilizando maquinaria especializada, los materiales almacenados se cargarán, se

transportarán en camiones y se arrojarán en la cresta, luego se moverán a su posición a lo largo de la cresta de la presa para lograr el ancho de diseño y luego se compactará. Las zonas de filtrado y transición se colocarán en espesores de elevación sueltos de 0.5 m como máximo y se compactarán con un compactador de rodillo vibratorio de tambor liso de 10 t, con riego para lograr los requisitos de compactación.

La longitud máxima de las bermas en la presa de jales será de 1.6 km, medida a lo largo de la línea central. La altura máxima de la presa será de 70 m. El área final de la presa de jales será de 250.429 ha al final de su operación. La sección de la presa de jales incluye una cortina contenedora de enrocado con taludes aguas arriba de 2H:1V y taludes aguas abajo de 2.5H:1V, seleccionados para asegurar su estabilidad. La presa de jales se elevará mediante un método de construcción combinado aguas abajo/plataforma y tendrá un ancho de cresta final de 36 m para permitir el tráfico bidireccional de camiones de transporte y su construcción con equipo de mina. La cortina de la presa incluirá un filtro granular y zonas de transición para retener los sólidos de los jales como se ilustra en la **Figura II.21** a la **Figura II.23**. Los filtros estarán alineados verticalmente debajo de la línea central de la cresta para limitar el tráfico sobre los filtros.

Versión Pública

La configuración de la presa de jales en cuadrantes divididos por las bermas internas, permite el depósito cíclico de los jales entre las celdas para controlar la generación de polvo y permitir que los jales se sequen y consoliden. El secado y la consolidación de los jales son necesarios para ganar una resistencia que permita la colocación de tepetate PAG en los jales, así como para otorgarle mayor estabilidad estructural al depósito de jales.

La presa se construirá utilizando un total de 37.8 Mm^3 de roca estéril (tepetate) no generador de ácido, procedente del tajo. Los taludes (pendientes) exteriores de la cortina se han diseñado a partir del estudio de estabilidad. La presa de jales incluye filtros internos, a partir de material triturado y cribado, para retener el material sólido de los jales.

La presa de jales ha sido diseñada para almacenar los eventos de lluvia, que se drenarán a la pileta de filtración (de agua recuperada). Los eventos de lluvia atípicos se conducirán hacia el bordo de demasías o de tormentas (*Storm Pond*), asegurando su permanencia dentro del circuito cerrado.

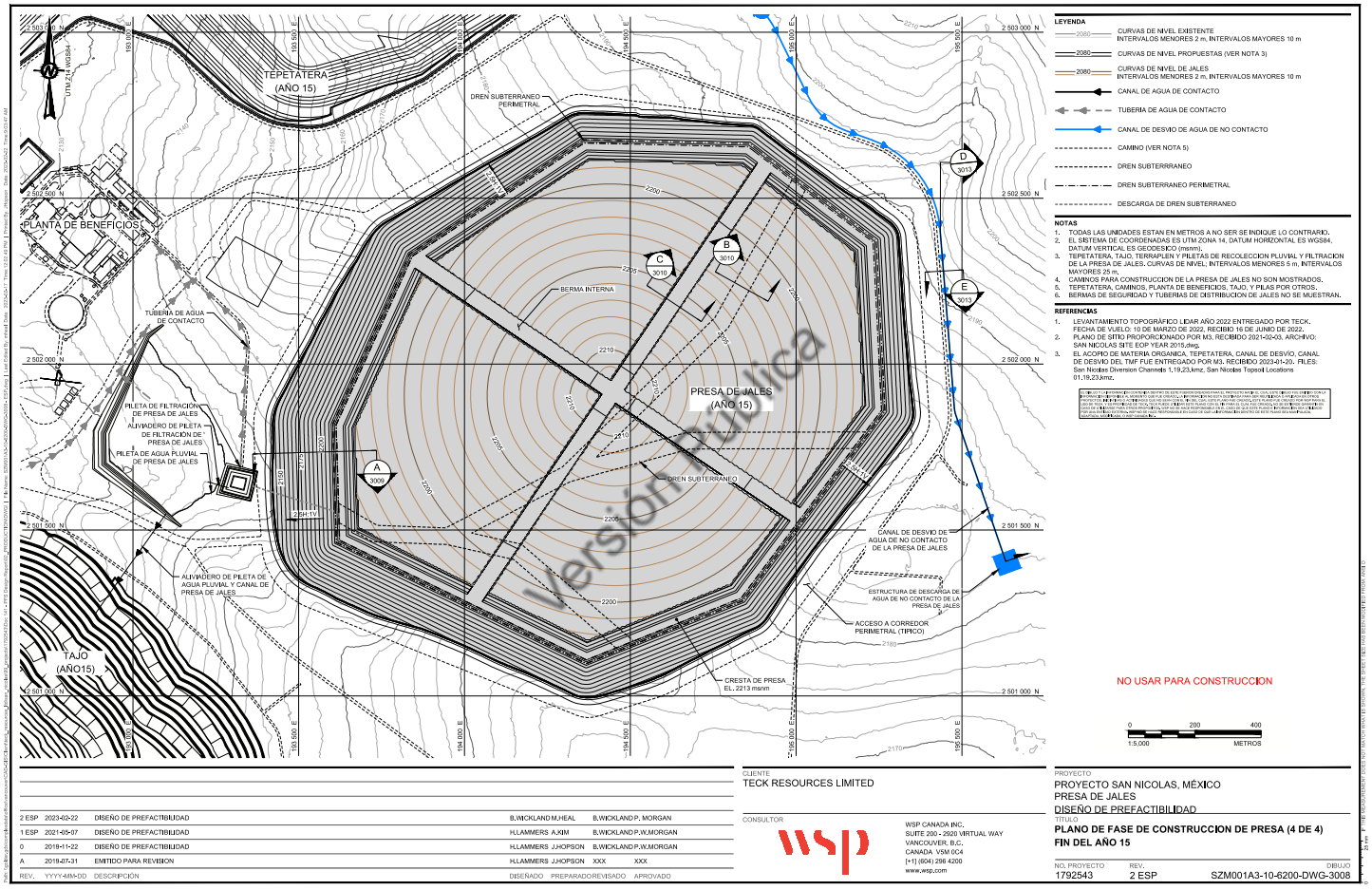
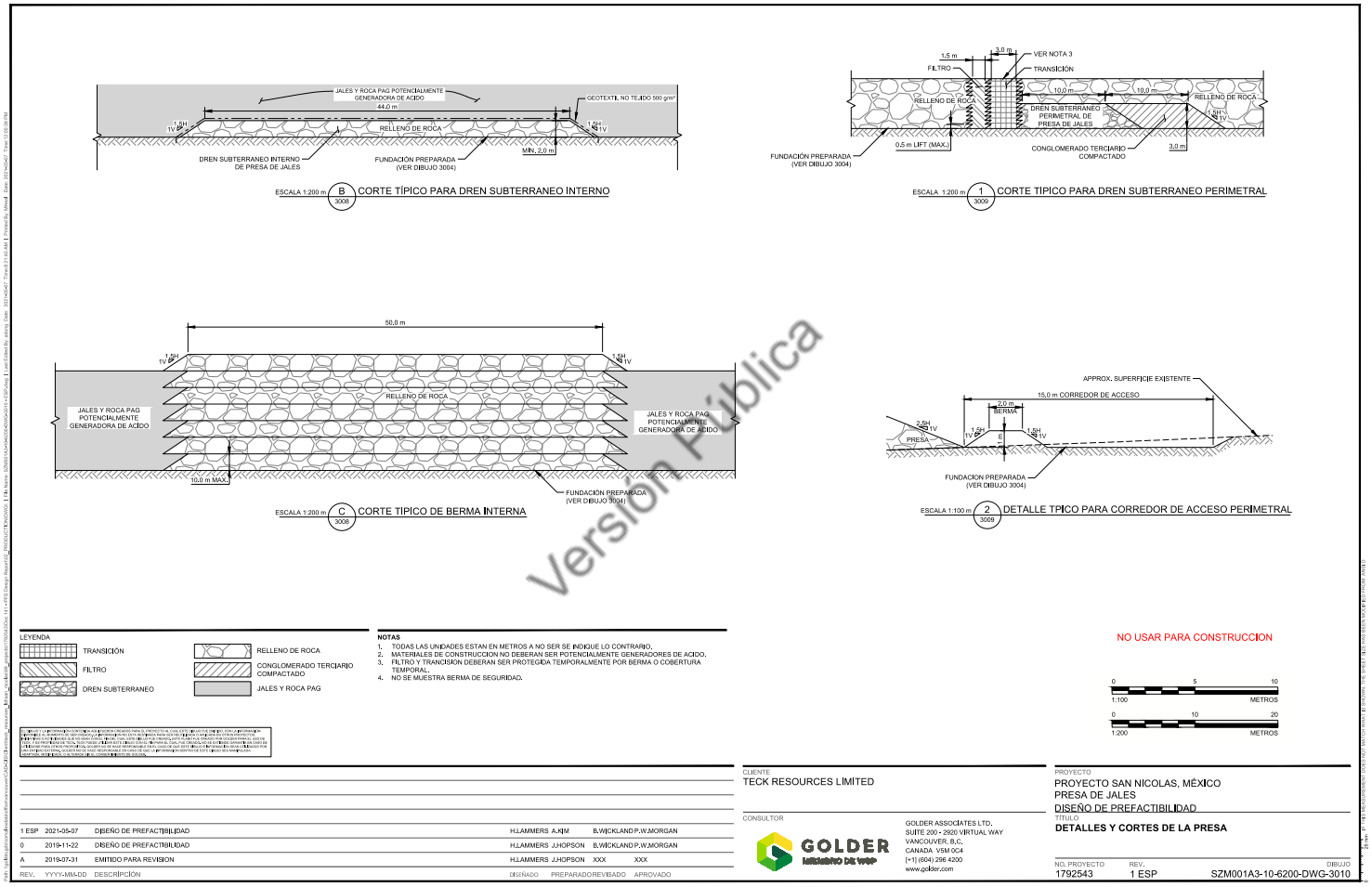
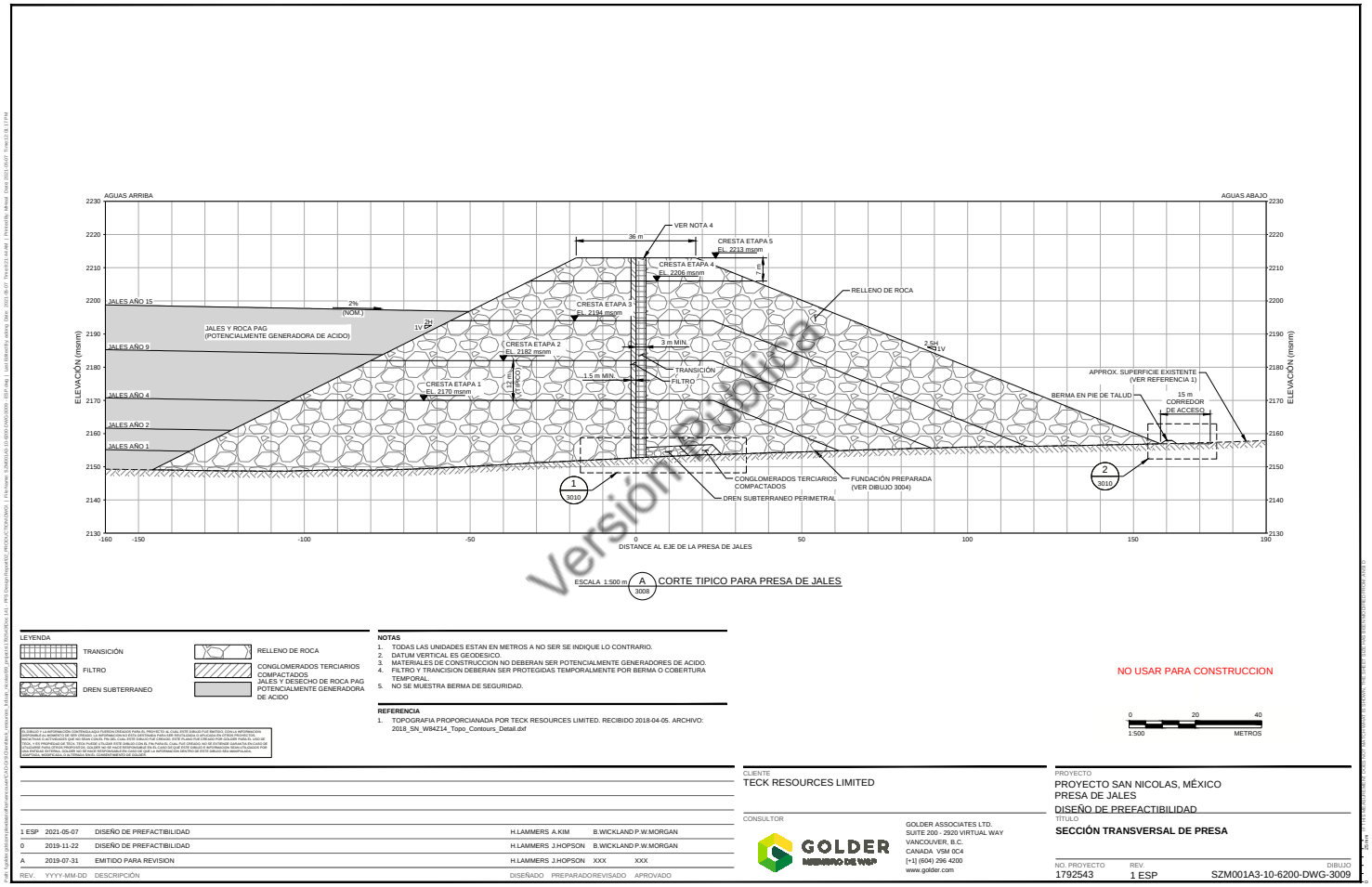


Figura II.21 Vista en planta del diseño constructivo de la presa de jales al final de la etapa de construcción del Proyecto.



Versión Pública

Figura II.22 Secciones del detalle constructivo de las bermas internas y de los drenes subterráneos que se construirán debajo de la cresta de la cortina de la presa de jales (tomado de Golder, 2021b).



LEYENDA

- TRANSICIÓN
- FILTRO
- DREN SUBTERRANEO
- RELLENO DE ROCA
- CONGLOMERADOS TERCIARIOS COMPACTADOS
- JALES Y DESECHO DE ROCA PAG POTENCIALMENTE GENERADORA DE ACIDO

NOTAS

1. TODAS LAS UNIDADES ESTAN EN METROS A NO SER SE INDIQUE LO CONTRARIO.
2. DATUM VERTICAL ES GEODESICO.
3. MATERIALES DE CONSTRUCCION NO DEBERAN SER POTENCIALMENTE GENERADORES DE ACIDO.
4. FILTRO Y TRANCISION DEBERAN SER PROTEGIDAS TEMPORALMENTE POR BERMA O COBERTURA TEMPORAL.
5. NO SE MUESTRA BERMA DE SEGURIDAD.

REFERENCIA

1. TOPOGRAFIA PROPORCIANADA POR TECK RESOURCES LIMITED. RECIBIDO 2018-04-05. ARCHIVO: 2018_SN_W84Z14_Topo_Contours_Detail.dxf

NO USAR PARA CONSTRUCCION

0 20 40
1:500 METROS

REV.	YYYY-MM-DD	DESCRIPCIÓN	DISEÑADO	PREPARADO	REVISADO	APROVADO
1 ESP	2021-05-07	DISEÑO DE PREFACTIBILIDAD	H.LAMMERS	A.KIM	B.WICKLAND	P.W.MORGAN
0	2019-11-22	DISEÑO DE PREFACTIBILIDAD	H.LAMMERS	J.HOPSON	B.WICKLAND	P.W.MORGAN
A	2019-07-31	EMITIDO PARA REVISION	H.LAMMERS	J.HOPSON	XXX	XXX

CLIENTE: TECK RESOURCES LIMITED

CONSULTOR: GOLDER ASSOCIATES LTD. SUITE 200 - 2920 VIRTUAL WAY VANCOUVER, B.C. CANADA V5M 0C4 [+1] (604) 296 4200 www.golder.com

PROYECTO: PROYECTO SAN NICOLAS, MÉXICO
PRESA DE JALES
DISEÑO DE PREFACTIBILIDAD

TITULO: **SECCIÓN TRANSVERSAL DE PRESA**

NO. PROYECTO: 1792543 | REV.: 1 ESP | DIBUJO: SZM001A3-10-6200-DWG-3009

Figura II.23 Sección del diseño constructivo de la cortina contenedora de la presa de jales, donde se muestra su desarrollo por etapas (tomado de Golder, 2021b).

El diseño de la presa de jales se basa en la compactación de los jales espesados, que harán la función de una capa impermeable, limitando la conductividad hidráulica del agua hacia el subsuelo y eliminando cualquier posibilidad de migración o infiltración hacia el acuífero. Por esta razón el diseño no requiere de la instalación de una membrana impermeable sintética en toda su superficie, únicamente se contempla la instalación de esta membrana en la pileta de infiltración para el agua recuperada.

Las ventajas de este sistema constructivo, al no tener una cubierta o membrana sintética en su base, asegura la no probabilidad de falla creíble, metodología alineada con el estándar global para la construcción y operación de presas de jales. Además, está diseñado un programa de monitoreo y vigilancia permanente de estabilidad física y química a lo largo de la vida de la presa.

Criterios de diseño. En el **Cuadro II.14**, se resumen los criterios técnicos de diseño de la presa de jales, mientras que en el **Anexo II.9** se presentan los planos del diseño de la presa de jales.

Cuadro II.14 Criterios técnicos de diseño de la presa de jales (Golder, 2021b).

Versión Pública

Criterio	Unidad	Valor	Referencia
Capacidad total de jales (masa)	Mt	101	
Capacidad total de jales (volumen)	Mm^3	46.6	
Capacidad total de la presa (volumen)	Mm^3	47.0	Jales + Tepetate PAG
Clasificación de los jales		Generadores de ácido	NOM-141-SEMARNAT-2003
Periodo de Operación	años	15	
Relación de Vacío Promedio en los jales	-	0.8	Basado en práctica
Gravedad específica de jales	-	3.88	Prueba de laboratorio
Densidad peso seco de jales	t/m^3	2.16	Calculado
Pendiente de la playa en el vaso	%	2	
Contenido de sólidos en los jales	%	64.8	Prueba de laboratorio
Zona sísmica	Zona	B = Penesísmica	NOM-141-SEMARNAT-2003
Zona hidrológica	Zona	Seca	NOM-141-SEMARNAT-2003
Topografía	Zona	Plana	NOM-141-SEMARNAT-2003
Clasificación de la presa de jales	-	Grupo III; Subgrupo 8; Categoría 23	NOM-141-SEMARNAT-2003
Clasificación del acuífero (Acuífero La Blanca)	-	No Vulnerable	NOM-141-SEMARNAT-2003
Sismo de diseño		Operación: Sismo = evento 475 años PGA = 0.052 g Cierre:	Golder (2018)

Cuadro II.14 Criterios técnicos de diseño de la presa de jales (Golder, 2021b).

Criterio	Unidad	Valor	Referencia
		Sismo = evento 10,000 años PGA = 0.276 g	
Estabilidad, Factor Mínimo de Seguridad	FoS	Carga Estática = 1.5 Carga Pseudoestática = 1.0 Post-Sísmica = 1.2	CDA (2019)
Evento de precipitación (de diseño)	-	Precipitación máxima probable = evento 48 h, 519 mm	NOM-141-SEMARNAT-2003
Evento de inundación (de diseño)	-	Avenida máxima posible = 900,000 m^3	Calculada
Altura de bordo libre mínimo	m	2	NOM-141-SEMARNAT-2003
Método de construcción de la presa	-	Combinación de aguas abajo y plataforma	NOM-141-SEMARNAT-2003
Pendientes de los taludes de la cortina contenedora	-	Pendiente aguas arriba = 2H:1V Pendiente aguas abajo = 2.5H:1V	
Ancho mínimo de la corona de la cortina contenedora	m	36	
Instrumentación		1 pozo de monitoreo agua subterránea aguas arriba (mínimo) 1 pozo de monitoreo 1.5 x altura de la presa aguas abajo, perpendicular al flujo Piezómetros para medir nivel freático Sensores de movimiento	NOM-141-SEMARNAT-2003
Preparación del terreno	-	Desmonte y despalme en basamento para descubrir roca basal	NOM-141-SEMARNAT-2003
Método de disposición de colas de flotación	-	Descarga central de jales espesados	Adoptado
Sistema de recuperación de agua	-	Requerido, a través de sistemas de filtros y drenes en la cortina contenedora y en el vaso de almacenamiento	NOM-141-SEMARNAT-2003

Versión Pública

Condiciones del sitio. Se hizo una caracterización de detalle de las áreas específicas para el desplante de la cortina contenedora y del vaso de almacenamiento, en particular de las características geológicas, estructurales, edafológicas e hidráulicas. Los suelos en el área destinada a la presa de jales tienen en promedio, espesores menores de 0.5 m, con depósitos de suelo más gruesos en los cauces (intermitentes) que atraviesan el sitio. Se encontraron depósitos de material aluvial hasta 15 m de espesor en los cauces que se encuentra inmediatamente abajo del sitio de la presa de jales. Las investigaciones geofísicas indicaron que estos suelos aluviales se extienden a una profundidad promedio de 12 m, en un ancho que varía de 150 m a 300 m (Golder, 2021b).

Se han inferido dos estructuras geológicas principales (Falla El Perro y Falla El Perro Norte) y 10 estructuras menores en el área destinada a la presa de jales; así como dos estructuras principales fuera de la presa de jales. Todas las estructuras geológicas se interpretan con una inclinación relativamente pronunciada y ninguna de ellas corresponde a una estructura activa.

La topografía regional que rodea el sitio es característica del altiplano mexicano relativamente plana. La topografía en el AP consiste en un bajo relieve con lomeríos suaves. El sitio de la presa de jales está ubicado dentro de un amplio valle que drena hacia el oeste. Los cauces superficiales son efímeros con caudales intermitentes, con presencia ocasional de escorrentías después de eventos de lluvia solo durante los meses más húmedos. El punto más alto dentro del área es 2,194 msnm en el noreste, y la pendiente desciende a través del sitio a 2,140 msnm en el lado oeste de la presa, con pendientes de 2 a 3%.

Versión Pública

La conductividad hidráulica en el área de la presa de jales varía de $2E^{-6}$ a $4E^{-4}$ m/s (Golder, 2021b). La profundidad del nivel freático en el AP varía de 10 a 83 m, con una profundidad promedio de 21 m; mientras que la profundidad del nivel freático en el área de la presa de jales varía de 11 m al oeste, 15 m dentro del área de la presa de jales, hasta aproximadamente 23 m en el borde este, cerca del punto alto topográfico. La fluctuación estacional promedio de la profundidad del nivel freático es 0.2 a 10 m.

Con relación a la vulnerabilidad del acuífero La Blanca, dónde se ubica la presa de jales y de dónde se extraerá el agua de laboreo para la operación del Proyecto, se clasifica como un **acuífero no vulnerable** a la contaminación con base en el método presentado en el Anexo 2 de la NOM-141-SEMARNAT-2003, que define:

VAq = (G) (O) (D)

Donde

VAq = índice de vulnerabilidad del acuífero

G = confinamiento hidráulico del agua subterránea

O = granulometría y litología suprayacente

D = profundidad del agua subterránea

VAq = 0.216, calculado a partir de G = 0.6 (superficie de agua subterránea libre); O = 0.6 (rocas densas y consolidadas de formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas); D = 0.6 (profundidad mayor a 50 m[14]). Los acuíferos con valores de Vaq<0.25 se clasifican como no vulnerables según el Anexo 2 de la NOM-141-SEMARNAT-2003. En el **Anexo II.13** se presentan los reportes de los estudios de suelo, mecánica de suelo y rocas, geotecnia, de estabilidad y de manejo de agua, que soportan la caracterización del sitio para el diseño de la presa de jales.

Diseño y construcción de la cortina contenedora de jales. La construcción de la presa de jales ha sido concebida para permitir el uso de material estéril del descapote que se transportará directamente de la mina al área de la presa para la construcción de la cortina contenedora (**Cuadro II.14**). En el **Cuadro II.15** se presenta un resumen de las características constructivas y dimensiones durante el desarrollo de la presa de jales por fase constructiva de la cortina contenedora.

Versión Pública

Cuadro II.15 Características constructivas y dimensiones durante el desarrollo de la presa de jales (Golder, 2021b).

Fase de la cortina	Elevación de la cortina (msnm)	Superficie (a) (km^2)	Longitud acumulada del dren perimetral (m)	Longitud acumulada del dren interno (m)	Altura máxima de la cortina (m)
1	2,170	1.0	2,200	2,500	27
2	2,182	1.9	3,900	3,400	39
3	2,194	2.3	5,100	3,800	51
4	2,206	2.6	5,100	3,800	63
5	2,213	2.6	5,100	3,800	69

(a) La superficie incluye la cortina contenedora y el vaso de almacenamiento.

(b) Altura máxima de la cortina contenedora medida desde la línea central de la cresta de la cortina hasta el nivel del suelo.

(c) Longitud de la presa medida a lo largo de la línea central de la cresta de la cortina.

En la **Figura II.24** se muestra una gráfica que representa la elevación de la cresta de la cortina contenedora y las elevaciones del área de inundación y del depósito de jales en el vaso de almacenamiento, durante la vida operativa de la presa de jales. En esta gráfica se demuestra que el valor mínimo para el bordo libre de 2 m requerido por la NOM-141-SEMARNAT-2003 para la región húmeda, es cumplido por el diseño de la presa de jales.

[14] ACUERDO por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales subterráneas del acuífero La Blanca, clave 3228, en el Estado de Zacatecas, Región Hidrológico-Administrativa VII, Cuencas Centrales del Norte. **Diario Oficial de la Federación del 22 de febrero de 2019.**

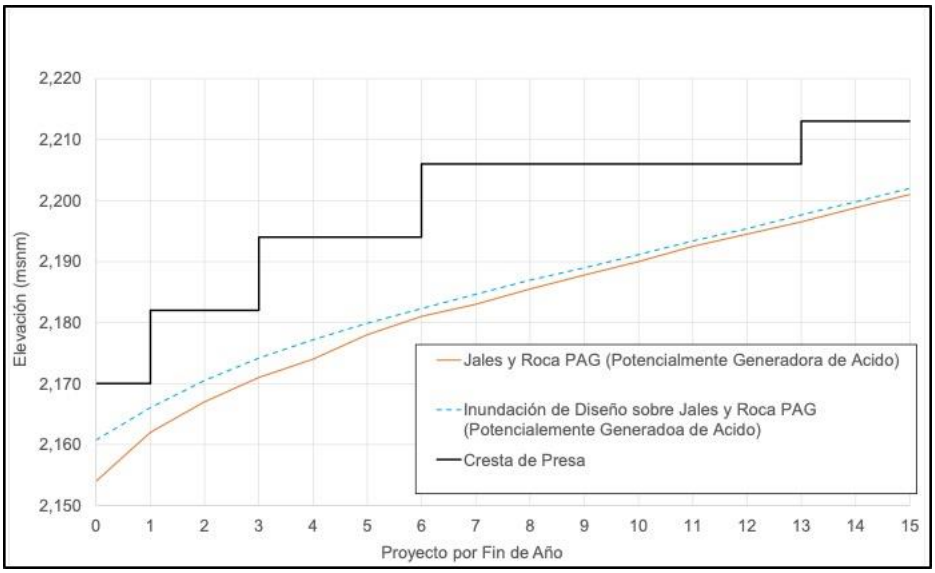


Figura II.24 Elevación del depósito de jales, del nivel de inundación en el vaso de almacenamiento y de la cresta de la cortina, durante el periodo de vida operativa de la presa de jales (la diferencia entre la elevación del nivel de inundación en el vaso de almacenamiento y de la cresta de la cortina contenedora, corresponde al bordo libre de diseño).

Versión Pública

La sección de la cortina se ilustra en la **Figura II.23**, donde se muestran los terraplenes exteriores del relleno de roca, las zonas de filtro y de transición, el sistema de drenes subterráneos y la zona compactada. Las consideraciones de diseño para la cortina contenedora incluyen:

- Relleno de roca para construcción, a partir de roca estéril no reactiva del tajo.
- Tepetate no generador de drenaje ácido.
- Alto valor de resistencia al corte para promover la estabilidad.
- Alto valor de conductividad hidráulica para permitir que el agua contenida en los jales se infiltre en el frente de la cortina aguas arriba, hacia la pileta de filtración ubicada aguas abajo de la presa, a través del sistema de drenes subterráneos.
- Bajo valor de entrada de aire para promover condiciones no saturadas, lo que limita el potencial de licuefacción debido a la carga sísmica y aumenta la estabilidad física.
- Pendiente de la cortina 2H:1V aguas arriba y 2.5H:1V aguas abajo, para asegurar la estabilidad física. Ancho mínimo de cresta de 36 m.

Las consideraciones de diseño para el filtro y las zonas de transición incluyen (**Figura II.22**):

- Zona de filtrado con material triturado y cribado mínima de 1.5 m de ancho y zona de transición de mínimo 3 m de ancho.

- La clasificación del tamaño está diseñada para que los filtros sean compatibles con la retención de los sólidos de los jales.
- Construcción con materiales granulares no generadores de ácido y no reactivos para limitar la obstrucción por precipitados químicos que pueden formarse por reacción con el agua de contacto.
- Ubicación cerca de la línea central de la cresta de la Fase constructiva 5 seleccionada para permitir que el tráfico pase a ambos lados, en lugar de sobre las zonas de filtro y transición. Las zonas de filtrado y transición estarán protegidas por bermas o coberturas temporales. La orientación vertical también reduce los efectos del asentamiento en los filtros.

Las consideraciones de diseño para el sistema del dren inferior incluyen (**Figura II.22**):

- Construcción con materiales granulares no generadores de ácido y no reactivos para limitar la obstrucción por precipitados químicos que pueden formarse por reacción con el agua de contacto.
- Dimensionado para transmitir la avenida de diseño con un factor de seguridad (FoS) en el flujo para permitir obstrucciones, compresión, trituración de partículas y degradación.
- Cubierta de geotextil en drenes inferiores y pileta para conducir y retener flujos.
- La cubierta geotextil se ubicará a lo largo de drenes naturales para evitar la acumulación de presiones de agua de poro excesivas dentro de la presa, y para mantener condiciones insaturadas para promover la estabilidad física.
- Dimensiones internas del dren subterráneo seleccionadas para permitir la construcción empleando equipo minero, con un ancho de 44 m y una altura de 2 m.
- Dren perimetral situado aguas abajo del filtro y transición en el tramo de la presa con un ancho de 10 m y una altura de 3 m.

Las consideraciones de diseño para las bermas internas incluyen (**Figura II.22**):

- Construcción con roca estéril no generadora de ácido, procedente del tajo.
- División de la presa de jales en cuatro celdas para permitir la secuenciación del depósito de los jales para:
    - Reducir la generación de polvo desde el vaso de almacenamiento.
    - Promover el secado y compactación de los jales.
- La ubicación y el ancho de 50 m permiten el acceso al vaso de almacenamiento, para su construcción, operación y mantenimiento, y proporciona una plataforma para el sistema de distribución de los jales.

Versión Pública

El diseño de la pileta de infiltración del agua recuperada de la presa incluye:

- Construcción por excavación y colocación de un terraplén alrededor del perímetro para permitir la construcción de corte y relleno.
- Ubicación y elevación seleccionadas para permitir la captura de filtraciones del sistema de drenaje por gravedad. Geometría de 10 m de profundidad, 2H:1V aguas arriba y 2.5H:1V geometría de pendiente aguas abajo seleccionada para:
    - Reducir la superficie del estanque y las pérdidas por evaporación.
    - Promover la estabilidad física.
    - Facilitar la colocación de la membrana geotextil.
- Capacidad de almacenamiento seleccionada para almacenar un mínimo de 5 días de flujo de la presa de jales, en funcionamiento normal.
- Condiciones con 1 m de bordo libre.
- Suelo de espesor mínimo de 0.2 m/lecho de revestimiento de grano fino.
- Revestimiento de geomembrana de HDPE de 1.5 mm (texturizado en ambos lados para la seguridad del trabajador) para reducir las pérdidas por filtración.

Versión Pública

II.2.2.2.6 Equipos y vehículos para construcción

Los equipos de construcción serán proporcionados por las empresas contratistas. Para las obras civiles se utilizará equipo pesado para el movimiento de tierras, que consiste en:

- Excavadoras de orugas (con capacidad de martillo de roca si es necesario);
- Camiones de volteo o de acarreo que pueden variar en tamaño de 20 toneladas a 150 toneladas de capacidad, según la aplicación y/o la cantidad total, necesaria;
- Retroexcavadoras;
- Camiones cisterna para suministro de agua;
- Cargadores frontales pesados con ruedas;
- Compactadores de rodillos/patas de cabra;
- Motoniveladoras; y
- Tractores-raspadores de ruedas (dependiendo de la aplicación y disponibilidad para los contratistas locales).

Para áreas estrechas donde los equipos grandes no pueden maniobrar o no son prácticos, los contratistas podrían requerir el uso de miniexcavadoras y minicargadoras.

Para otros trabajos en el área de proceso, se necesitarán equipos de elevación (grúas). Esto estará respaldado por montacargas de varios tamaños (alcance extendido y estilo de almacén) que pueden ser proporcionados por el contratista y grúas ligeras/pesadas. El Proyecto establecerá un almacén en el sitio y un patio de maniobras que requerirá camiones de plataforma y remolques de tractor para permitir el transporte de materiales y equipos a los lugares de trabajo.

Además del equipo pesado mencionado anteriormente, habrá una necesidad general de equipo ligero como camionetas, furgonetas, autobuses, remolques ligeros y otros equipos diversos.

II.2.3 Operación y Mantenimiento

II.2.3.1 Desagüe del área de minado superficial

Versión Pública

El plan es utilizar pozos de extracción durante 18 años de vida útil de la mina para desaguar el área de minado superficial (que incluye la etapa de preparación del sitio para el descapote y la etapa de operación para el minado), lo que además de cumplir con un requerimiento operacional de mantener áreas de trabajo libres de agua para la seguridad del personal y de la maquinaria durante la operación de la mina, abastecerá los requerimientos de agua de la planta de proceso a través del agua de laboreo, la cual será debidamente monitoreada y documentada a través de un sistema de telemetría, de acuerdo con la normatividad aplicable. Los pozos van a ser equipados con bombas estándar de turbina sumergible con capacidad de 5 m^3/h a 80 m^3/h. La operación inicial que comenzará desde la etapa de preparación del sitio en el año 1 y continuará en la etapa de operación hasta el año 18, utilizando una batería de pozos que se mantendrán en operación, incluido el pozo de agua que ya opera para la etapa de construcción (FloSolutions, 2021).

Conforme el área de la mina superficial crezca y se profundice, se requerirán nuevos pozos y bombas, y a medida que esto suceda, los pozos serán cerrados. Las bombas de los pozos cerrados serán reutilizadas en los nuevos pozos en función de la capacidad de bombeo requerida. Se instalarán bombas de refuerzo a medida que el tajo se haga más profundo y la presión del cabezal del pozo sea insuficiente para llegar al destino asignado. Las bombas de refuerzo en el tajo se montarán sobre patines para que se puedan mover a diferentes ubicaciones, según sea necesario durante la vida útil de la mina.

Se perforarán drenes pasivos verticales al comienzo del año 2, utilizando métodos de perforación RC (perforación de circulación inversa) y de diamante (núcleos), junto con los pozos de desagüe necesarios para complementar el SN18W-109, el único pozo de desagüe de tajo existente

(**Figura II.10**). Los pozos de desagüe se perforarán con inversión de agua inundada o rotatoria de aire directo con un sistema de avance de revestimiento (por ejemplo, rotativo doble u ODEX). Se podría alcanzar la despresurización activa de las paredes del tajo mediante la instalación de pozos de bombeo verticales suplementarios alrededor de los bordes del tajo donde se requiera un drenaje/despresurización sustancial, como en el sector NE del tajo. El sistema de desaguado del área de la mina, operará bajo las siguientes condiciones:

- El sistema debe operarse de manera que mantenga las condiciones de drenaje total dentro del tajo y las paredes del tajo drenadas en la medida requerida por el diseño de la mina;
- La pared del tajo noreste, ubicada entre el tajo abierto y la presa de jales, requerirá el drenaje a una distancia horizontal de 140 m más allá de la cara final del tajo. Se deberán utilizar drenes horizontales para la despresurización en esta área;
- El desaguado deberá iniciarse con suficiente tiempo para desaguar las unidades sobreyacientes (TCG, TUF, XLTUF, MVS) en la medida de lo posible, antes del inicio del minado;
- El agua superficial debe desviarse del tajo y el drenaje dentro del tajo se evacuará de manera rápida sin una infiltración excesiva en las paredes del pozo;
- Se dará accesibilidad a los pozos de desaguado, preferentemente fuera de las zonas de minado activo, incluso fuera de los bancos en servicio, ni cerca de las rampas en el tajo, para minimizar la interferencia con las actividades mineras;
- Deberá asegurarse que, en todo momento, el nivel freático esté al menos dos bancos (30 m) por debajo del nivel operativo más bajo del tajo, cuidando en todo momento conservar los recursos hídricos;
- Se usarán drenes verticales pasivos, a ser instalados dentro de pozos abiertos de recursos o geotécnicos que cruzan cuerpos de mineral permeables, unidades de hialoclastita o fallas en profundidad, para ayudar en el drenaje de sobrecargas y taludes del tajo;
- El drenaje de los sectores de las paredes del pozo cuyo factor de seguridad es sensible a la presión intersticial del agua subterránea puede aumentarse con la perforación de drenes subhorizontales.

La profundidad de los pozos de desaguado será similar desde el año 7 hasta el año 12, por lo que los flujos del desaguado deberán estabilizarse y reducirse gradualmente durante este periodo. Al final del año 12, se requerirán pozos adicionales para continuar con el desaguado del tajo antes que este alcance una mayor profundidad hacia el final de la vida útil de la mina.

Versión Pública

II.2.3.2 Operación del minado superficial

La mina San Nicolás ha sido diseñada como una operación minera superficial convencional de camión y pala. La operación a cielo abierto requerirá 2 años de descapote[15] previo, para exponer al mineral beneficiable, durante los cuales se extraerán aproximadamente 113 millones de toneladas de tepetate[16]. Si bien en el cronograma del **Cuadro II.8**, se indica que esta actividad se desarrollará del año 1 al año 3 del Proyecto, esto es porque la actividad propiamente de descapote iniciará durante el año 1 una vez que se hayan ejecutado las acciones de rescate de flora y fauna silvestres, así como el desmonte y despalme del área de minado; por lo que concluirá 48 meses posteriores, durante el año 3 del Proyecto.

La operación de minado en el tajo se llevará a cabo durante 16 años, y el procesamiento del mineral comenzará en el año 3. El plan de minado[17] tiene una relación de descapote decreciente a lo largo de la vida de la mina; la tasa máxima inicial de minado es de 75 Mtmpa (Millones de toneladas métricas por año) e irá disminuyendo a partir de los primeros 4 años (**Cuadro II.16**). El plan de minado se basa en una alimentación constante al molino sin el requisito de almacenamiento de mineral. La tasa promedio de beneficio durante la vida útil de la mina se estima en aproximadamente 20,000 tmpd.

Durante los primeros cinco años de la vida útil de la mina de 16 años, la tasa de producción anual promedio será de aproximadamente 73.2 millones de toneladas; esto incluye 18 meses de descapote previo para llegar a la zona de mineralización. Durante la vida útil de la operación, se triturarán 107.3 millones de toneladas de mineral y se producirán 639.5 millones de toneladas de mineral estéril (tepetate). Se estima una relación promedio de extracción tepetate: mineral de 5.96:1.

Versión Pública

[15] **Descapote:** Material estéril que cubre una estructura mineralizada y que para su minado a cielo abierto se tiene que desalojar (NOM-157-SEMARNAT-2009).

[16] **Tepetate:** Residuos conformados por apilamiento de material mineral, sin valor económico. Incluye al descapote (NOM-157-SEMARNAT-2009).

[17] **Minado:** Conjunto de obras realizadas para iniciar la extracción del mineral con valor económico del yacimiento. Pueden ser actividades de minado a cielo abierto y subterráneas.

Cuadro II.16 Programa anual de minado y de producción de concentrados de cobre y de zinc durante el ciclo de vida del Proyecto.

Años del Cronograma MIA-R		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Total Minado (Mt)	**746.8**	75.23	75.22	75.23	75.23	65.00	65.00	65.00	40.00	40.00	40.00	40.00	26.99	16.74	18.49	20.24	8.39
Mineral alimentado a Planta Beneficio (Mt)	**107.3**	-	1.90	7.93	8.29	7.43	7.61	7.71	7.85	7.65	7.33	7.53	7.51	7.18	7.13	7.16	7.07
Roca estéril (tepetate): Total (Mt)	**639.5**	**75.23**	**73.32**	**67.29**	**66.93**	**57.57**	**57.40**	**57.29**	**32.15**	**32.35**	**32.67**	**32.47**	**19.49**	**9.56**	**11.36**	**13.08**	**1.32**
Concentrados:																	
Conc. Cu (kt)	**3,951.3**	-	98.43	284.33	221.04	199.69	270.33	386.24	296.42	208.52	182.46	285.89	285.36	286.63	297.41	314.69	333.81
Conc. Zn (kt)	**2,548.2**	-	153.34	413.23	420.42	258.54	189.83	152.42	254.65	195.14	196.46	112.26	65.74	27.96	23.41	40.86	43.92
Total Concentrado producido (Kt)	**6,499.4**	**-**	**251.77**	**697.56**	**641.46**	**458.23**	**460.16**	**538.66**	**551.07**	**403.66**	**378.92**	**398.15**	**351.09**	**314.59**	**320.82**	**355.54**	**377.73**

Mt = millones de toneladas.

kt = miles de toneladas.

Versión Pública

La mina San Nicolás será una operación electrificada, esto es, con el uso de equipos eléctricos, reduciendo así el consumo de diésel. La flota minera estará compuesta por una combinación de palas frontales electrohidráulicas: las unidades de carga de roca estéril serán dos palas frontales electrohidráulicas con cucharones de 27 m^3; mientras que, para la carga de mineral, el equipo principal serán dos cargadoras de ruedas con cucharones de 22 m^3.

Estas unidades se han seleccionado en función de su capacidad para cavar bancos de 15 m, así como por su movilidad. El mineral y el material estéril serán transportados mediante una flota de camiones de acarreo de 220 toneladas.

Para el diseño del tajo, se utilizó el modelo de bloque, cuyas dimensiones son 15 m x 15 m x 7.5 m en las direcciones X, Y y Z, respectivamente. Una altura del bloque de 7.5 m se utilizará específicamente en áreas de minado selectivo. La altura de bloque de 7.5 m se convierte fácilmente en una altura de banco de 15 m, que se encuentra dentro de los límites operativos seguros para las grandes palas hidráulicas o eléctricas.

Versión Pública

El minado se desarrollará en bancos de 15 m x 1.5 m. Los patrones de perforación variarán de 5.5 m x 5.5 m hasta 6.5 m x 6.5 m en mineral y de 6.1 m x 6.1 m a 7.2 m x 7.2 m en roca estéril. Para la perforación de producción se utilizarán perforadoras eléctricas de barreno. Estos taladros son capaces de perforar barrenos de 311 mm a una profundidad de 18 m. Se requerirán tres (3) perforadoras de producción para producir las tasas de extracción requeridas con una disponibilidad operativa efectiva del 72%. Las tasas de productividad de las perforadoras diferenciarán entre el tepetate y el mineral, las tasas de penetración de la perforación se estimaron utilizando la estimación lineal de Bauer. En el mineral, la tasa de penetración se estima en 23 m/hora y la tasa de penetración del tepetate en 27.7 m/hora.

Perforación de paredes altas. Para lograr una pared final estable, se implementarán voladuras controladas. Se utilizarán preferentemente perforadoras de barreno rotativas. Estos taladros son capaces de perforar orificios de 165 mm a una profundidad de 45 m. Estas perforadoras también se utilizarán durante las operaciones de la mina para complementar las perforaciones de producción, según sea necesario. Los pozos para la carga de explosivos para las actividades de voladura se perforarán con un espaciamiento de 2 m hasta una profundidad de 30 m en zonas de banco doble y 15 m en zonas de banco simple.

Explosivos y voladuras. El personal de la mina realizará voladuras en un horario rotativo durante los siete días a la semana. La carga de los barrenos se realizará en el turno de día y se prevé que las voladuras ocurran exclusivamente en horario diurno.

Factor de uso de explosivos. Los factores de uso de explosivos para la voladura difieren para el mineral y para el tepetate. Para reducir los costos de trituración, se eligió un factor de uso de explosivos mayor para el mineral. Con un patrón de perforación para mineral de 6.5 m x 6.5 m de carga y espaciado con un diámetro de barreno de 311 mm, el factor de uso de explosivos para el mineral se estima en 0.47 kg/tonelada de material. Las explosiones de mineral tienen como objetivo una fragmentación del 40% pasando 100 mm; este es el requisito para que la trituradora primaria alcance su objetivo de rendimiento. El factor de uso de explosivos para el tepetate, con una carga de 7.2 m x 7.2 m, y un espaciado con un diámetro de barreno de 311 mm, se estima en 0.36 kg/tonelada.

Explosivos. Los explosivos para el uso en la mina se prepararán y almacenarán en sitio en las áreas de polvorín, conforme a los lineamientos establecidos por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA). La planta de explosivos preparará el explosivo a granel ANFO/emulsión para las voladuras. Un encargado de explosivos almacenará los accesorios de detonación, como cuerda de detonación, propulsores y detonadores. En la planta de elaboración de explosivos, los explosivos a granel se cargarán en camiones mezcladores móviles para su entrega a la mina. Los camiones de explosivos a granel bombearán las cantidades necesarias de explosivo a los barrenos de voladura bajo la supervisión del equipo de voladuras. Una vez que los barrenos estén correctamente cargados, se cubrirán con roca triturada. El diseño que se utilizará limitará la energía explosiva, reducirá las rocas voladoras y la emisión de ruido. Los accesorios de voladura serán transportados a la mina por el equipo de voladuras de manera separada de los explosivos a granel para su carga. Los propulsores y detonadores se colocarán en los barrenos antes de llenarlos con el explosivo a granel. Esto asegura que el amplificador y las tapas estén ubicadas a la altura correcta en la columna de explosivos.

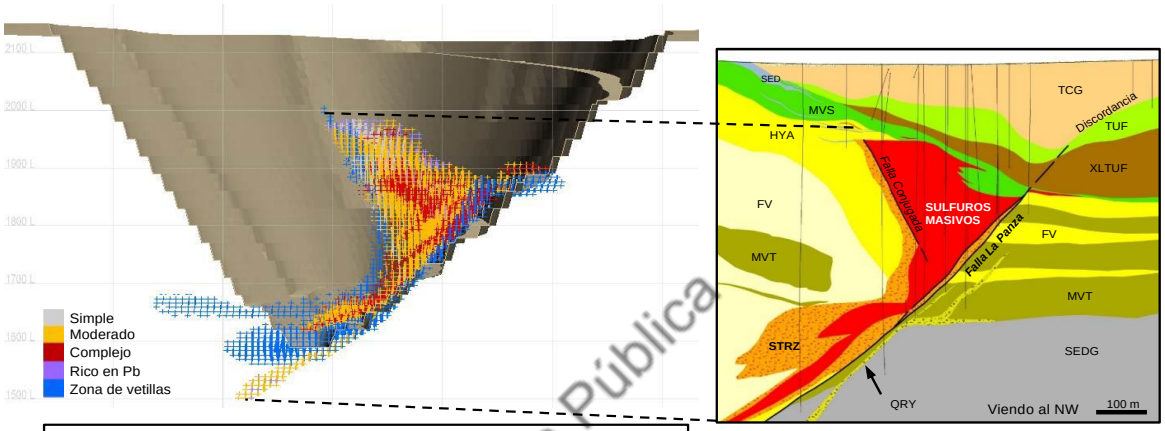
Versión Pública

Operaciones de voladura. El equipo de voladuras trabajará en un horario rotativo de 7 días a la semana. Las operaciones de voladura ocurrirán en el turno de día. El equipo de voladura será responsable de asegurar el patrón de voladura, de que los barrenos para voladuras se perforarán a la profundidad correcta, prepararán los barrenos para voladuras con propulsores y detonadores, y se asegurarán de que los barrenos para voladuras se carguen con la masa correcta de explosivos a granel. Una vez que los barrenos estén correctamente preparados y cargados, la cuadrilla de voladuras taponará los barrenos y atará el patrón de voladura para la detonación. Cuando el patrón esté listo para la voladura, el equipo de voladura será responsable del inicio y desarrollo seguro de la voladura. Después de que se haya disparado la explosión, el equipo de detonación inspeccionará la zona de la explosión para asegurarse de que haya detonado correctamente. Una vez que la mina se considera segura, se pueden reanudar las operaciones mineras.

Desaguado del tajo. El sistema de desaguado de la mina, estará compuesto por cárcamos temporales al inicio de cada banco. Se colocarán bombas de gran capacidad en cada cárcamo para extraer el agua de la mina. Las tuberías de desagüe se colocarán junto al camino de acarreo y tendrán bombas de refuerzo colocadas a lo largo de la tubería para ayudar en el desaguado. El agua que será

bombeada desde la mina (agua de laboreo), se enviará al sistema de manejo de agua junto con el agua de contacto para su empleo en el proceso. Además, en caso de existir excedencias de agua de laboreo, estas serán enviadas al sistema de descarga de agua de laboreo de no contacto.

Distribución del mineral. Los estudios realizados demostraron que el depósito mineral es complejo. Consta de cinco unidades geometalúrgicas: sulfuros masivos que se dividen en unidades simples, moderadas, complejas, altas en Pb y las zona diseminadas en vetillas (*stringer*). La **Figura II.25** muestra una sección transversal del yacimiento, mostrando su naturaleza irregular.



UNIDADES GEOLOGICAS

CODIGO	DESCRIPCION
TCG	Volcaniclásticos Terciarios, brecha, arenisca, conglomerado
TUF	Flujos máficos, grauvacas, areniscas y tobas
XLTUF	Flujos máficos y brechas de flujo, con piroxeno y anfíbol euhédral
MVS	Secuencia del alto, rocas volcánicas máficas con intercalaciones de sedimentos (SED)
HYA	Hialoclastita, rocas volcánicas félsicas
STRZ	Zona de vetillas de sulfuros
FV	Rocas volcánicas félsicas, flujos masivos, diques
QRY	Diques de pórfido riolítico
MV/MVT	Secuencia del bajo, rocas volcánicas máficas, flujos, diques, sills y sedimentos intercalados
SEDG	Lutitas negras grafíticas

Versión Pública

Figura II.25 Sección transversal del tajo mostrando la distribución de las unidades geometalúrgicas que constituyen el mineral beneficiable.

La distribución espacial de los elementos beneficiables no es homogénea, en particular para el zinc y el cobre, con grados muy altos de zinc en la parte superior del depósito y para cobre distribuido de manera más uniforme en la parte inferior del depósito mineralizado, lo que producirá corrientes de concentrado de composición variable a lo largo del tiempo.

Diseño geotécnico. Desde la perspectiva de la mecánica de rocas, se observaron grandes variaciones en la dureza de los tipos de rocas. La variabilidad ocurre en rocas tipo toba y brechas y dentro de rocas volcánicas máficas y félsicas. El Proyecto contrató los servicios de *Piteau Associates* (Piteau) como consultor geotécnico principal para el diseño de la mina. Piteau (2022) desarrolló parámetros recomendados de diseño de taludes geotécnicos. El informe de este estudio se presenta en el **Anexo II.11**. Con base en este análisis, incluyendo el Factor de Seguridad como parámetro de

referencia y control, se desarrollaron nueve (9) sectores de diseño dentro de la mina. Estos sectores se muestran en la **Cuadro II.17.** Para ciertos sectores, se establecieron dos valores para los ángulos de pendiente. La elección del valor será determinada por la configuración de banco seleccionado para esa sección específica, ya sea un banco simple de 15 m o un diseño de banco doble. Los criterios de diseño de los taludes de la mina y el factor de seguridad se validaron con los análisis de estabilidad geotécnica desarrollados.

Con el fin de minimizar la perturbación del macizo rocoso y las discontinuidades estructurales, se proporcionaron recomendaciones para la voladura, así como mejoras en las medidas de despresurización. Con estas recomendaciones, se maximizan los ángulos de las caras del banco y, al mismo tiempo, se proporciona una estabilidad adecuada en la pared NE de la mina. El **Cuadro II.17** proporciona un resumen de los ángulos recomendados entre rampas y el ángulo de pendiente general máximo por sector de diseño (**Anexo II.11**).

Además, en este Proyecto el concepto de Máximo Terremoto Creíble (MCE) se incorporó también en el diseño del tajo para asegurar la estabilidad de los bancos durante la operación del minado superficial y al cierre del Proyecto.

Versión Pública

Características de los bancos en el tajo. Se tendrán alturas de banco de hasta 7.5 m para soportar el minado selectivo. Esta altura del banco, a su vez, podrá soportar la extracción de bancos de 15 m para el retiro de mineral estéril, lo que dará como resultado una mayor eficiencia en el minado. El tajo fue diseñado con un ángulo de talud en el banco de 75°, los anchos de la berma de seguridad varían de 8.0 a 18.1 m, dependiendo del tipo de roca y la orientación de la pared. Las bermas de seguridad estarán separadas verticalmente por 30 m, con una altura máxima del banco de 15 m.

Infraestructura del tajo. La infraestructura de la mina consistirá en un camino de acceso al tajo, una trituradora primaria situada cerca del tajo, la tepetatera para la disposición final del mineral estéril y un almacén de mineral para alimentar a la trituradora.

Cuadro II.17 Diseño inicial entre rampas y taludes generales para el tajo del Proyecto San Nicolás.

Sector de Diseño[2]	Área del Tajo [Sección]	Litología (Dominio Estructural)	Dirección de Manteo (°)	Control Principal de Diseño	Diseño de Banco[2]				Diseño Interrampa / Global[2]				Profundidad Horizontal Requerida de Despresurización (m)	*Consideraciones Especiales de Diseño*
					Altura de Banco (m)	Ancho de Berma de Diseño (m)	Ángulo Esperado de Quiebre[4] (°)	Ángulo Cara de Banco[5] (°)	Ángulo Interrampa (°)	Altura Interrampa Documentada[6] (m)	Altura Interrampa Máxima Recomendada[7] (m)	Ancho de Rampa (desacople)[7] (m)		
-	Todas	Alluvium / Overburden	000 - 360	Estabilidad de Suelos	15	12.2	-	65	38	30	30	35	n/a (se asume seco)	*Agua superficial controlada con canales y sumideros adecuados*
I	Todas	TCG	000 - 360	Estabilidad de Macizo Rocoso Débil	15	7.4	58 - 63	63	45	165	165	35		*Agua superficial controlada con canales y sumideros adecuados*
					30	10.8	64 - 66		49					
II	Noreste [NE1, NE2]	TUF, MV, FV, MS (D)	190 - 250	Cinemática de Bancos; Anisotropía de Diaclasas; Agua Subterránea	15	11.5	63	75	44	270	180-195	35	70 - 140	*Despresurización mejorada podría ser requerida para la pared noreste[8]; se podría necesitar bajar el IRA si es que la falla La Panza Footwall Splay está presente*
					30	16.3	69		51					
III	Sureste [E1, SE1]	TUF, MV, FV, MS (B, D)	250 - 010	Cinemática de Bancos	15	11.0	61 - 64	75	45	270	250	35	-	
					30	13.8	69		54					
IV	Sureste	TUF, MV, FV, MS (C)	310 - 330	Cinemática Interrampa	15	10.5	69	75	46	180	150	35 (15)	-	*Desacople de 15 m requerido para limitar la altura interrampa a 150 m*
					30	20.9	72		46					
V	Sur [S1']	MV, FV, MS (A)	315 - 015	Anisotropía de Fallas	15	11.5	63	75	44	195	150	35 (15)	-	*Desacople de 15 m requerido en el nivel 1860 para limitar la altura interrampa a 150 m*
					30	19.0	69		48					
VI	Suroeste [SW1]	MV, FV (A)	015 - 050	Cinemática de Bancos	15	11.5	62 - 63	75	44	180	250	35	-	
					30	14.6	68 - 69		53					
VII	Oeste [SW2]	MV, FV (A)	050 - 130	Cinemática de Bancos	15	12.1	61 - 65	75	43	165	250	35	-	
					30	14.6	67 - 70		53					
VIII	Noroeste [SW1, SW2, NW1, NW2', N1]	MV, FV (B)	010 - 210	Cinemática de Bancos	15	10.5	65 - 66	75	46	210	250	35	-	
					30	13.0	70		55					
IX	Norte [N1]	TUF (D)	130 - 190	Cinemática de Bancos	15	11.0	64	75	45	210	250	35	-	
					30	13.8	69		54					

\\Nv-fps1.piteau.local\project\Project\3918\open pit\Excel\[PFS Designs_Rev5 Scenario 4 update Rev1.xlsx]Tabla V Informe

Versión Pública

Notas:
1. Diseño recomendado para el Plan Minero Marzo 2020 Escenario 4 de San Nicolás basado en el plan sn_scenario_4_lom_pit.dxf entregado por Teck en 24 de junio de 2020 (Figuras 3 y 22).
2. Los Sectores de Diseño están ilustrados en la Figura 22.
3. Asumiendo las mejoras prácticas de voladura controlada (*ple-split* a 75°) para minimizar la perturbación del macizo rocoso y la pérdida potencial de la cohesión en las discontinuidades estructurales.
4. Ángulos esperados de quiebre están estimados en base al análisis de frecuencia acumulada al 30% de todas las combinaciones cinemáticamente posibles de deslizamientos planares y cuñas definidas en base a la base de datos estructural del levantamiento televiewer de los son respectivamente, el sobrequiebre fue limitado a los 7.5 m superiores del banco.
5. Con la excepción de alluvium/overdurben y TCG que incorporan un ángulo cara de banco (BFA) de diseño de 63 a 65°, un BFA de diseño de 75° es asumido para todos los bancos excavados en roca competente basado en el 30% de la frecuencia acumulada del análisis cinemático quiebre para así permitir la optimización del diseño de bancos con medidas de voladura controlada.
6. Alturas interrampa documentadas representan las alturas máximas medidas en el plan minero Escenario 4 de San Nicolás entregado por Teck.
7. Alturas interrampa máximas mostradas en negrillas están definidas por la cinemática interrampa y/o estabilidad del macizo rocoso (ver las áreas en gris en la Figura 15). IRHs máximas de 250 m (valores no en negrillas) son recomendados para taludes que incorporan rampas incorporar bermas geotécnicas o desacoples en el plan minero para proveer de mayor flexibilidad operacional si es que ocurre una inestabilidad, y ayudar a controlar la acumulación de caída de rocas asociada con el minado de bancos superiores. Un ancho mínimo práctico de desacople de 15 m debería ser considerado además del ancho de berma de diseño.
8. Si la falla La Panza es minada completamente en la pared noreste, como ha sido recomendado, esto afecvtaría de manera positiva el drenaje pasivo de la pared noreste, produciendo un nivel freático deprimido y se requeriría un menor esfuerzo de despresurización para al
9. Esta tabla es parte integral de nuestro informe con fecha de 6 de marzo de 2021 (archivo: SZM001A3-80-9530-RPT-4007.pdf), y debe ser leida e interpretada en el contexto de dicho documento. Ha sido preparada para el uso exclusivo de Teck Resources Limited y Minas San N

Los camiones de acarreo de mineral que salgan de la mina tendrán tres destinos posibles: [i] la trituradora primaria para el mineral beneficiable; [ii] la tepetatera para el depósito final de la roca estéril; y [iii] enrocamientos para los terraplenes de la presa de jales (aproximadamente 35.9 Mm^3). Las rutas de los camiones se han diseñado para mantener al mínimo la interacción entre los vehículos ligeros y los grandes equipos de minería. Además, la mina estará equipada con un suministro eléctrico de alimentación en anillo para proveer energía a las palas eléctricas y taladros.

II.2.3.3 Operación de la tepetatera

La disposición del tepetate o roca estéril se hará transportando el tepetate desde la mina empleando camiones hacia el sitio de disposición final denominado tepetatera (identificado como RSF, por sus siglas en inglés de instalación de almacén de roca), la cual tendrá la capacidad de almacenar aproximadamente 639.5 millones de toneladas métricas de roca estéril. La relación promedio de extracción tepetate:mineral, es de 5.96:1, pero debido a la profundidad del mineral debajo de la superficie y la forma irregular del yacimiento, la extracción de roca estéril es relativamente mayor durante los primeros años de vida útil de la mina. La relación de descapote para los primeros 5 años de producción real se proyecta en 9.7:1, con un requerimiento previo al descapote de 113 millones de toneladas. Por lo tanto, el Proyecto requiere del desarrollo de la tepetatera con una capacidad de aproximadamente 360 millones de m^3. En el **Cuadro II.16** se reporta la producción anual de roca estéril (tepetate) que se minará en el tajo y enviado a disposición final en la tepetatera.

Versión Pública

Se utilizará la mayor longitud posible de la cresta para minimizar el crecimiento de la cresta y maximizar el tiempo disponible para la consolidación del tepetate y de su cimentación. La altura de cada banco para alcanzar la pendiente del ángulo de reposo en los bancos individuales es de 30 m. El diseño de la tepetatera fue realizado por *Piteau Associates* con base a las características geotécnicas de la roca estéril. El informe que detalla el diseño de la tepetatera, incluyendo su estudio geotécnico y de estabilidad mecánica, se encuentra en el **Anexo II.12**. Basado en el análisis geotécnico, la tepetatera se diseñó con los siguientes criterios:

- Bancos en ángulo de reposo de 30 m de altura nominal, hasta una altura máxima de 120 m, en la elevación de la cresta de 2,255 msnm.
- Ángulo de pendiente general de 2H:1V, aproximadamente 26 grados.
- Bancos de recepción de 20 m de ancho después de cada levantamiento.

La pendiente general entre bancos se ha diseñado para ser de 26° (aproximadamente 2H:1V); sin embargo, la pendiente entre bancos podría reducirse a más de 18° (aproximadamente 3H:1V), aunque esto requiere aun una evaluación adicional. Los resultados de los análisis de estabilidad indican que la geometría de la tepetatera propuesta tiene una estabilidad adecuada para cumplir o superar los

criterios técnicos requeridos. La **Figura II.26** muestra el diseño en planta de la tepetatera durante la vida útil de la mina, mientras que la **Figura II.27** presenta una sección representativa de este diseño. En el **Anexo II.8** se entrega un plano georreferenciado del diseño constructivo de la tepetatera.

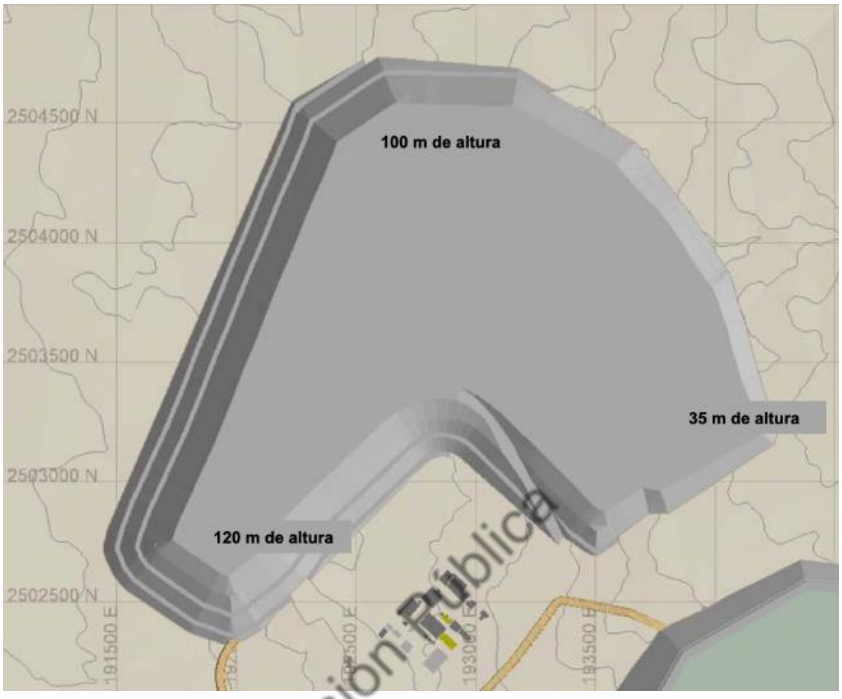


Figura II.26 Representación esquemática en planta de la tepetatera propuesta para el Proyecto.

Versión Pública

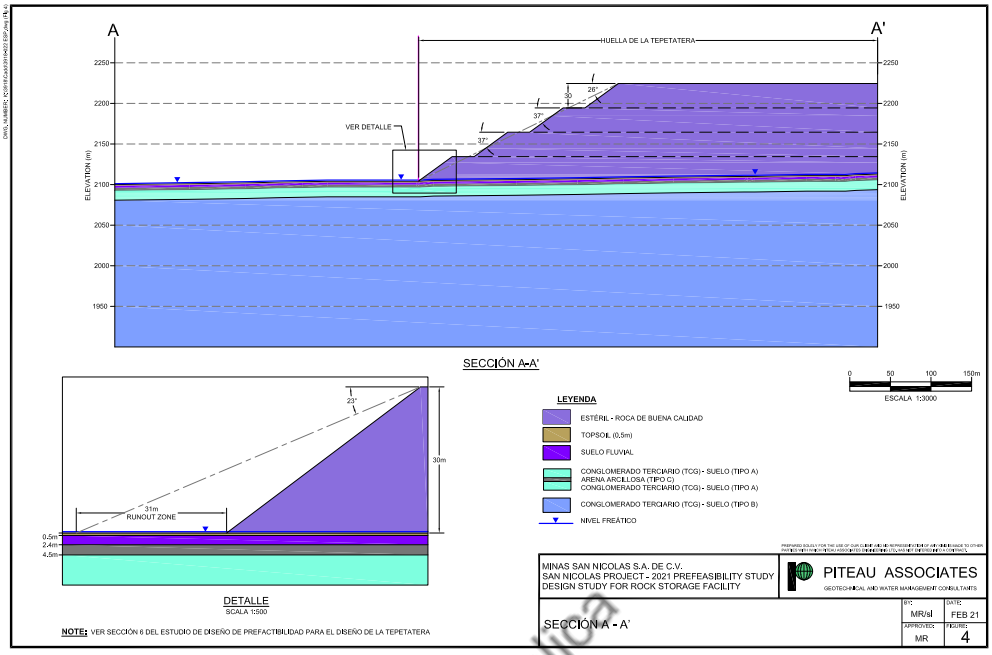


Figura II.27 Sección A - A' representativa de la tepetatera.

Versión Pública

Se tomarán medidas para controlar la escorrentía y el drenaje del agua pluvial; las plataformas estarán niveladas con una pendiente no menor al 2%. La escorrentía será colectada en zanjas y será transportada desde las plataformas hacia áreas donde no contribuirá a la erosión, para ser canalizada a la pileta de recuperación de agua de contacto. Se realizarán inspecciones visuales continuas y periódicas en todas las plataformas y taludes para identificar grietas, protuberancias, u otros signos de inestabilidad. Un ingeniero geotécnico calificado realizará inspecciones periódicas de la tepetatera durante el desarrollo de los bancos.

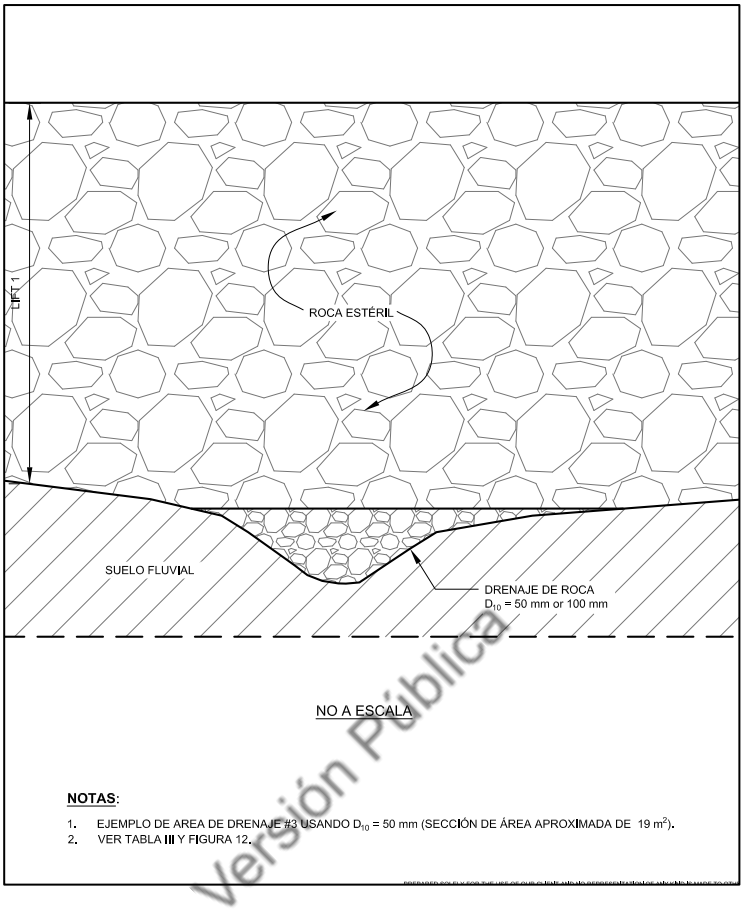
Análisis de Estabilidad. Los análisis de estabilidad se llevaron a cabo sobre la base de un modelo bidimensional (2D), de equilibrio límite, de tensión efectiva. Además de los análisis de estabilidad estática, se completaron análisis de estabilidad pseudoestáticos para ayudar a evaluar el impacto potencial de los terremotos en la estabilidad. Los análisis se llevaron a cabo en seis secciones geotécnicas desarrolladas a lo largo de alineaciones que se considera que representan la combinación del peor de los escenarios de cimentación, geometría de la tepetatera y proximidad a la infraestructura del Proyecto. Las características de resistencia al corte de los suelos subyacentes a la tepetatera se estimaron con base en pruebas de laboratorio completadas con muestras de los programas de perforación y prueba en campo. Debido a la naturaleza de drenaje libre en los materiales que constituirán la tepetatera, el desarrollo de superficies freáticas dentro de este depósito de residuos mineros se considera poco probable. En consecuencia, los análisis han asumido que los materiales de

cimentación solo podrían saturarse hasta el nivel del suelo. El factor mínimo de seguridad (FoS) para la instalación de roca estéril en condiciones estáticas se calculó entre 1.30 y 1.95, con un valor pseudoestático entre 1.23 y 1.80. Se considera que los resultados de los análisis estáticos y pseudoestáticos cumplen con los criterios de seguridad, lo que indica que la geometría propuesta de la tepetatera tiene niveles de estabilidad consistentes con los máximos estándares de la industria. Si bien, en la NOM-157-SEMARNAT-2009, no se señala los métodos cinéticos como uno de los requisitos para asegurar la estabilidad de los depósitos de tepetate, en este Proyecto el concepto de Máximo Terremoto Creíble (MCE) se incorporó también en el diseño y la ingeniería de la tepetatera.

Análisis de Licuefacción. Los suelos más susceptibles a la licuefacción son suelos saturados, de densidad suelta a media, no cohesivos mal graduados. Dado que los suelos de cimentación subyacentes a la tepetatera consisten principalmente en arena y grava con varios grados de limo y arcilla, y parecen estar poco a moderadamente cementados; y es probable que la mayoría de la roca estéril sea razonablemente basta, angular, relativamente duradera y de drenaje libre, se concluyó que es poco probable que los suelos que constituyen los cimientos del depósito y la roca estéril sean propensos a la licuefacción en caso de un movimiento sísmico. Sin embargo, se considera factible que la saturación de material de grano más fino cerca de la superficie, donde esté presente, como resultado de un evento de lluvia intensa, podría resultar en deslizamientos de flujo poco profundo. Para asegurar la estabilidad de la tepetatera, se han propuesto medidas constructivas, que incluyen: [i] retiro de la capa superficial de suelo orgánico y de materiales poco consistentes de la base de la tepetatera; [ii] control en la tasa de disposición de los residuos; [iii] disposición selectiva de los materiales; y [iv] construcción de drenajes para el control del agua superficial. Enseguida se describen estas medidas constructivas en la tepetatera.

Versión Pública

Control y manejo de agua de contacto y de no contacto. Se construirán canales de captación y de desvío de agua pluvial (agua de no contacto) aguas arriba de la tepetatera para minimizar los volúmenes de agua de contacto y potencial de desarrollo de superficies freáticas dentro de la tepetatera (**Figura II.11**). En el caso del agua de contacto, se construirán drenes interiores de roca a lo largo de los cauces existentes en la base de la tepetatera para capturar y transportar la filtración del agua superficial (**Figura II.13**). En la **Figura II.28** presenta una sección representativa de la base de la tepetatera con la presencia de uno de los drenes.



Versión Pública

Figura II.28 Sección característica de los drenes para el control del agua superficial en la base de la tepetatera.

Conformidad de la tepetatera con la NOM-157-SEMARNAT-2009

En el caso de la tepetatera, la observancia y vinculación de los residuos de roca estéril con la NOM-157-SEMARNAT-2009[18], se reporta en el **Anexo II.15**. El Plan de Manejo de Residuos Mineros en conformidad con esta norma, será elaborado y presentado a la Dirección General de Gestión Integral de Materias y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) de la SEMARNAT, para su registro, una vez iniciadas las actividades del Proyecto. Conforme al numeral 5.1 de la NOM-157-SEMARNAT-2009, se presentará el plan de manejo para el residuo de roca estéril o tepetate, que se generará por el descapote y minado, y que se depositará en la tepetatera. En atención al numeral 5.3.1.6.3, se sintetiza en el **Cuadro II.18** a las características del tepetate.

Cuadro II.18 Características del tepetate, conforme al numeral 5.3.1.6.3 de la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Denominación del residuo	Descripción del proceso que lo genera	Generación total estimada (Mt)	Tipo de residuo generado En caso de ser peligroso, especificar características de peligrosidad	Descripción breve del proceso mediante el que se valorizará, en su caso	Descripción breve de la disposición final a la que se sujetará, en su caso
Tepetate (roca estéril)	minado a cielo abierto	253.5	Residuos de roca estéril no son peligrosos por la toxicidad asociada con la movilidad de los elementos normados. Unidades geometalúrgicas de la roca estéril que se clasifican como generadoras de drenaje ácido (HYA, XLTUF, MVT), 10 a 33% de las muestras con potencial de generar ácido.	no aplica su valorización o aprovechamiento.	Disposición final en la Tepetatera (RSF).
		0.8	Residuos de roca estéril peligrosos por la toxicidad asociada con la movilidad de los elementos normados. Unidad geometalúrgica de la roca estéril se clasifica como generadora de drenaje ácido.	no aplica su valorización o aprovechamiento.	Disposición final por encapsulamiento entre colas de flotación en la presa de jales.
		385.2	Residuos de roca estéril no son peligrosos por la toxicidad asociada con la movilidad de los elementos normados. Unidades geometalúrgicas de la roca estéril que se clasifican como NO generadoras de drenaje ácido (TCG, MVS, TUF, FV).	aprovechamiento para actividades constructivas en obras e instalaciones del Proyecto.	Una fracción se destinará a disposición final en Tepetatera; Otra fracción se destinará a aprovechamiento para construcción de cortina contenedora de la presa de jales, de caminos o como aglomerado.
Total		**639.5**			

Unidades geometalúrgicas: HYA = flujos riolíticos y brechas (177.1 Mt); XLTUF = flujos máficos y brechas (61.8 Mt); MVT = flujos máficos y diques (14.6 Mt); TCG = conglomerados terciarios y brechas volcanoclásticas (173.2 Mt); MVS = flujos máficos y sedimentos (121.7 Mt); TUF = sedimentos volcanoclásticos, tobas y flujos máficos (78.5 Mt); FV = flujos félsicos masivos (11.8 Mt).

Debe subrayarse que aproximadamente 76.4 Mt de roca estéril (tepetate) no se depositarán en la tepetatera, puesto que 0.8 Mt de tepetate generador de ácido será encapsulado en el vaso de

[18] **Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009.** Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación 30 agosto de 2011.

Versión Pública

almacenamiento de la presa de jales y 75.6 Mt de tepetate no generador de ácido serán utilizadas para la construcción de la cortina contenedora, de drenes, filtros y enrocamiento de la presa de jales. El depósito y manejo de los 253.5 Mt de tepetate clasificados como peligrosos por la toxicidad asociada con la movilidad de los elementos normados y generadores de drenaje ácido, se hará de manera programada mediante el plan de minado en el tajo, de tal manera que permanezcan encapsulados dentro de la tepetatera por el material rocoso estéril no generador de drenaje ácido (aproximadamente 309.6 Mt de tepetate), siendo esto una medida de mitigación a la generación de drenaje ácido y a la movilidad de elementos normados.

La determinación de la peligrosidad se realizó conforme a los procedimientos establecidos por la NOM-157-SEMARNAT-2009, y cuyos resultados se describen ampliamente en el reporte de resultados de las pruebas en el **Anexo II.10**. Conforme al numeral 5.4.2 de la norma, la caracterización del tepetate consistió en: [i] la determinación de la concentración total (base seca) de los elementos normados incluidos: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio; [ii] la movilidad de los metales y metaloides presentes en el residuo, conforme a la determinación de las concentraciones totales, con base en los métodos de prueba aplicables (de acuerdo con la granulometría); y [iii] el potencial de generación de drenaje ácido. Adicionalmente, conforme al Cuadro 3 del numeral 5.4.2.6.2, a partir de los resultados obtenidos de la prueba ABA, se optó por realizar pruebas de intemperización en celdas húmedas en laboratorio y pruebas cinéticas en campo para determinar las características de la peligrosidad del residuo por lixiviación de metales y capacidad de neutralizar ácido, asociadas a la alteración del tepetate. Los resultados de la caracterización geoquímica de las muestras de tepetate que será generado por el Proyecto conforme a las pruebas normativas de la NOM-157-SEMARNAT-2009, se reportan en el **Anexo II.10**.

Versión Pública

En cuanto al numeral 5.6.1 de la norma, relativo a los criterios para el almacenamiento y disposición final de residuos, se identifican en el Capítulo IV de esta MIA-R a los elementos del ambiente presentes en el sitio en que se depositará el tepetate; mientras que en el Capítulo V se describen los impactos asociados a la disposición del tepetate, así como la capacidad del entorno para atenuar a los impactos. Los impactos asociados a la peligrosidad de los residuos, a la construcción, a la operación y al cierre de la tepetatera, se evalúan, describen y valoran en el Capítulo V de esta MIA-R, cuyo análisis deriva en las medidas de mitigación y de monitoreo enunciadas en el Capítulo VI de esta MIA-R.

Las especificaciones de diseño, ingeniería, de construcción y de mantenimiento, que asegurarán la estabilidad física de la tepetatera conforme lo refiere el numeral 5.6.2, se han descrito en este mismo apartado destinado a la tepetatera, y se reportan en su detalle en el Informe de diseño de la tepetatera incluido como **Anexo II.12**.

Conforme a los numerales 5.6.2 a 5.6.4, las medidas de mitigación han sido propuestas para: [i] evitar procesos de erosión eólica e hídrica, así como los arrastres mecánicos; [ii] mitigar la generación de drenaje ácido mediante el encapsulamiento de tepetate PAG por tepetate no PAG; [iii] impedir la dispersión en el ambiente de drenaje ácido, de lixiviados y/o de escurrimientos; [iv] asegurar el aislamiento adecuado del depósito para impedir el contacto de los residuos con cuerpos de agua, así como para evitar su transporte por viento o arrastres; [v] contar aguas arriba con un sistema de captación y canalización del agua pluvial, acorde a las condiciones climáticas locales; [vi] monitorear los cuerpos de agua durante las etapas del Proyecto; y [vii] proceder a la restauración y revegetación del depósito de tepetate fuera de operación, con especies endémicas del sitio, en el caso de que sea factible, en virtud de la cantidad recuperable del suelo originalmente existente en el sitio, y/o las cualidades de los residuos para que directamente sobre ellos se desarrolle dicha vegetación.

II.2.3.4 Operación de la planta de beneficio de minerales

En el Proyecto, el proceso de beneficio incluye etapas convencionales de trituración (primaria a terciaria), molienda, y concentración de minerales por flotación, para obtener concentrados de cobre y de zinc. En la **Figura II.29** se presenta el diagrama de flujo general del proceso de beneficio del Proyecto. En el **Anexo II.7** se muestran los planos del diseño constructivo de las instalaciones del Proyecto, incluyendo a la planta de beneficio. A continuación, se resume la operación del proceso de beneficio en el Proyecto:

Versión Pública

- El mineral se procesará en una trituradora primaria para reducir el tamaño del mineral de la mina a menos de 150 mm.
- El mineral triturado se transportará al almacén cubierto de mineral grueso y luego se recuperará mediante alimentadores de bandas y una banda transportadora.
- El mineral será procesado en un molino SAG, operando en circuito cerrado con una criba vibratoria y trituradora de guijarros, para reducir el tamaño del mineral de aproximadamente 130 mm a un tamaño de transferencia de aproximadamente 80% pasando 1 mm, que alimentará al molino de bolas.
- El producto del molino SAG será enviado al circuito del molino de bolas convencional, operando en circuito cerrado con hidrociclones, al 80% pasando 120 micras.
- El producto del molino de bolas luego se enviará a un circuito de molienda terciaria para entregar un tamaño de producto del 80% pasando 37 micras para su beneficio en el circuito de flotación. Los molinos terciarios operarán en circuito abierto con hidrociclones.
- La planta de flotación constará de circuitos de flotación para producir concentrados de cobre y de zinc. El circuito de flotación de cobre consistirá en una flotación gruesa, una molienda del concentrado grueso, una flotación de limpia y tres etapas de flotación limpia. El circuito de

flotación de zinc consistirá en una flotación de barrido gruesa, la remolienda del concentrado de limpia, una flotación de limpia y tres etapas de flotación de limpia.

- Los concentrados finales de cobre y zinc serán espesados, filtrados y cargados en camiones para su envío.
- Las colas finales de la flotación se espesarán para reciclar el agua al proceso. Los jales en forma de pulpa espesada se bombearán a la presa de jales.
- El agua de los jales y de la filtración de los concentrados se reciclará para su reúso en el proceso.
- Se almacenarán, prepararán y distribuirán reactivos para su uso en el proceso. Los reactivos primarios, que serán utilizados incluyen: antiincrustante, cal, colector Aero 5100, Isopropilo xantato de sodio (SIPX) o Metil isobutil carbinol (MIBC), Sulfato de zinc, Colector Aerophine 3418ª o Metabisulfito de sodio (MBS) o Sulfato de cobre, y Floculante (**Cuadro II.23**).

En la **Figura II.30**, la **Figura II.31** y la **Figura II.32** se presentan, respectivamente: [i] el diagrama de balance de masa de la planta de beneficio en el área de trituración y de molienda; [ii] el diagrama de balance de masa de la planta de beneficio en el área de concentración de cobre; y [iii] el diagrama de balance de masa de la planta de beneficio en el área de concentración de zinc y colas de flotación.

Versión Pública

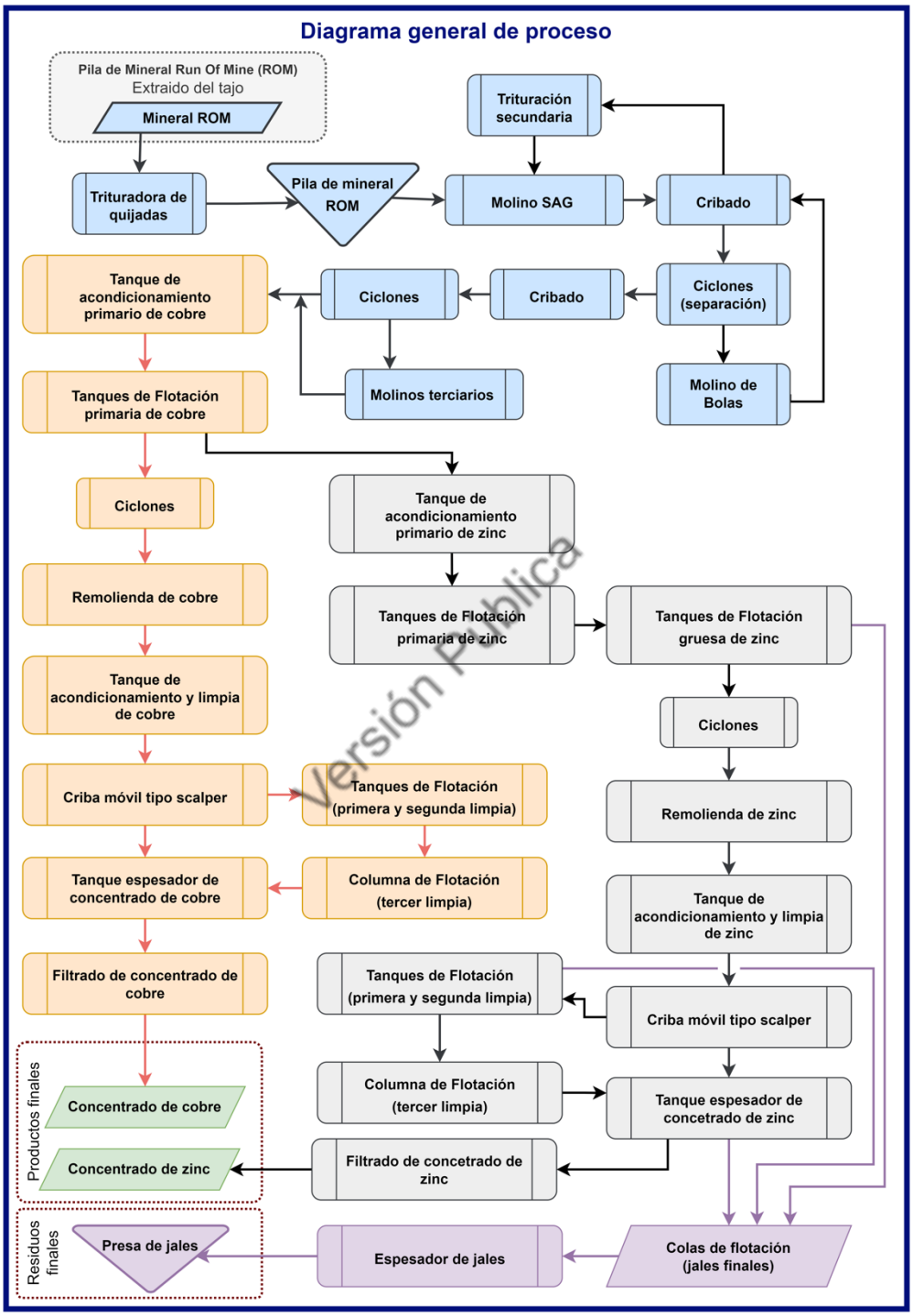


Figura II.29 Diagrama simplificado del proceso de la planta de beneficio de minerales.

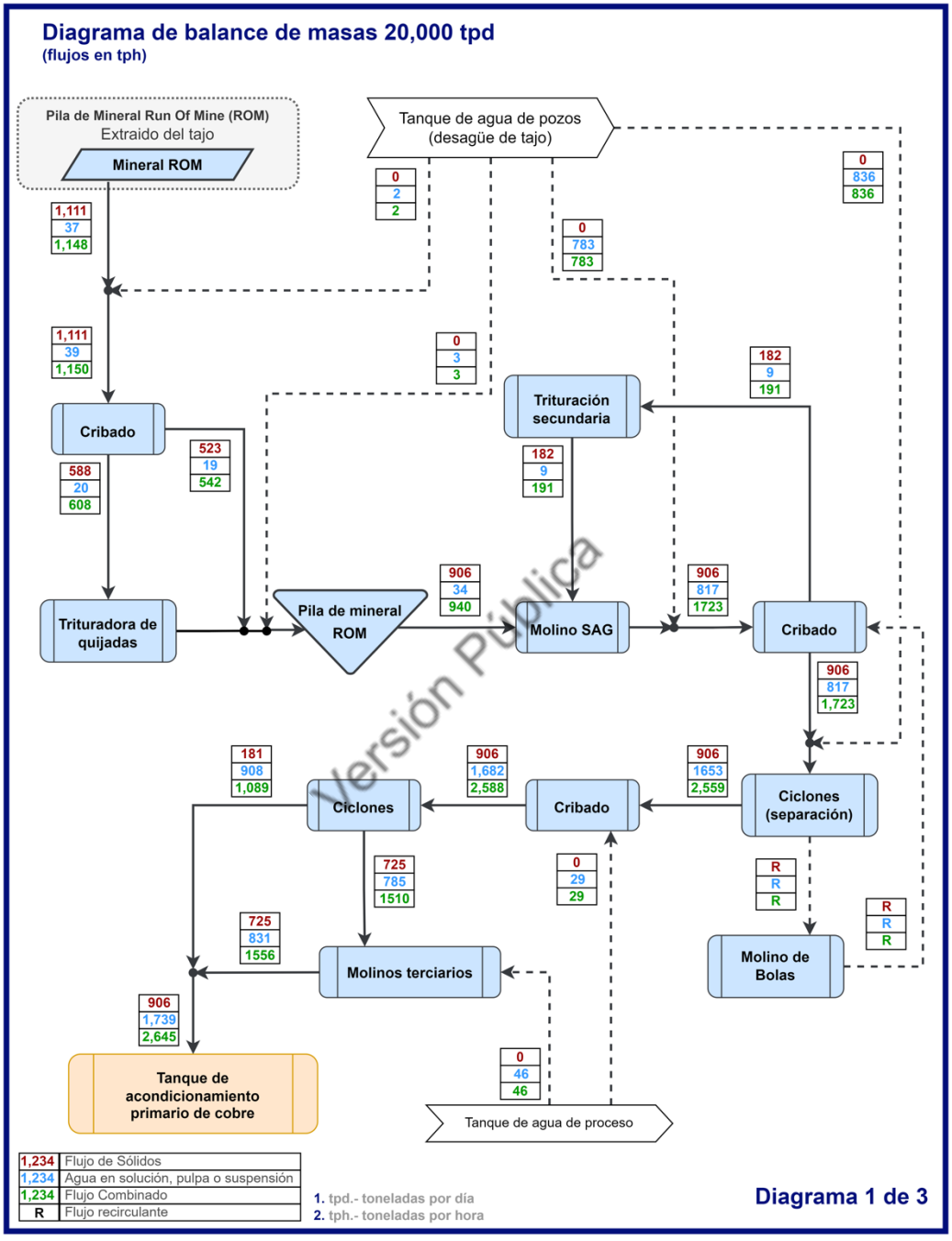


Figura II.30 Diagrama de balance de masa estimado para la planta de beneficio: áreas de trituración y de molienda (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación).

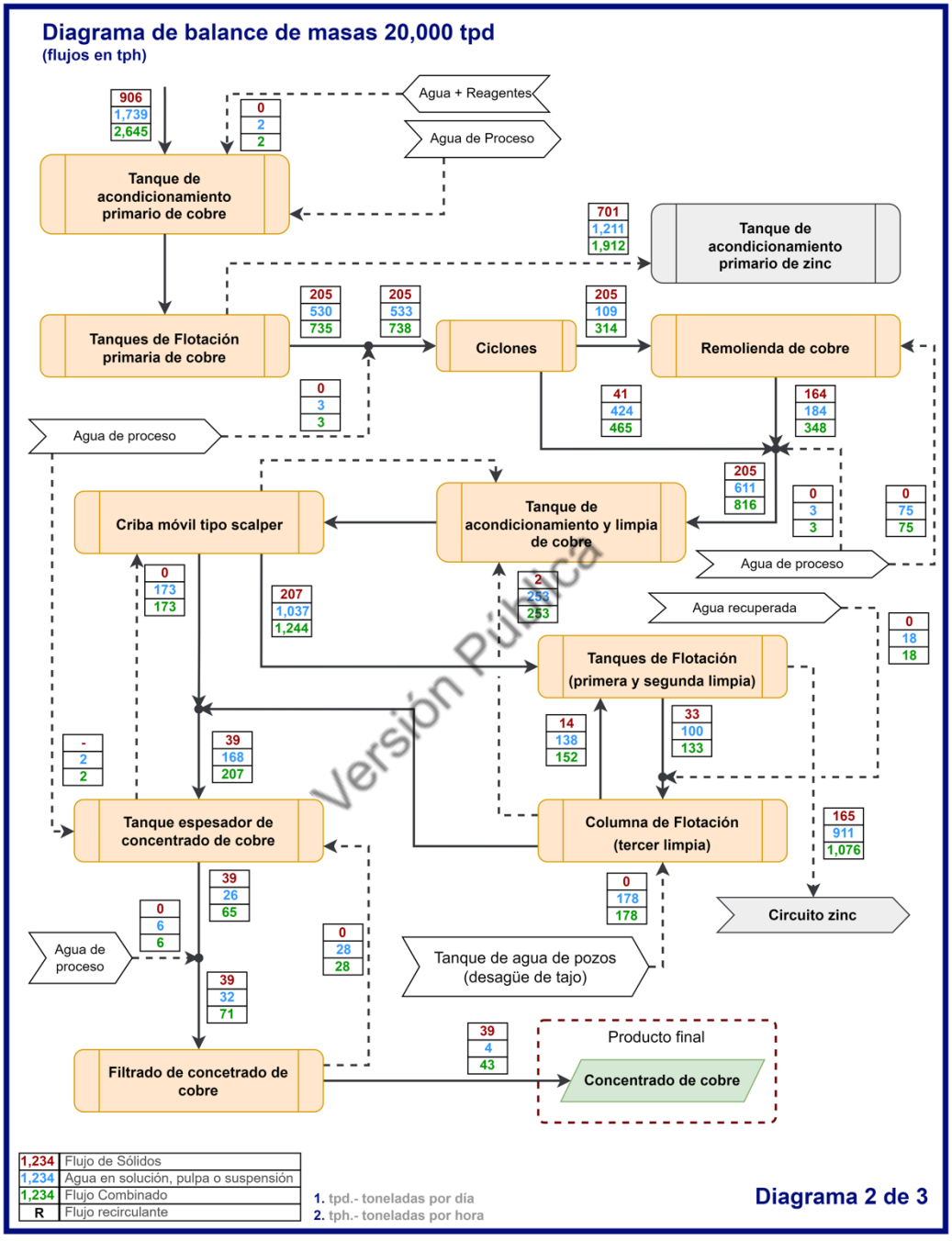


Figura II.31 Diagrama de balance de masa estimado para la planta de beneficio: área de concentración de cobre (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación).

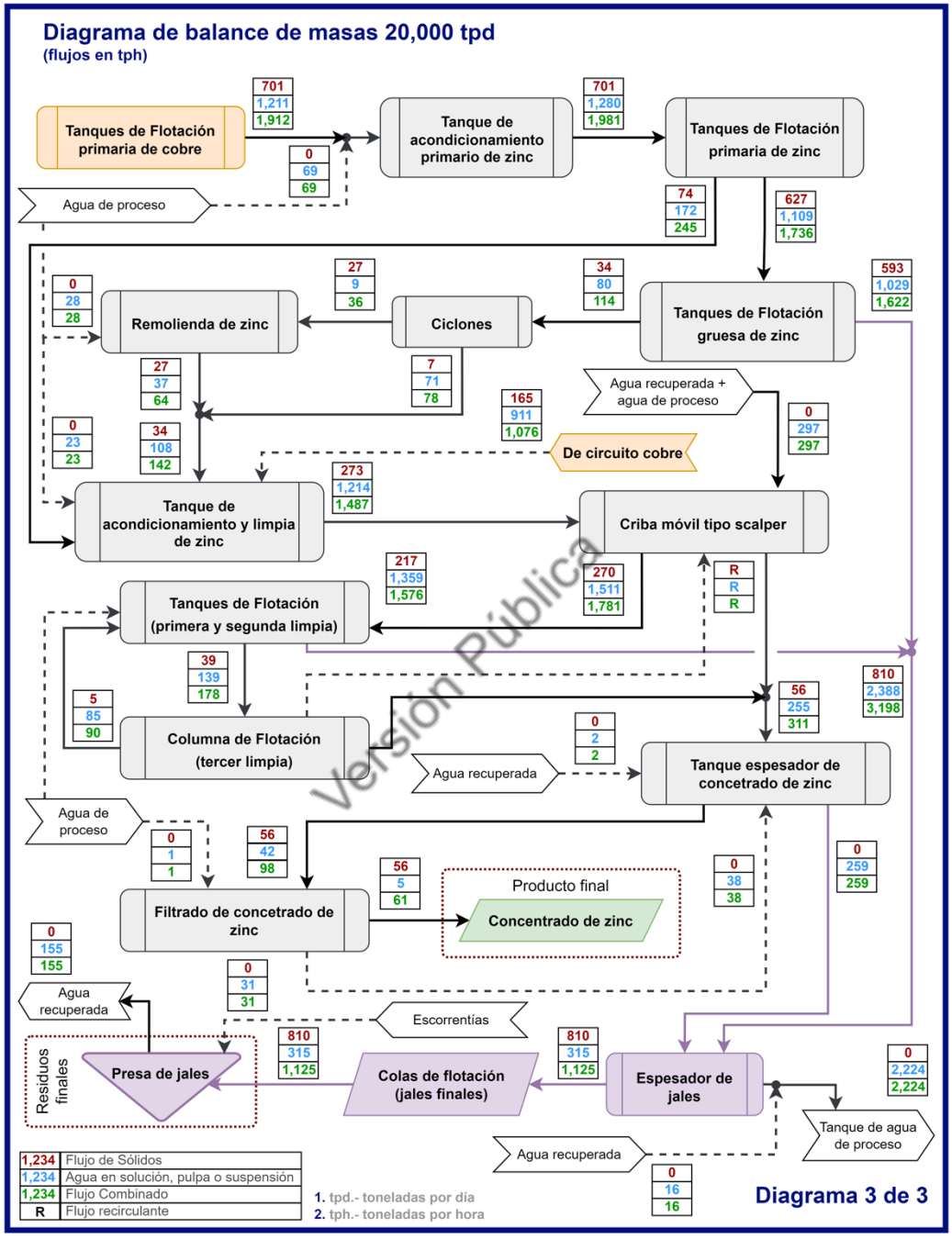


Figura II.32 Diagrama de balance de masa estimados para la planta de beneficio: área de concentración de zinc y presa de jales (los valores estimados en los distintos flujos pueden variar en un orden de 15% en operación).

A continuación, se describen las características de los procesos de beneficio para obtener concentrados de cobre y de zinc.

Trituración Primaria. El mineral será transportado por camiones de 220 toneladas de armazón rígido desde la mina hasta la plataforma de descarga de la trituración primaria. La plataforma ha sido diseñada para acomodar el almacenamiento de 10,000 toneladas de mineral ROM (por las siglas en inglés de *Run of Mine*, procedente de la mina), para ser recuperado por el cargador frontal en la tolva de alimentación de la trituradora. Un alimentador de plataforma recuperará el mineral de la tolva de alimentación de la trituradora y lo enviará a un alimentador de rejilla vibrante para retirar los finos antes de alimentar el mineral a la trituradora de quijadas (1.600 mm x 1.100 mm). En la **Figura II.18** se presenta una vista general de la planta de beneficio, donde se observa la rampa y plataforma que se construirán para la instalación y operación de la trituradora primaria; mientras que la **Figura II.33** muestra el arreglo general del área de trituración primaria.

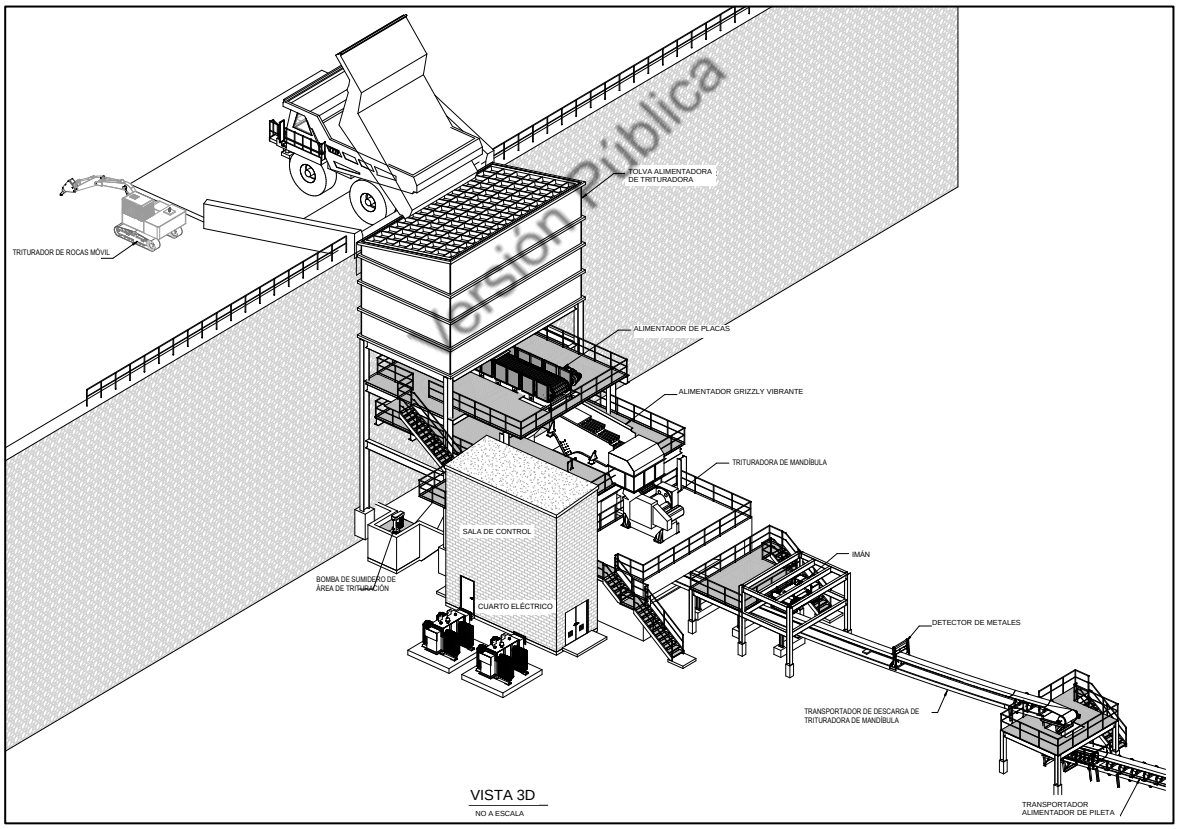


Figura II.33 Arreglo general de la trituración primaria.

Banda transportadora de mineral grueso. El mineral triturado se transportará mediante una banda a un apilador fijo que descargará en el almacén de mineral grueso. Este transportador cubierto tiene un imán para eliminar partículas de metal, un detector de metales y una escala de cinta. El transportador tendrá pasillos de acceso para los operadores en ambos lados de la banda.

Almacén de mineral grueso. El almacén de mineral grueso tendrá una capacidad operativa de 14,000 toneladas y una capacidad total de 45,000 toneladas. La capacidad operativa representa la operación por 0.6 días con una capacidad máxima de operación en la planta de beneficio de 22,000 tpd. Este almacén de mineral grueso estará cubierto dentro de una instalación semiesférica (**Figura II.34**). La recuperación de mineral grueso se realizará desde la base de la pila de mineral a través de dos alimentadores de recuperación de velocidad variable, colocados en una plataforma de acero dentro de un túnel de hormigón. El propósito de este almacén cubierto es evitar la dispersión de polvos durante el manejo del mineral grueso en el apilador. Los alimentadores descargarán el material en una banda transportadora que llevará el mineral a la alimentación del Molino SAG. El túnel de recuperación incluirá un túnel de salida de emergencia, separado del acceso principal junto al transportador de alimentación del molino SAG. El túnel de recuperación ha sido diseñado para permitir el acceso de personal, así como el espacio para conducir una pequeña minicargadora al área para mantenimiento y limpieza. La recolección de polvo por conductos se utilizará en todos los puntos de transferencia de mineral.

Versión Pública

Molienda. Los dos molinos estarán dispuestos en línea para facilitar la entrega del mineral a una caja de bomba de alimentación común a ciclones. El mineral grueso entregado a través de una banda transportadora al área de molienda pasará a través del Molino SAG (9.75 m de diámetro x 5.5 m de longitud de molienda efectiva) y se descargará a una criba vibratoria. El material de mayor diámetro se transportará a un circuito de trituración de guijarros y el material de menor diámetro se bombeará al ciclón del molino de bolas. El *underflow* del ciclón se recirculará al molino de bolas (6.7 m Ø × 10.2 m), mientras que el *overflow* (derrame) se enviará al circuito de molienda terciaria. El área de molienda no estará cubierta y constará de una plataforma con base de hormigón para los cimientos del molino y una plataforma elevada en hormigón, apoyada sobre una estructura de acero. Las plataformas de acceso secundario serán rejillas de acero abiertas sobre estructuras también de acero. La **Figura II.35** muestra la disposición general de las áreas de molienda. El derrame (*overflow*) del ciclón del molino de bolas se bombeará al ciclón terciario para su clasificación, y las partículas de gran tamaño se distribuirá a tres molinos para la molienda fina. La molienda terciaria (M15,000) estará ubicada junto a los molinos de remolienda. El área de molienda fina estará descubierta y constará de losa de concreto a nivel y plataformas de operador de rejilla de acero abiertas elevadas. La **Figura II.36** muestra el arreglo general del área de molienda terciaria y de remolienda.

Concentración por flotación. El circuito de flotación se encontrará debajo de un techo con estructuras de paneles de metal en los cuatro lados, que se extienden hasta la elevación del riel de la

grúa viajera. El área restante de la pared estará abierta a los muros de contención de hormigón (**Figura II.36**). El techo mitigará tanto la luz solar directa, como los efectos de las fuertes lluvias estacionales[19]. La planta de flotación constará de circuitos de flotación selectiva secuencial para producir concentrados de cobre y de zinc. El circuito de flotación de cobre consistirá en una flotación gruesa, la remolienda del concentrado grueso, una flotación *scavenger* y tres etapas de limpia. El circuito de flotación de zinc consistirá en una flotación gruesa, la remolienda del concentrado grueso, una etapa de flotación *scavenger* y tres etapas de limpia (**Figura II.34** a **Figura II.37**).

Los reactivos de flotación de cobre y de zinc, son reactivos convencionales que incluyen: cal, colector Aero 5100, xantato isopropilo de sodio (SIPX, por sus siglas en inglés), metil isobutil carbinol (MIBC, por sus siglas en inglés), sulfato de zinc, Aero 3418ª, metabisulfito de sodio, sulfato de cobre, floculante, y un antiincrustante. El agua del proceso será agua de contacto y agua recuperada de la presa de jales. En el **Cuadro II.23** se presenta un listado de los reactivos y cantidades estimadas de empleo y almacén.

Las celdas de flotación de cobre y zinc se construirán en plataformas elevadas rellenas de tierra, flanqueadas por muros de contención. Algunos muros de contención verticales serán de hormigón moldeado *in situ*. Además de las celdas de flotación gruesa y de limpias, el área de flotación también incluye celdas Jameson y celdas de columna con bombas asociadas, cajas, muestreadores, etc. La **Figura II.37** muestra una vista en planta del arreglo general del área de flotación. La remolienda en los circuitos de cobre y zinc utilizará molinos que estarán ubicados junto con los molinos de la molienda terciaria, para así incrementar la eficiencia de mantenimiento y de control de la operación (**Figura II.36**).

Versión Pública

[19] La construcción del edificio para las instalaciones de la planta de flotación podrá finalmente rediseñada en cuanto a la conformación de los muros para evitar la introducción de polvo durante eventos de vientos.

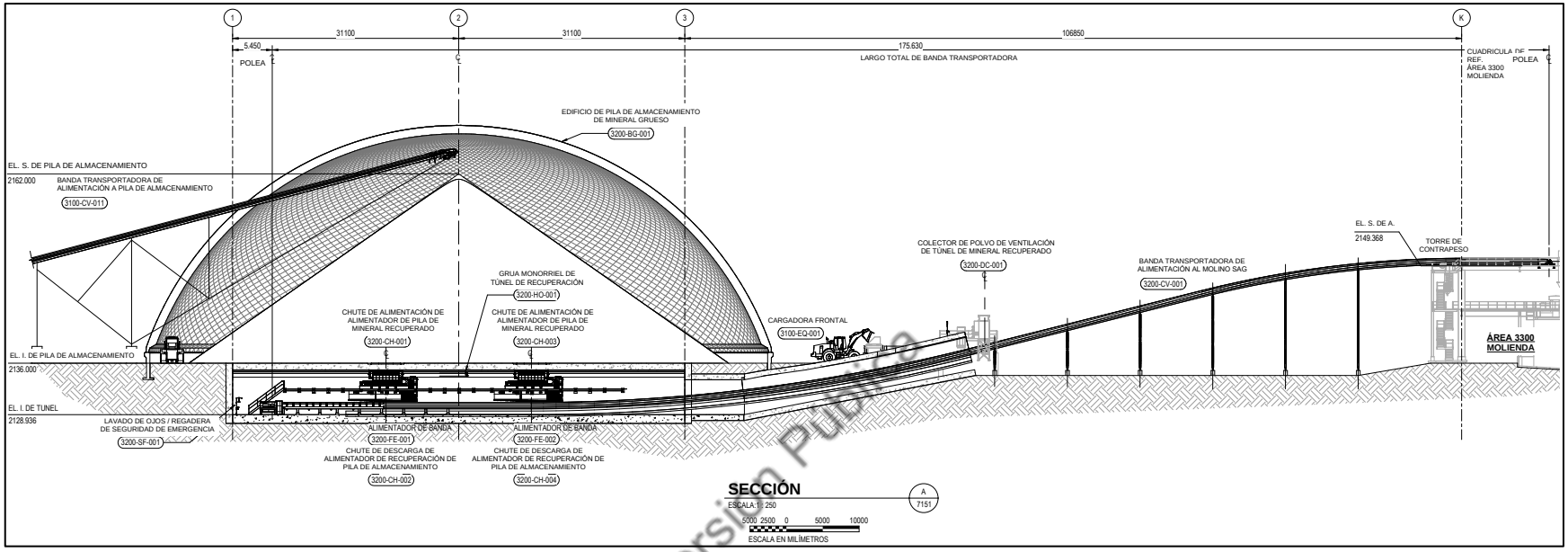


Figura II.34 Arreglo general del almacén de mineral grueso.

Versión Pública

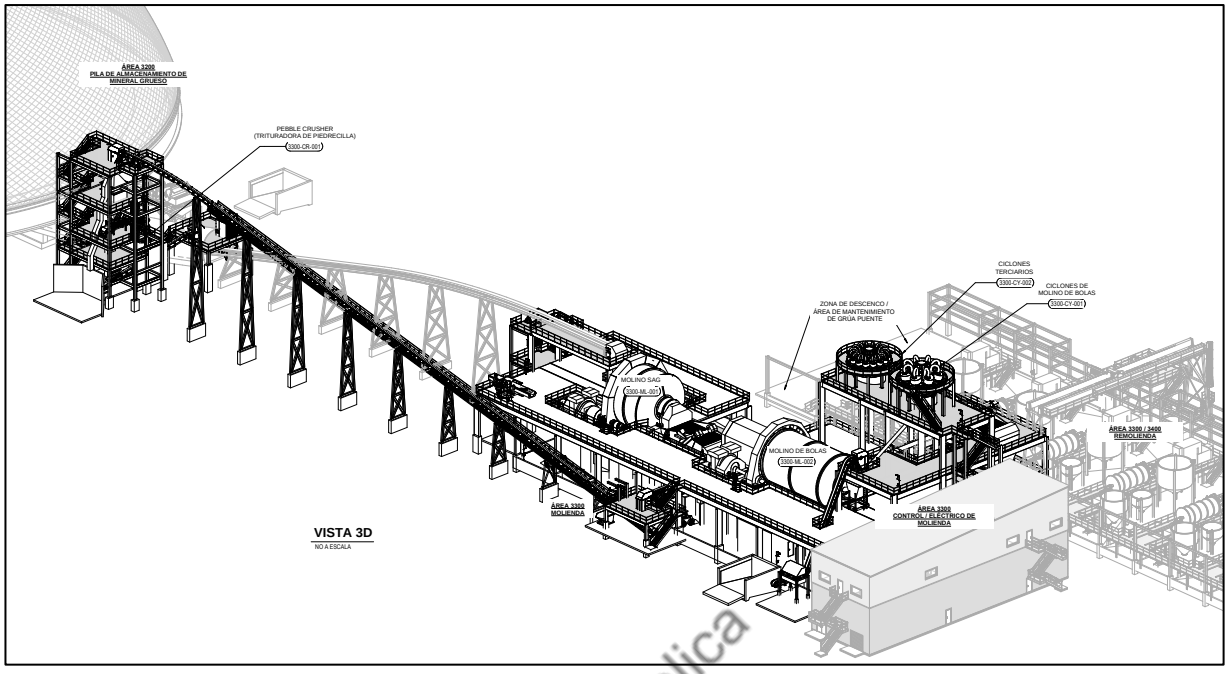


Figura II.35 Arreglo general del área de molienda y trituración de gruesos.

Versión Pública

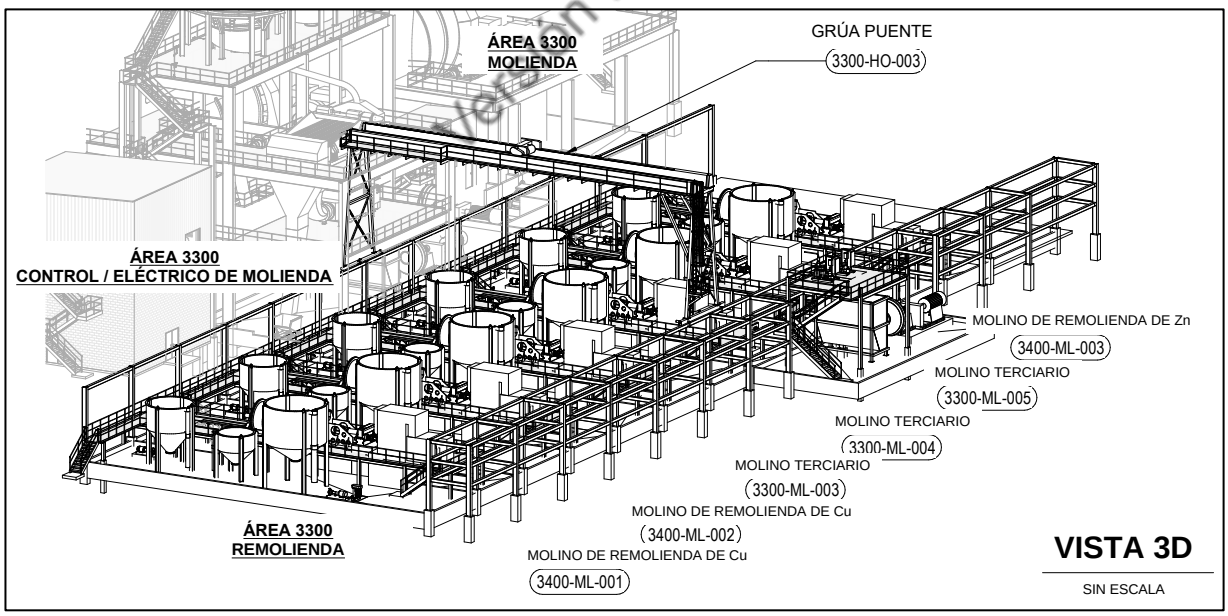


Figura II.36 Arreglo general del área de molienda terciaria y de remolienda.

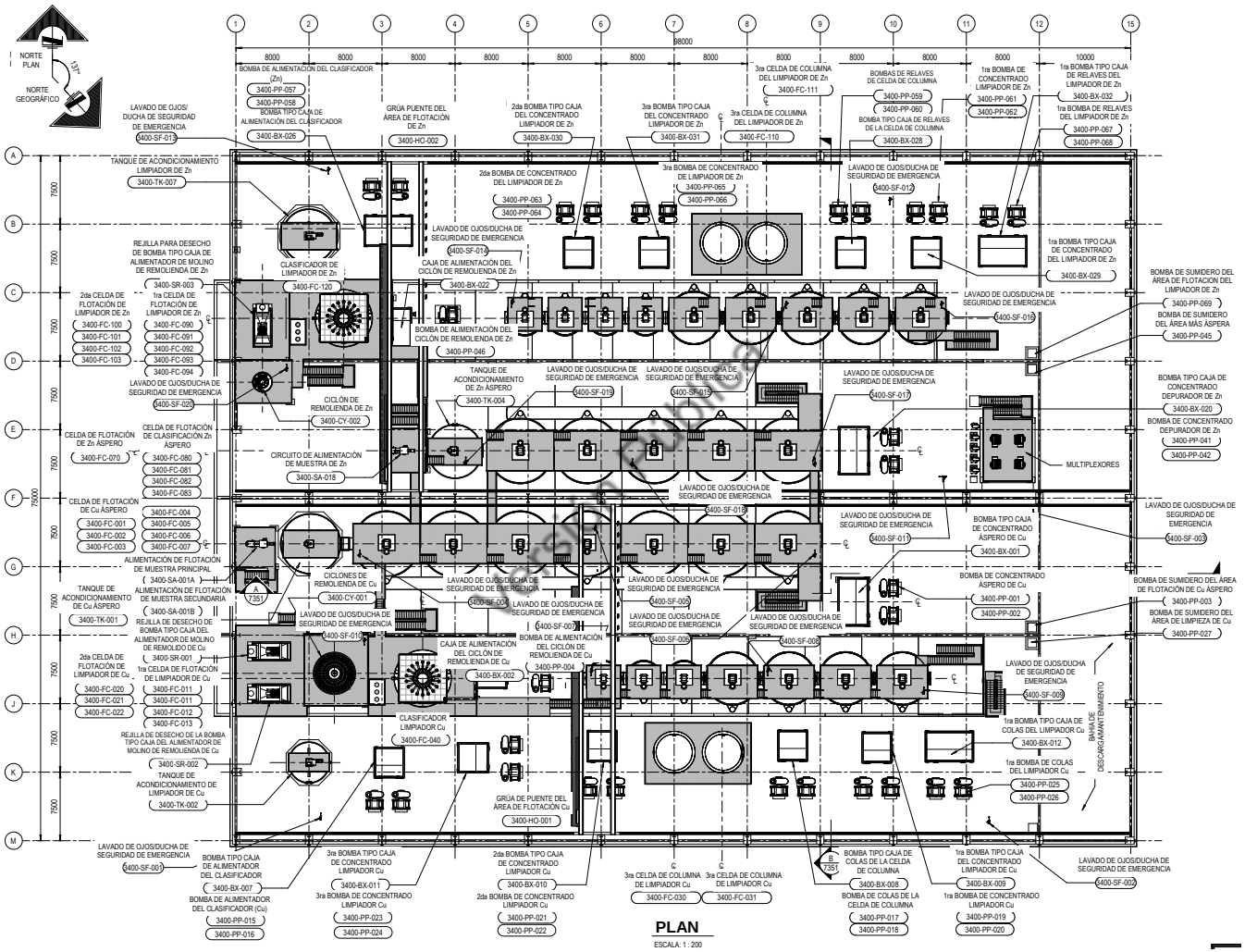


Figura II.37 Arreglo general en planta de la planta concentradora por flotación de minerales.

Espesamiento, filtración y despacho de concentrados. El espesamiento de los concentrados de flotación se hará mediante espesadores con estructura de acero sobre el suelo, uno para concentrados de cobre y otro para concentrados de zinc. Se tendrán plataformas de acero para tuberías y tendidos eléctricos, así como acceso a muestreadores y cajas de alimentación. Además, se tendrán bases en hormigón tanto para los espesadores como para rampas de acceso que serán construidas para su mantenimiento (**Figura II.38**).

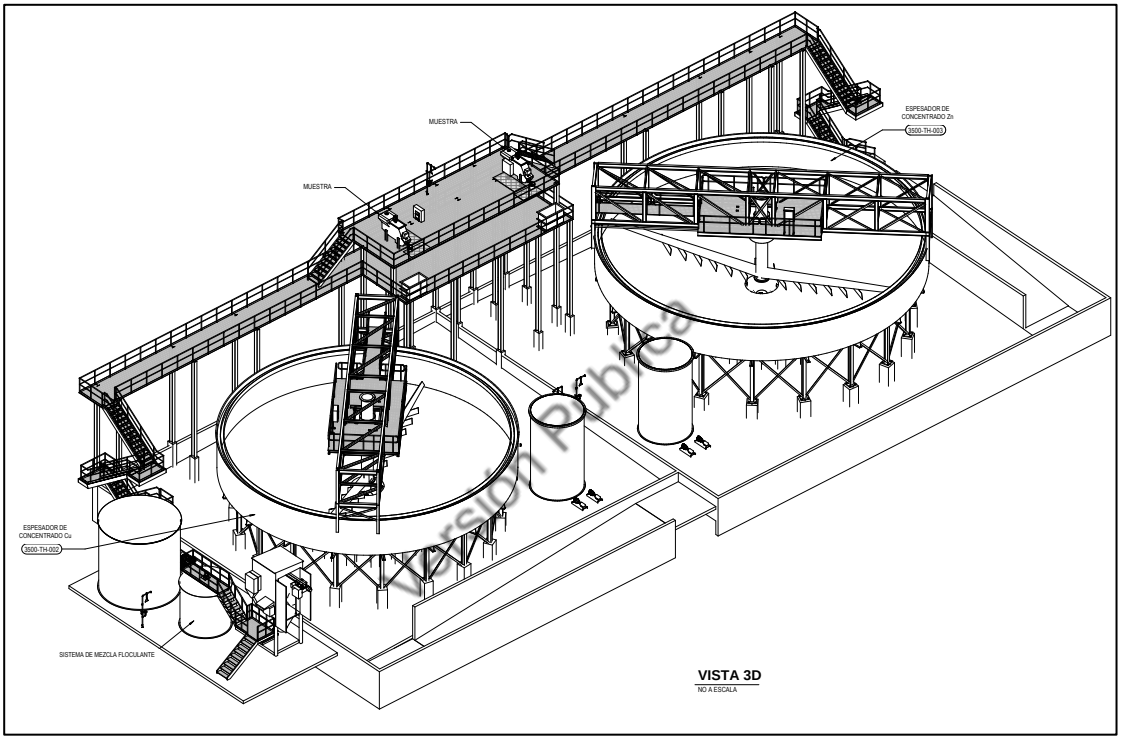


Figura II.38 Arreglo general de los espesadores de concentrados de cobre y de zinc.

El espesador de concentrados de cobre tendrá un diámetro de 18 m, mientras que el espesador de concentrados de zinc tendrá un diámetro de 20 m. El sistema de mezcla de floculantes se ubicará muy cerca de los espesadores.

Los concentrados se bombearán desde el flujo inferior de cada espesador de concentrados a los tanques de almacenamiento de concentrados que abastecerán a dos filtros prensa, uno para los concentrados de cobre y otro para concentrados de zinc. Los dos filtros prensa se ubicarán dentro de una estructura cerrada de acero y hormigón. Ambos filtros son de placa horizontal y marco con placas de 2,500 mm^2.

Los filtros prensa de concentrados están diseñados de tal manera que se facilitará el vaciado directo en un área de tolva debajo de las prensas. Esta área sirve tanto para la remanipulación directa a los camiones de transporte como para el almacenamiento, dependiendo de las necesidades de producción. La capacidad de almacenamiento de concentrados de cobre bajo los filtros prensa será de 2,500 m^3 (5,250 toneladas), mientras que para el zinc será de 2,800 m^3 (5,880 toneladas). Esto equivale a poco más de 4 días de almacenamiento con una producción máxima de concentrado de 2,700 tpd.

Los camiones de transporte de concentrados ingresarán al edificio principal, cubierto para las operaciones de carga. La secuencia de carga incluye el empleo de una estación cubierta para que se asegure la cubierta de la cama de concentrado con una lona sobre la caja de carga del concentrado. Eventualmente, podrán emplearse camiones tipo "RotoMix", cuyo compartimento de carga para concentrado, está totalmente cubierto. Cada camión pasará enseguida por lavado de ruedas antes de salir del sitio.

Espesador de colas de flotación. Las colas de flotación se conducirán a un espesador enterrado de alta velocidad, con un diámetro de 56 m. Dos trenes de bombas de colas espesadas bombearán el derrame (*underflow*) del espesador hacia la presa de jales. Las bombas estarán ubicadas bajo el nivel del suelo en una estructura de paredes de hormigón. El acceso para el mantenimiento del equipo se hará mediante grúas móviles. La **Figura II.39** muestra el arreglo general del espesador de colas de flotación y la estructura de la bomba.

Versión Pública

Sistema de bombeo de las colas de flotación. El sistema de bombeo de las colas de flotación está diseñado para operar las 24 horas del día, los 365 días del año. La instalación inicial constará de dos líneas con dos bombas centrífugas de 225 kW (300 HP) cada una, instaladas en serie, una línea estará en funcionamiento y la segunda línea actuará como sistema de respaldo instalado. La segunda bomba de cada serie se operará a través de un variador de frecuencia para ajustar el flujo y la presión de bombeo a medida que aumenta el nivel de la presa de jales y sucedan fluctuaciones temporales en el flujo. En la tercera etapa de construcción, la elevación de la presa de jales superará la capacidad de las dos bombas y se agregará una tercera bomba de velocidad fija de 225 kW (300 HP) aguas arriba de la primera bomba, en cada línea de la serie. La instalación de las bombas en este orden eliminará la necesidad de cambiar la posición de la bomba impulsada por el variador de frecuencia. Después de esta instalación, el sistema será adecuado para toda la vida del Proyecto.

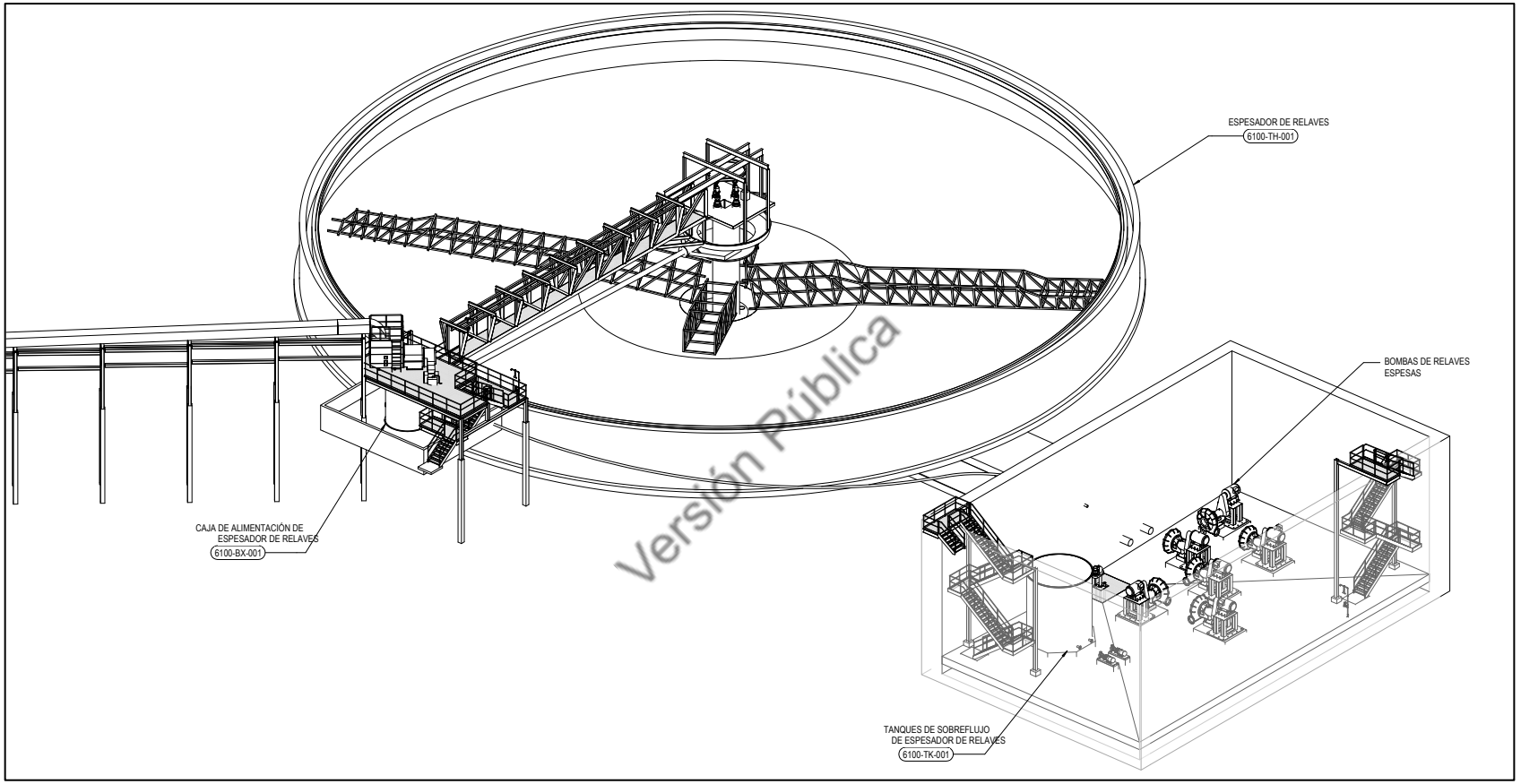


Figura II.39 Arreglo general del área del espesador de colas de flotación y del bombeo de colas espesadas.

II.2.3.5 Operación de la Presa de Jales

La presa de jales (o también identificada en el Proyecto como TMF, por las siglas en inglés de Instalación para el Manejo de Jales), almacenará de manera definitiva 101 Mt de jales y 0.8 Mt de roca estéril (tepetate) generadora de drenaje ácido y con potencial de movilizar metales normados. El concepto de diseño de la presa de jales es la descarga central de jales espesados a través de una cortina contenedora (bordo) en anillo, que estará dividido en cuadrantes a través de bermas internas (**Figura II.21**). La **Figura II.22** muestra una sección del detalle constructivo de las bermas internas y de los drenes subterráneos que se construirán debajo de la cresta de la cortina. Tanto la cortina contenedora de la presa de jales, como las bermas, se construirán con roca estéril (tepetate), no generador de drenaje ácido.

El agua que acompaña a los jales y el agua de lluvia que cae directamente sobre el vaso de almacenamiento se recolectarán en una pileta de filtración (pileta de agua recuperada) ubicada aguas abajo de la presa de jales, siendo recuperada a través de un sistema de drenes subterráneos. A partir de esta pileta, se bombeará el agua recuperada (de contacto) de regreso a la planta de proceso para su reutilización.

Versión Pública

Los jales se bombearán desde los espesadores de colas de flotación en la planta de proceso a través de una tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) de 16 pulgadas de diámetro hasta un colector en un área central de la presa de jales. El contenido de sólidos a la descarga de los jales (por diseño) se estima en 64.8% (sólidos en masa/masa total) y el resto (35.2%) corresponde al agua de proceso.

La disposición de los jales se rotará entre los cuatro cuadrantes mediante la operación de válvulas múltiples, para controlar el polvo y promover la desecación y consolidación de los jales. El tepetate generador de drenaje ácido (0.8 Mt de tepetate PAG) se transportará en camión para su encapsulamiento dentro de los jales para controlar la generación de drenaje ácido. Las bermas internas se levantarán regularmente conforme avance el depósito de los jales. La tasa promedio de aumento de los jales se estima en 0.5 m por mes, reduciéndose hasta 0.2 m por mes durante la vida útil del Proyecto.

La pileta de filtración de la presa de jales (pileta de agua recuperada) será una pileta excavada y revestida con HDPE, con una capacidad de 30,000 m^3 y con un bordo libre de diseño de 1 m, que almacenará un mínimo de 5 días de afluencia en condiciones normales de operación de la presa de jales. Durante el funcionamiento normal, el agua se bombeará desde la pileta de agua recuperada, mediante dos bombas de turbina verticales de 50 HP, montadas en barcaza (una en funcionamiento y otra en espera), a través de una tubería de HDPE de 12 pulgadas de diámetro hasta el tanque de agua de proceso en la planta de beneficio. Durante grandes eventos de precipitación, la pileta de agua

recuperada trasvasará a través de un vertedor hacia el bordo de demasías (bordo de tormenta o *storm pond*) ubicado debajo de la pileta de agua recuperada que será retornada al tanque de agua de proceso. El agua se podrá bombear desde el bordo de demasías utilizando una bomba sumergible portátil de 30 HP a un sistema de tuberías de HDPE de 16 pulgadas de diámetro compartido con el sistema de desagüe de agua de contacto del tajo al tanque de proceso. El bordo de demasías tendrá una capacidad de almacenamiento de 315,000 m^3 que almacenará el evento de 48 horas con un periodo de retorno de 100 años, con un bordo libre de 2 m. El bordo de demasías incluye un aliviadero y un canal que conduciría el agua hacia el tajo como última medida de protección para evitar escurrimientos superficiales aguas abajo de la unidad minera.

La presa de jales tendrá suficiente bordo libre para almacenar la avenida máxima probable (volumen de 900,000 m^3) para todas las etapas, con al menos 2 m de bordo libre. Durante un evento extraordinario, el agua se acumulará en los jales, luego se infiltrará a través del sistema de drenes en el punto de la cortina de la presa, pasará a la pileta de agua recuperada, se conducirá hacia el bordo de demasías (de tormentas) y finalmente escurriría hacia el tajo como último sitio de retención evitando salidas del circuito.

Versión Pública

El canal de agua sin contacto o canal de desvío de agua pluvial, ubicado aguas arriba de la presa de jales, desviará el agua que corre hacia el sitio, para limitar el volumen de agua de contacto generada y el potencial de erosión e inundación.

El balance de agua para la presa de jales indica un flujo promedio de 44 L/s que reportará a la pileta de filtración (pileta de agua recuperada), variando de 30 L/s a 75 L/s en ciclos estacionales secos y húmedos, respectivamente. Los caminos internos y de acceso, asociados a la operación de la presa de jales, se regarán durante la operación y los rellenos de la presa se regarán para controlar el polvo durante la construcción de la cortina. La demanda de riego alcanza su punto máximo en el año 1 con 1.1 L/s.

El monitoreo de la presa de jales durante la operación, en conformidad con la NOM-141-SEMARNAT-2003, incluirá la operación de pozos para monitorear la calidad del agua subterránea (aguas arriba y aguas abajo de la presa), testigos de movimiento, sistemas para monitorear la deformación de la presa y piezómetros de cable vibrante para medir los niveles de la superficie freática en la cortina y cimientos de la presa de jales.

Plan de llenado del vaso de almacenamiento de jales. Se diseñó un plan de depósito de los jales espesados considerando el diseño de las elevaciones de la cresta de la cortina contenedora. El plan considera el transporte y la descarga de los jales espesados a través de tubería desde el centro del vaso de almacenamiento hacia las cuatro celdas. El plan de depósito considera el almacenamiento al nivel de la avenida de diseño en la presa de jales. El ritmo anual de depósito de los jales espesados y del tepetate PAG dentro del vaso de almacenamiento de la presa de jales, se señala en el **Cuadro II.19**.

Cuadro II.19 Resumen del depósito de residuos mineros en el vaso de almacenamiento de la presa de jales durante el periodo de vida operativa del Proyecto.

Año (a)	Año MIA-R (b)	Masa Jales (Mt)	Masa acumulada de jales (Mt)	Masa de Tepetate PAG (Mt)	Masa acumulada de tepetate PAG (Mt)	Masa total de residuos mineros en la presa (Mt)
1	3	1.7	1.7	0.1	0.1	1.7
2	4	7.2	8.9	0.1	0.2	9.1
3	5	7.7	16.5	0.1	0.3	16.8
4	6	7.0	23.5	0.1	0.3	23.9
5	7	7.1	30.7	0.1	0.4	31.1
6	8	7.2	37.8	0.1	0.5	38.3
7	9	7.3	45.1	0.1	0.5	45.7
8	10	7.2	52.4	0.0	0.6	52.9
9	11	7.0	59.3	0.1	0.6	59.9
10	12	7.1	66.5	0.1	0.7	67.1
11	13	7.2	73.6	0.0	0.7	74.3
12	14	6.9	80.5	0.0	0.7	81.2
13	15	6.8	87.3	0.0	0.7	88.0
14	16	6.8	94.1	0.1	0.8	94.9
15	17	6.7	100.8	0.0	0.8	101.6
Total		**100.8**		**0.8**		**101.6**

Versión Pública

(a) Años conforme al cronograma de ciclo de vida operativa del Proyecto por MDSN.

(b) Años conforme al cronograma del Proyecto para la MIA-R de SEMARNAT.

(c) PAG, por las siglas en inglés de Potencial Generador de Drenaje Ácido.

El balance de agua de diseño durante la operación de la presa de jales se reporta en el **Cuadro II.20**. El caudal estimado de drenaje de la presa de jales hacia la pileta de filtración, donde se recuperará el agua, será en promedio de 44 L/s, aunque podrá variar entre 30 L/s y 75 L/s, en función de los ciclos estacionales y de las condiciones anuales secas/húmedas. Las entradas y salidas anuales promedio del agua en la presa de jales, se estimaron para los años 3 al 18 del ciclo de vida del Proyecto (MIA-R SEMARNAT), según se presenta en el **Cuadro II.20**. El detalle de este balance y los criterios y características de diseño se reportan en el **Anexo II.13**, Informe del diseño de la presa de jales y de su estudio de estabilidad estructural (Golder, 2021).

El Proyecto está diseñado para la operación de la planta de beneficio de minerales, y por tanto también la generación de colas de flotación para su disposición final en la presa de jales, durante un periodo de 15 años, y aun cuando en el cronograma del **Cuadro II.8** esta actividad representa 16 años (año 3 a año 18), esto incluye el periodo de pruebas y puesta en marcha del proceso de beneficio.

En este balance de agua de diseño, se minimiza la cantidad de agua de contacto, ya que se interceptará el agua pluvial mediante la instalación aguas arriba de un canal para el desvío del agua pluvial antes de que entre en contacto con la presa de jales. Para este balance de agua se consideraron las características de diseño que resultaron del modelado y cálculo hidráulico de las instalaciones, a partir de los parámetros que se reportan en el **Cuadro II.21**.

Cuadro II.20 Estimación promedio anual de entradas y salidas de agua durante la operación de la presa de jales para los años 3 al 18 del ciclo de vida del Proyecto.

Entradas promedio de agua	Caudal del Flujo (L/s)
Agua en la corriente de colas de flotación	122
Precipitación pluvial directa sobre los jales	13
Precipitación pluvial directa sobre las bermas y la cortina contenedora	11
Total de entradas	**146**
Salidas promedio de agua	**Caudal del Flujo (L/s)**
Evaporación en la playa del vaso	25
Evaporación desde la superficie de las bermas y de la cortina contenedora	8
Drenajes e infiltraciones de agua recuperada para su reúso	59
Almacenamiento en los vacíos intersticiales entre los jales	54
Total de salidas	**146**

Versión pública

Cuadro II.21 Criterios técnicos de diseño para las instalaciones hidráulicas de manejo del agua, asociadas a la presa de jales.

Instalación	Evento de diseño	Caudal de diseño (m^3/s)	Volumen de diseño (m^3)	Bordo libre de diseño (m)
Presa de jales	Precipitación máxima probable = evento 48 h, 519 mm	n/a	900,000	2
Pileta de infiltración (agua recuperada)	Pileta diseñada para almacenar al menos 5 días de infiltración de agua de la presa en condiciones secas		30,000	1
Bordo de demasías (de Tormentas)	Periodo retorno 100 años, 48 horas, 158.2 mm	n/a	315,000	2
Canal de desvío de agua pluvial (no contacto)	Periodo retorno 100 años, 24 horas, 104.8 mm	24.2	n/a	0.3

En la **Figura II.40** se muestra la ubicación de la pileta de infiltración para la recuperación del agua de la presa de jales, así como la ubicación del bordo de demasías (de tormentas), que recuperará el agua en caso de lluvias extraordinarias, a partir de donde el agua será canalizada al tajo como medida extrema de mitigación, evitando así su derrame e impacto aguas abajo del AP.

La presa de jales también incluye la construcción de un sistema de drenes subterráneos perimetrales que estarán ubicados en la base de la cortina contenedora y de drenes subterráneos ubicados a lo largo de los cauces naturales debajo del área del vaso de almacenamiento de la presa, como se muestra en la misma **Figura II.40**.

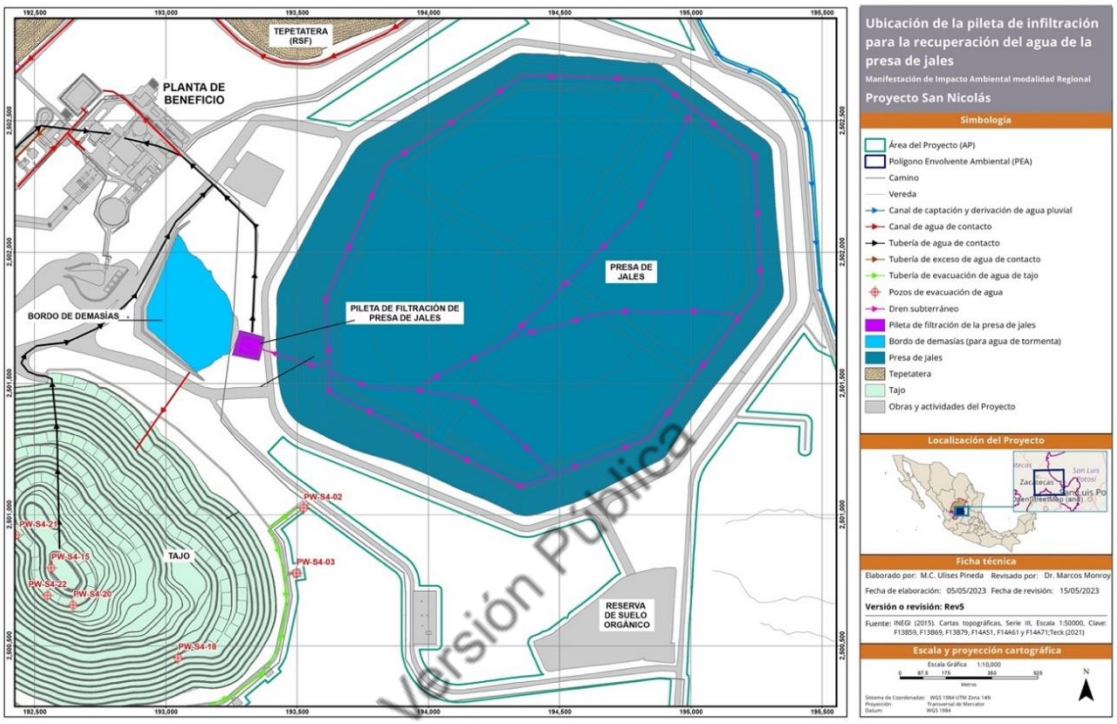


Figura II.40 Ubicación de la pileta de infiltración para la recuperación del agua de la presa de jales, así como la ubicación del bordo de demasías (*storm pond*).

Conformidad de la presa de jales con la NOM-141-SEMARNAT-2003

En el **Anexo II.14** se presenta un análisis de conformidad del diseño de la presa de jales del Proyecto con las especificaciones establecidas en la NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales.

Como lo señala la norma, el almacenamiento de los jales se llevará a cabo en el AP, una vez llevada a cabo la caracterización del sitio conforme se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, aplicando para el diseño de la presa, los criterios de protección ambiental especificados en la norma. En acuerdo a lo establecido, se llevará a cabo el trámite de autorización del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF) de las superficies con cobertura vegetal en el AP

(**Figura II.4**), así como se determinará si los cauces naturales que atraviesan la superficie propuesta para la instalación de la presa de jales son de Orden Federal, y en su caso, se llevará el trámite de autorización correspondiente ante CONAGUA, conforme lo establece la Ley de Aguas Nacionales.

Como se describe en este Capítulo II, se llevó a cabo la caracterización de los jales mineros que serán generados por el Proyecto, cuyos resultados de las pruebas y análisis se reportan en el **Anexo II.10**. La caracterización de los jales (granulometría nominal P_{80} = 37 micas) por los procedimientos normativos de la NOM-141-SEMARNAT-2003, demostraron que los jales son peligrosos y generadores potenciales de drenaje ácido. El potencial de generación de ácido de los jales (de 146 a > 1,563 kg $CaCO_3$/t), excede al potencial de neutralización (-3.0 a 165 kg $CaCO_3$/t) en un orden de magnitud. La relación de potencial neto (potencial de neutralización/potencial ácido) de todas las muestras de jales resultó <1 y, por tanto, los jales se clasifican como potencialmente generadores de ácido (PAG). Sin embargo, pruebas cinéticas realizadas a los jales del Proyecto, demostraron que las tasas de oxidación probablemente se verían afectadas por la cristalinidad de la pirita (FeS_2) y la calcopirita ($FeCuS_2$), así como por la alta saturación del agua en los jales, lo cual reduciría el aporte de oxígeno y con ello, se retardaría el inicio y desarrollo del proceso de oxidación.

Versión Pública

Como se reporta en el **Cuadro II.14**, los criterios de diseño de la presa de jales están basados, entre otros, en las especificaciones técnicas de la NOM-141-SEMARNAT-2003, tales como los aspectos climáticos, edafológicos, geotécnicos, hidrológicos y topográficos.

Con relación a la biodiversidad, la presa de jales se ubicará en áreas con cobertura vegetal dominada por matorral desértico micrófilo, con manchones de matorral crasicaule y de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (**Figura II.3**). Áreas sin vegetación aparente únicamente corresponden a caminos y brechas existentes. Previo a la preparación del sitio donde se instalará la presa de jales, se aplicará el programa de rescate y de reubicación de flora silvestre, orientado a la especies listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010, y a las especies de interés biológico (especies de lento crecimiento y difícil regeneración). En el caso de la fauna silvestre, se aplicará el programa para su ahuyentamiento, rescate y reubicación, de tal manera que se protegerá no solo a la fauna listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010, sino a toda la fauna encontrada, por rescate y reubicación de la fauna de lento desplazamiento, y por ahuyentamiento de fauna voladora y de rápido desplazamiento.

En el análisis del potencial de daño, se llevó a cabo un análisis de consecuencias de la presa de jales, concluyéndose que no existe un escenario de falla creíble (Golder, 2021). No se anticipan impactos fuera del Área del Proyecto. La clasificación de consecuencias se ha revisado en función de los resultados de un escenario hipotético de inundación y ruptura de la presa, para establecer medidas de prevención, de control y de monitoreo como se señala en la NOM-141-SEMARNAT-2003 y sus anexos normativos.

Una improbable falla de la presa afectaría mayormente al área de las instalaciones de la mina, con bajos impactos al medio ambiente local y con la posibilidad de una mínima pérdida o deterioro a corto plazo del hábitat de la vida silvestre, cuya restauración se prevé como altamente viable. Las áreas urbanas, infraestructura, economía y áreas de interés cultural local no serían afectadas, puesto que no existen inmediatamente aguas abajo de la presa de jales. Lo único que existirá es la infraestructura del Proyecto.

Puesto que los jales se clasifican como peligrosos y generadores de ácido, se ha establecido las medidas de mitigación para la protección del acuífero, entre la que destaca la selección de la ubicación de la presa de jales, cuyo sitio fue elegido, entre otros, para el control de las infiltraciones del agua de la presa de jales, infiltraciones que serían conducidas a la pileta de recuperación, y como medida extraordinaria recuperadas en el tajo y retornadas al circuito de proceso, cuya depresión favorece la captación de las infiltraciones de la presa de jales, protegiendo de esta manera al acuífero circundante.

Como parte de la preparación del sitio, se ejecutará el desmonte y despalme exclusivamente por medios mecánicos, de manera gradual y unidireccional, de tal manera que se limitará así la erosión del suelo y la pérdida de la infiltración del agua exclusivamente en las áreas donde se ejecute el CUSTF. El suelo orgánico recuperado será almacenado y mantenido para poder ser posteriormente utilizado para acciones de restauración de suelo en la etapa de cierre del Proyecto.

Versión Pública

El dimensionamiento de la presa de jales estuvo basado en los criterios técnicos definidos por la NOM-141-SEMARNAT-2003 (**Cuadro II.14** al **Cuadro II.21**). El análisis de estabilidad del diseño de la presa de jales se reporta en el **Anexo II.13**. Los resultados de las pruebas realizadas indican que la presa de jales cumple con los criterios de diseño para carga estática y para condiciones post sísmicas en ubicaciones críticas de sección transversal para modos de falla aguas arriba y aguas abajo. Los resultados del análisis pseudoestático indicaron que se requiere un análisis de deformación para estimar la deformación debida a terremotos. El análisis correspondiente indicó que se pueden esperar deformaciones de la cresta de la presa del orden de 12 cm durante un terremoto, las cuales son aceptables para una presa de enrocado, previendo que tengan un efecto insignificante en las zonas de filtrado vertical. El análisis de estabilidad del diseño de la presa indicó los siguientes factores: [i] Carga Estática = 1.5; [ii] Carga Pseudoestática = 1.0; y [iii] Post-Sísmica = 1.2; con lo cual se cumple con los parámetros de seguridad establecidos por la NOM-141-SEMARNAT-2003.

El manejo de los escurrimientos superficiales se proyectó conforme a los métodos establecidos en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Como se reporta en el **Cuadro II.21**, la presa de jales fue diseñada a partir de la precipitación máxima probable para un evento de 48 h (519 mm), mientras que la pileta de agua recuperada fue diseñada para almacenar al menos 5 días de agua recuperada de la presa en condiciones secas.

De acuerdo con el **Anexo Normativo 3** de esta norma, que clasifica a las presas de jales en la República Mexicana y establece la guía para su manejo, *la presa de jales del Proyecto San Nicolás corresponde al **Grupo III; Subgrupo 8; Categoría 23**; con un método constructivo aguas abajo en una plataforma, con enrocamiento en sus taludes, con un sistema de recuperación de agua a través de drenes filtrantes y sistema de monitoreos del comportamiento de la cortina contenedora (bordo) y del vaso de almacenamiento a través de piezómetros, testigos de movimiento y pozos de monitoreo de agua subterránea ubicados aguas arriba y aguas abajo de la presa de jales*.

Como se describe en el **Anexo II.13**, el diseño de la presa de jales del Proyecto San Nicolás se ha alineado con las especificaciones técnicas de diseño, construcción, operación y cierre establecidos por la NOM-141-SEMARNAT-2003. En este mismo anexo se reporta una tabla resumen que documenta el sustento del "no desarrollo" de un análisis de rompimiento de presa por no existir un escenario creíble de rompimiento en base a los estudios técnicos desarrollados por Golder (2021) para el Proyecto.

Este análisis consistió en una evaluación de la presa de jales con respecto a la vulnerabilidad a los modos de falla de presas, así como también de los posibles problemas derivados de la interacción de la presa de jales con el sitio, y una lista de otras revisiones de seguridad y estudios y revisiones de operaciones que están previstas o para informar sobre el desarrollo del diseño, considerando cada etapa del Proyecto: preparación del sitio, construcción, operación y cierre.

Versión Pública

Se revisó el diseño en comparación con los modos de falla típicos de las presas para identificar los modos de falla creíbles, los problemas potenciales y las áreas de mejora del diseño. Se identificaron los modos de falla, las consecuencias resultantes y los controles de diseño para evitar la falla por el diseño de la presa de jales (**Anexo II.13**). No se identificaron modos de falla creíbles que pudieran provocar la pérdida de vidas humanas o un impacto significativo en el ambiente. Los modos de falla local por la falta de resistencia de los cimientos se consideran creíbles y, por lo tanto, el diseño incluye ya un requerimiento de mejora de los cimientos donde la presa cruza sumideros de drenaje natural que contienen depósitos más gruesos de suelos potencialmente licuables. En todos aquellos aspectos de la evaluación de riesgos donde se identificó una falla creíble, se propusieron mejoras para asegurar que no se producirá un impacto en el medio, ni pérdida de vidas humanas.

II.2.3.6 Plan de Manejo de Agua

La gestión del agua para el Proyecto San Nicolás considera definiciones de agua de contacto y de agua de no contacto. El agua de contacto se define como la escorrentía superficial y los flujos de agua de laboreo que han entrado en contacto con una instalación u obra de la operación minera. El agua de contacto se colectará para su empleo en el proceso y se recirculará y usará en circuito cerrado, sin descargas. El agua de no contacto, se define como la escorrentía superficial y los flujos de agua subterránea que no han entrado en contacto con alguna instalación de la operación minera, incluyendo

los almacenes temporales de suelo orgánico. El agua de no contacto será interceptada, captada y derivada para ser reincorporada a la cuenca hidrológica, tal como se muestra en el diagrama conceptual general de la **Figura II.41**. Con este plan de manejo de agua, de acuerdo con las estimaciones actuales, no se recurrirá a fuentes externas de suministro de agua para las actividades industriales del Proyecto. Así, los principales objetivos del plan de manejo del agua del Proyecto, son:

- Minimizar la cantidad de agua de contacto, interceptando el agua superficial antes de que ingrese a una instalación del proyecto minero o se mezcle con el agua de contacto.
- Recuperar y manejar toda el agua de contacto para su reutilización en los procesos y operaciones del proyecto minero.
- Permitir la descarga al medio ambiente si se cumplen los criterios de descarga reglamentarios, del agua de laboreo en excedencia.

El agua para la operación del Proyecto estará integrada exclusivamente por agua de contacto y agua de laboreo procedente del desaguado del área de minado superficial.

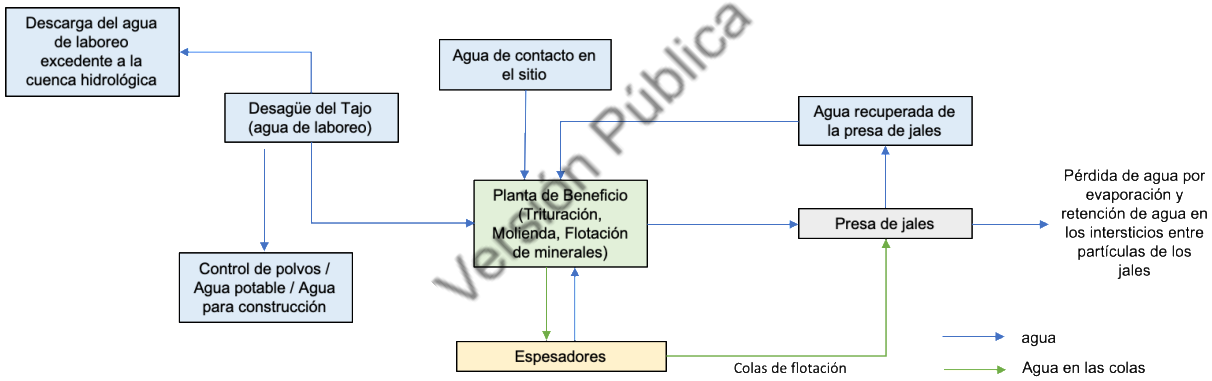


Figura II.41 Diagrama esquemático conceptual del plan de manejo de agua.

El agua de contacto para uso en el proceso, incluirá agua de laboreo del desagüe de la mina y agua de contacto recuperada de las piletas de la tepetatera, que en su conjunto se bombeará al tanque de agua de contacto, de dónde se bombeará para su uso en las áreas de trituración y molienda, concentración por flotación y preparación de reactivos (**Figura II.42**).

El agua de no contacto que no tiene contacto con zonas mineralizadas de la mina, podrá recolectarse en drenes horizontales y bombearse desde los pozos de desagüe con posibilidad de descarga en cauces naturales permitidos, en el caso de excedencias, o bien bombearse al tanque de agua para que se utilice como agua fresca en la planta.

El agua recuperada de la presa de jales y del sobreflujo del espesador de colas de flotación, se bombeará hacia un tanque de agua de proceso (agua recuperada). El agua de proceso se bombeará

desde el tanque de agua de proceso hacia un tanque de agua en circuito cerrado para su uso en equipos mecánicos (**Figura II.42**). El agua de proceso también se bombeará para su uso en las áreas de molienda, flotación y preparación de reactivos. El agua de lluvia precipitada sobre el área de la planta de beneficio se acumulará en la pileta de agua de contacto de la planta y se bombeará con una bomba sumergible portátil al tanque de agua de proceso para su reúso.

El agua de la pileta de filtración de la presa de jales (pileta de agua recuperada) será bombeada a través de dos bombas de turbina verticales de 50 HP montadas en barcaza (una en funcionamiento y otra en reserva). El acceso a la pequeña barcaza será por pasarela flotante. Las bombas transferirán un máximo de 40 L/s (144 m^3/h) a 50 m TDH (Altura Dinámica Total) a través de una tubería HDPE SDR17 de 12″ diámetro, hacia el tanque de agua de proceso en la planta. El caudal mínimo de este sistema es de 9 L/s (m^3/h).

En el caso de tener eventos extraordinarios que conduzca agua hacia el bordo de demasías (de tormentas), el bordo se vaciará utilizando una bomba sumergible portátil de 30 HP cuando sea necesario. La bomba reportará a un sistema de tuberías HDPE SDR17 de 16″ de diámetro, que se compartirá con el sistema de desaguado del tajo y que puede llevar el agua al proceso en caso necesario. El caudal máximo de este sistema se estima en 57 L/s (205 m^3/h) a 25 m TDH.

Versión Pública

La tepetatera tendrá dos piletas para recuperar agua de contacto. La pileta RSF 1 utilizará una bomba sumergible de 25 HP para entregar agua a la planta de proceso a un máximo de 60 L/s (216 m^3/h) a 30 m TDH a través de una tubería HDPE SDR17 de 12″ de diámetro. La pileta RSF 2 es una pequeña pileta en el extremo suroeste de la tepetatera. Una bomba de sumidero sumergible de 5 HP entregará 8 L/s (28 m^3/h) a 10 m TDH a través de una tubería HDPE SDR 17 de 4″ de diámetro para bombear el agua hacia la pileta RSF1, de donde se bombeará el agua como ya se indicó.

El agua de no contacto que entre en contacto con el suelo orgánico temporalmente almacenado, se colectará en estanques para su sedimentación antes de reintegrarla al medio ambiente. Esta agua corresponde a agua de no contacto puesto que no ha entrado en contacto con alguna obra o instalación minera.

El exceso de agua de laboreo se descargará a la cuenca hidrológica a través de un sistema distribuido de descargas en arroyos ubicado al oeste de la tepetatera (**Figura II.43**), considerando que no ha entrado en contacto con ninguna operación o instalación del proyecto minero.

El agua de contacto recolectada en el sitio, a través del sistema de piletas, se utilizará como agua de reposición de la planta de proceso, así como en otras actividades propias de las operaciones. Los resultados del análisis del balance hídrico en todo el plan de manejo de agua, sugieren que a partir del año 7, habría mayores excedencias de agua de contacto (especialmente durante la temporada de lluvias y bajo condiciones climáticas húmedas) tal como se puede observar en el **Cuadro II.22**, se

estima que manteniendo el agua de contacto excedente en tanques o piletas de almacenamiento para aprovechar su reúso se logrará disminuir la demanda de agua de laboreo, lo que incrementaría su retribución de excedencias a la cuenca hidrológica.

Versión Pública

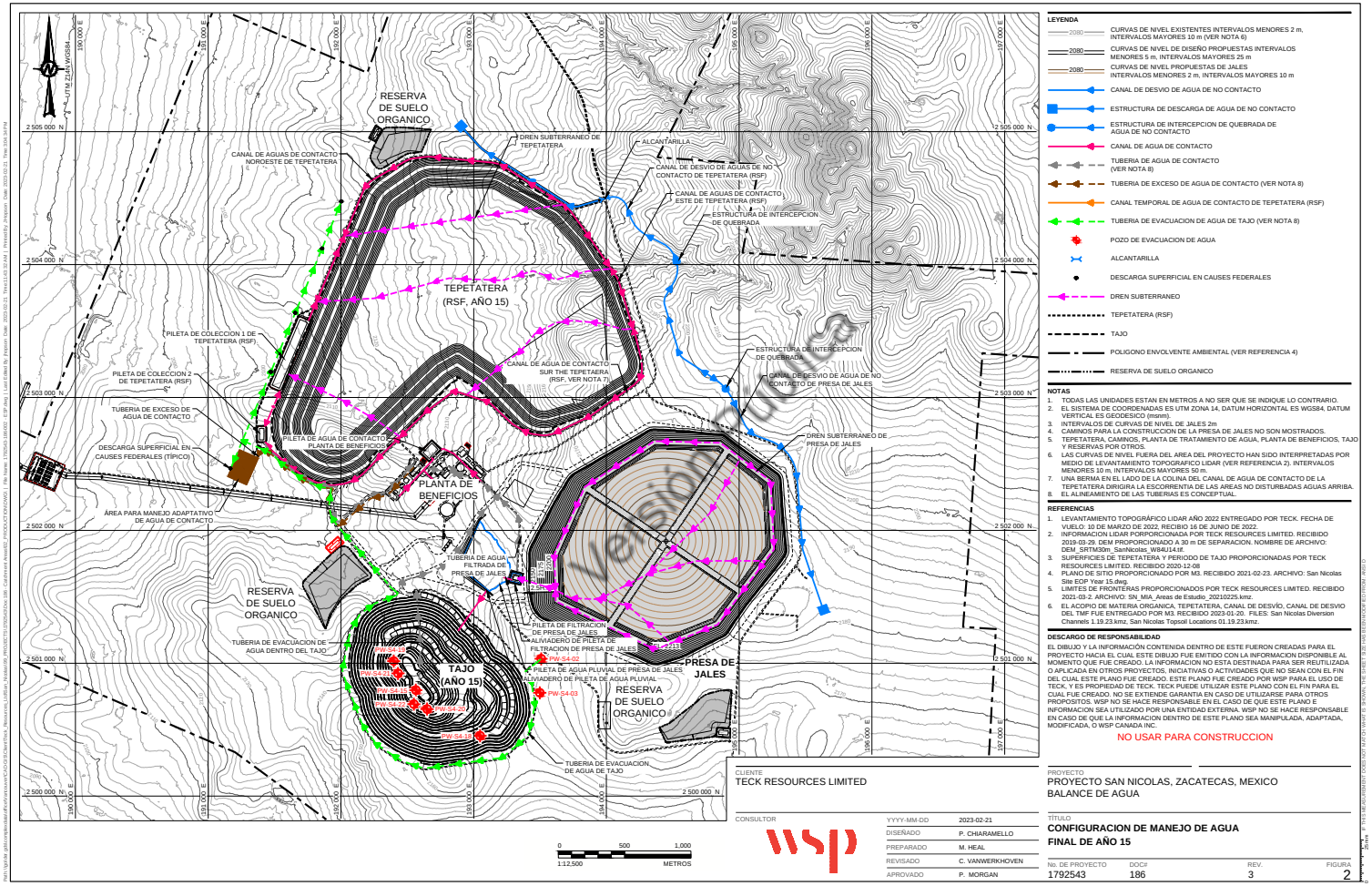


Figura II.42 Configuración de las obras e instalaciones del Proyecto para el Manejo de Agua.

Cuadro II.22 Balance de entradas y salidas anuales de agua (m^3) durante las etapas de Preparación de Sitio y de Operación del Proyecto.

ID	Años del calendario de MIA-R	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Entradas (m^3)																			
1	Precipitación	30,157,000	26,000	285,000	772,000	1,163,000	1,419,000	1,725,000	2,063,000	2,077,000	2,125,000	2,170,000	2,230,000	2,304,000	2,303,000	2,296,000	2,289,000	2,391,000	2,519,000
2	Cárcamo en el Tajo	4,561,000	0	246,000	316,000	277,000	433,000	138,000	108,000	42,000	27,000	18,000	68,000	46,000	39,000	749,000	944,000	66,000	1,044,000
3	Humedad del Mineral	3,024,000	0	0	50,000	217,000	230,000	209,000	214,000	215,000	219,000	217,000	209,000	214,000	215,000	206,000	204,000	204,000	201,000
4	Agua de Laboreo	47,537,000	1,133,000	1,752,000	2,605,000	3,494,000	2,938,000	3,227,000	3,157,000	3,038,000	2,965,000	2,831,000	3,235,000	2,963,000	2,828,000	2,811,000	2,601,000	3,410,000	2,549,000
	Entrada Total (m^3)	**85,279,000**	**1,159,000**	**2,283,000**	**3,743,000**	**5,151,000**	**5,020,000**	**5,299,000**	**5,542,000**	**5,372,000**	**5,336,000**	**5,236,000**	**5,742,000**	**5,527,000**	**5,385,000**	**6,062,000**	**6,038,000**	**6,071,000**	**6,313,000**
Salidas (m^3)																			
5	Evaporación	28,989,000	29,000	254,000	615,000	1,077,000	1,598,000	1,825,000	2,054,000	2,077,000	2,091,000	2,121,000	2,129,000	2,195,000	2,180,000	2,142,000	2,142,000	2,198,000	2,262,000
6	Pérdida en Espacios Intersticiales	27,148,000	0	0	638,000	2,138,000	2,066,000	1,825,000	1,923,000	1,903,000	1,895,000	1,815,000	1,750,000	1,920,000	1,960,000	1,842,000	1,813,000	1,850,000	1,810,000
7	Descarga de Aguas de Laboreo en Exceso	28,074,000	1,094,000	1,814,000	2,389,000	1,889,000	1,317,000	1,613,000	1,503,000	1,349,000	1,298,000	1,258,000	1,815,000	1,363,000	1,197,000	2,016,000	2,022,000	1,978,000	2,159,000
8	Consumo Humano	673,000	0	103,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000
	Salida Total (m^3)	**84,884,000**	**1,123,000**	**2,171,000**	**3,680,000**	**5,142,000**	**5,019,000**	**5,301,000**	**5,518,000**	**5,367,000**	**5,322,000**	**5,232,000**	**5,732,000**	**5,516,000**	**5,375,000**	**6,038,000**	**6,015,000**	**6,064,000**	**6,269,000**
Balance Total (m^3)																			
Entradas – Salidas (m^3)		**395,000**	**36,000**	**112,000**	**63,000**	**9,000**	**1,000**	**-2,000**	**24,000**	**5,000**	**14,000**	**4,000**	**10,000**	**11,000**	**10,000**	**24,000**	**23,000**	**7,000**	**44,000**

Versión Pública

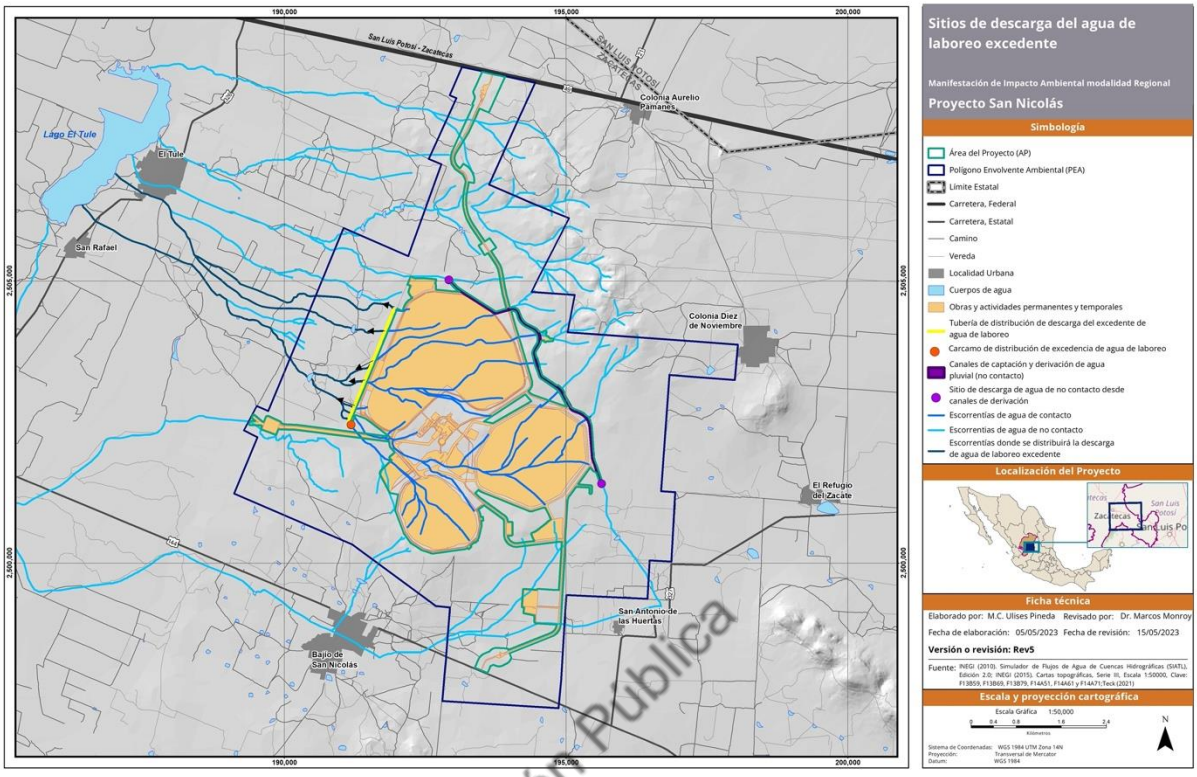


Figura II.43 Sistema de manejo de agua superficial, con ubicación de posibles sitios de descarga de las excedencias del agua de laboreo y ubicación de los canales de captación y derivación del agua de no contacto.

Versión Pública

El almacenamiento temporal del exceso de agua en las piletas de recolección del sitio (especialmente la pileta de recolección RSF 1) permitirá el manejo del agua de contacto excesivo sin requisitos de descarga. Considerando condiciones climáticas promedio, el almacenamiento temporal adicional en las piletas de recolección del sitio, elimina la necesidad de tratamiento de agua de contacto.

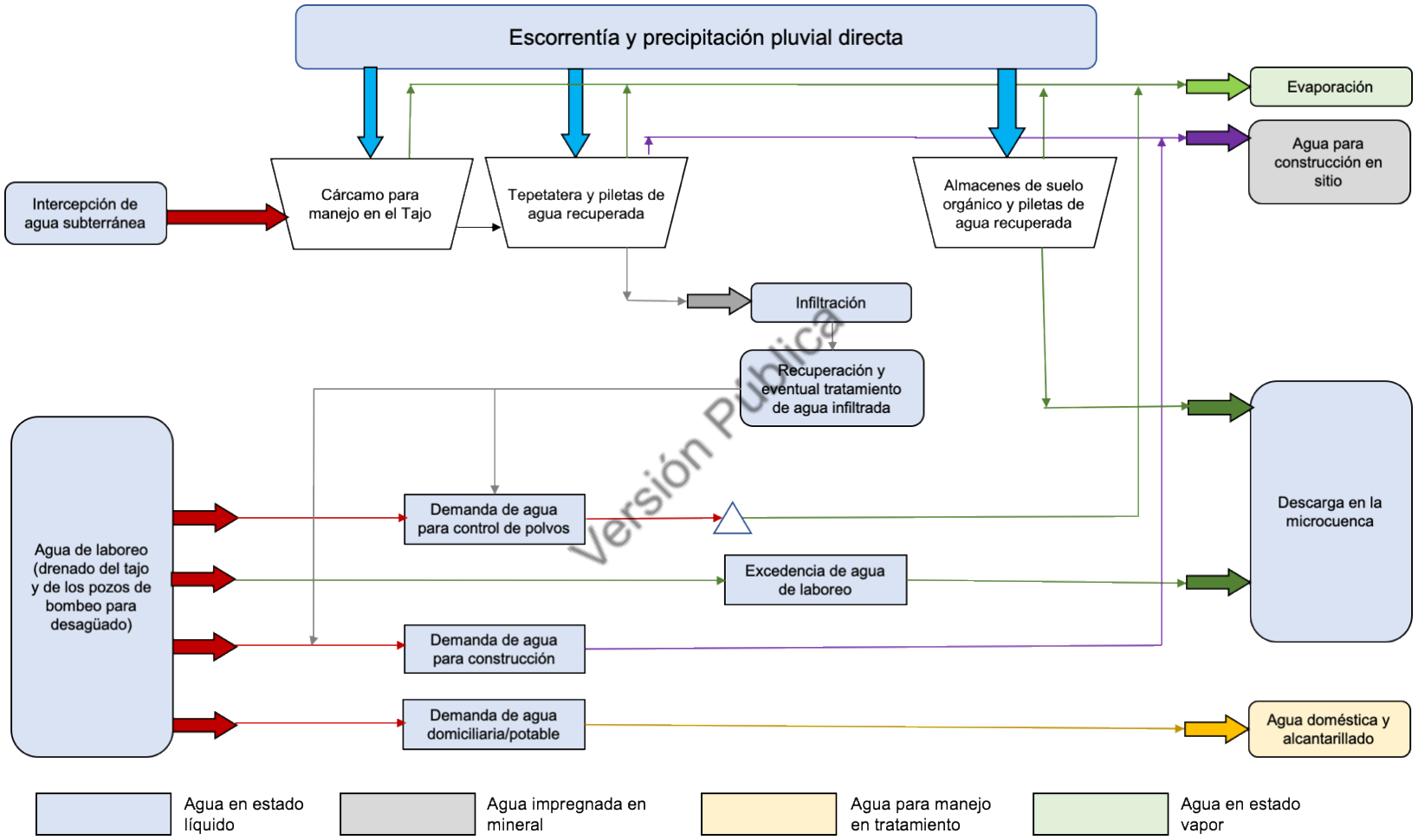
El plan de manejo del agua durante la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto incluye los siguientes sistemas y estructuras de manejo del agua (**Figura II.44**):

- Construcción y operación de un sistema de canales para el desvío de agua de no contacto que incluye una red de canales de captación y desvío alrededor de las instalaciones de la mina.
- Alcantarillas de cruce de arroyos a través de los caminos de acceso, para asegurar la libre escorrentía del agua de no contacto.
- El sistema de manejo de agua de contacto incluye:

- Canales;
- Sistema de drenes en la tepetatera y la presa de jales;
- Estanques y sistemas de bombeo asociados.

- Pozos de desaguado del área de mina y drenes horizontales para despresurizar las paredes de la mina; el agua recolectada se utilizará para la supresión de polvo, agua potable y suministro al proceso minero.
- Circuito cerrado a través del manejo de flujos en piletas que evitarán las descargas de agua del proceso.
- Bombeo de agua y canalizaciones para transporte y flujo del agua entre las diversas instalaciones para el manejo del agua y la mina.
- Los canales de desvío de agua de no contacto y los canales de recolección de agua de contacto han sido dimensionados para transportar el flujo máximo de las cuencas de captación durante los eventos de precipitación con periodo de retorno de 100 años y 24 horas, dejando un bordo libre de 0.3 m.
- Los sistemas de recolección de agua de contacto se dimensionaron según los siguientes criterios:
  - Vaso de almacenamiento de la presa de jales: proporciona capacidad de almacenamiento sobre los jales depositados para contener la Inundación Máxima Probable con una duración de 48 horas, al tiempo que proporciona 2 m de bordo libre.
  - Pileta de filtración de la presa de jales: almacena un mínimo de 5 días de filtración de la presa de jales en condiciones secas, mientras proporciona 1 m de bordo libre.
  - Pileta de demasías (de tormentas) de la presa de jales (storm pond): almacena el volumen de drenaje durante un evento de tormenta de 48 horas con un periodo de retorno de 100 años, con 2 m de bordo libre.
  - Piletas de agua de contacto: almacena el volumen de drenaje durante el evento de 48 horas con un periodo de retorno de 100 años, con 1 m de bordo libre.

Versión Pública



Versión Pública

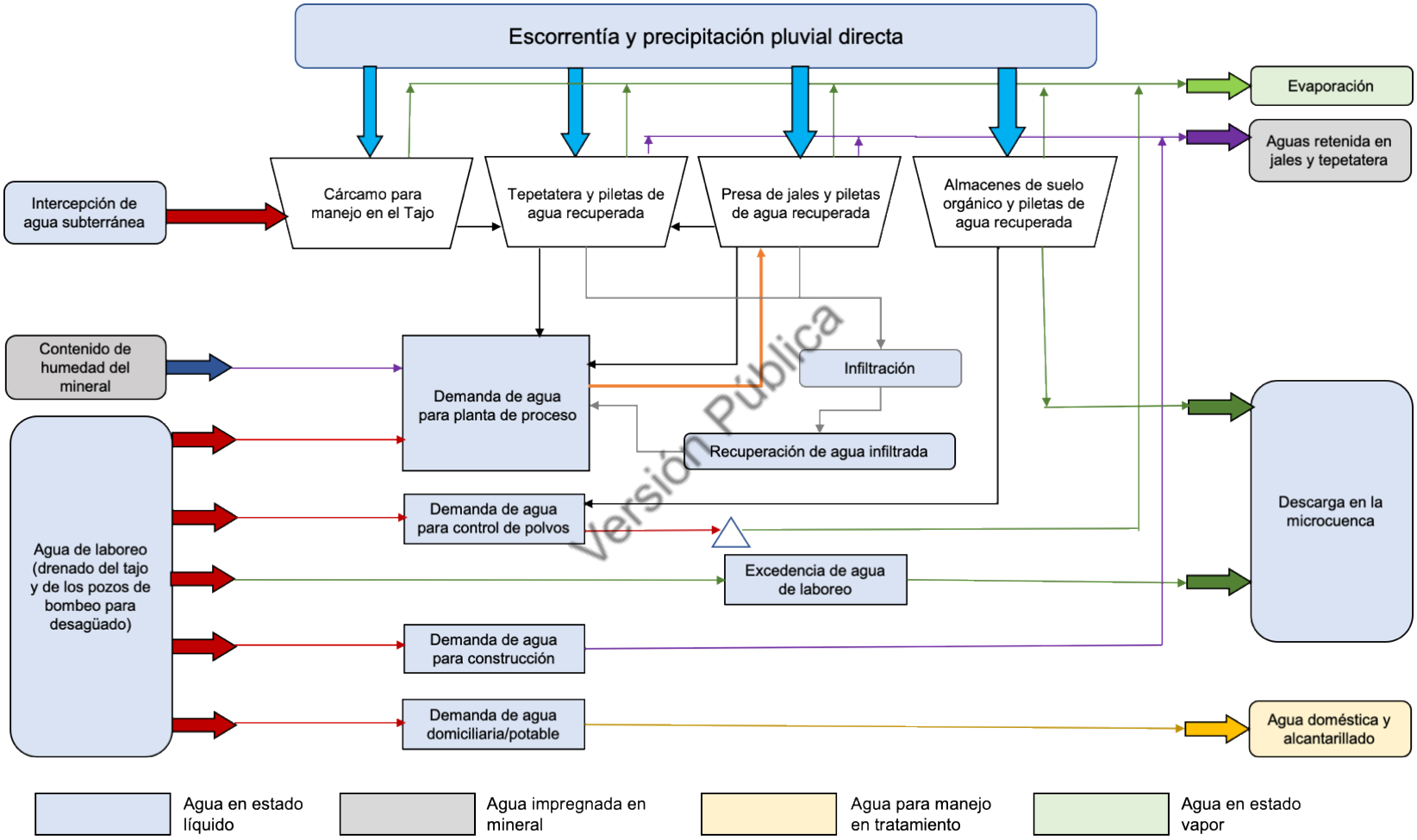
Figura II.44 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante la etapa de construcción del Proyecto.

Balance de agua. El objetivo del balance de agua es simular fenómenos naturales (por ejemplo, evaporación, precipitación) y artificiales que generan interacciones del y con el agua y proporcionar estimaciones de los intercambios de agua (flujos/volúmenes) que ocurrirán a lo largo de la vida operativa del Proyecto, para facilitar el cumplimiento de los requisitos de agua del Proyecto. El balance de agua opera en un intervalo de tiempo diario y predice los volúmenes de agua y corrientes de flujo en las diversas áreas e instalaciones en el Proyecto. El balance de agua estima el volumen de transferencia para cada ruta de flujo; para las instalaciones de almacenamiento de agua, la diferencia entre entradas y salidas se captura como un cambio en el almacenamiento en la instalación de almacenamiento de agua.

En la **Figura II.44** y la **Figura II.45**, se presentan diagramas de flujo del plan de manejo de agua durante las etapas de construcción y de operación/mantenimiento del Proyecto; mientras que en el **Cuadro II.22**, se presenta el balance del manejo de agua durante el ciclo de vida operativa del Proyecto, donde se identifican las entradas, representadas por el agua del desagüe de la mina (agua de laboreo), el agua de contacto por la precipitación directa sobre las instalaciones del proyecto minero, la humedad del mineral y el agua interceptada en el cárcamo del tajo; así como las salidas, representadas por la evaporación, la retención de agua en los poros intersticiales del tepetate y de los jales, el uso y consumo humano, y la restitución del agua de laboreo no usada procedente del desagüe del área del tajo.

Versión Pública

Como se aprecia en el **Cuadro II.22**, el 56% del total del agua de entrada en el Proyecto, proviene del agua de laboreo, mientras que el 35% proviene del agua de contacto por la precipitación directa en las instalaciones del proyecto minero, y el 9% restante entre el agua capturada del sistema de drenes por la infiltración hacia el cárcamo del tajo y el agua contenida en la humedad del mineral. Con relación a las salidas, el 34% está representado por las pérdidas a través de la evaporación y 32% por la retención del agua en los poros intersticiales en la tepetatera y en la presa de jales; mientras que 33% corresponde a agua extraída como agua de laboreo del área de mina, que no será incorporada al sistema de manejo de agua del Proyecto y será reincorporada al medio ambiente. En el **Anexo VI.5** asociado al Capítulo VI de esta MIA-R, se encuentra el Plan de Manejo de Agua del Proyecto durante las diferentes etapas del Proyecto.



Versión Pública

Figura II.45 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante la etapa de operación y mantenimiento.

En los diagramas de la **Figura II.44** y la **Figura II.45**, se observa que las principales demandas de agua para el Proyecto, que incluyen agua para el proceso de beneficio, agua para el control (supresión) de polvos, agua para construcción y agua potable. Además, en el Proyecto se prevén pérdidas de agua por: [i] evaporación y retención en la presa de jales; [ii] evaporación y retención en la tepetatera; [iii] evaporación en los estanques y piletas de colección del sistema de manejo de agua; y [iv] humedad retenida en los concentrados.

II.2.3.7 Operación de las instalaciones auxiliares y de servicio

II.2.3.7.1 Almacén y preparación de reactivos

El almacenamiento y la preparación de reactivos se mantendrá en una única estructura completamente cerrada, adyacente al área de flotación. Los camiones de reparto descargarán en un muelle de carga exterior elevado, de ancho suficiente para manejar dos camiones de reparto a la vez. Los reactivos se descargarán con un montacargas y se llevarán al edificio a través de una rampa exterior y una puerta basculante. Los reactivos se separarán por tipo y se almacenarán en un sistema de rejillas de tres alturas y dos profundidades para ahorrar espacio. El metabisulfito de sodio líquido (SMBS) se entregará en un camión cisterna y se transferirá al tanque de retención a través de una conexión de camión cisterna en el exterior del edificio.

Versión Pública

Los reactivos se entregarán desde el área de almacenamiento a una zona de transferencia a través de un montacargas y luego se levantarán con una grúa puente y se entregarán en la ubicación de mezcla específica para ese reactivo. Se proporcionarán bombas de contención y sumidero separadas para evitar la mezcla de reactivos no compatibles. La distribución, el almacenamiento y la mezcla de cal se encuentran en el exterior del edificio de reactivos, pero directamente adyacente. La mezcla floculante no ocurrirá en el área del reactivo, sino adyacente a los espesadores de concentrados. La **Figura II.46** muestra el arreglo general del área de reactivos.

Listado y consumo de sustancias e insumos

En el proceso de beneficio del Proyecto, se emplearán reactivos y sustancias consideradas como convencionales para el proceso de concentración por flotación de minerales de cobre y de zinc. En el **Cuadro II.23** se presenta el listado de reactivos y sustancias que serán utilizadas en el proceso de concentración por flotación (beneficio), mientras que en el **Anexo II.16** se incluyen sus características de peligrosidad, de riesgos especiales, y número de registro CAS (siglas en inglés de Servicio de Resumen Químico, de la Sociedad Americana de Química). Las cantidades de consumo de cada sustancia en el proceso dependen de las características de la mena que será procesada, en particular de la relación Zn:Cu, como se observa en el **Cuadro II.23.**

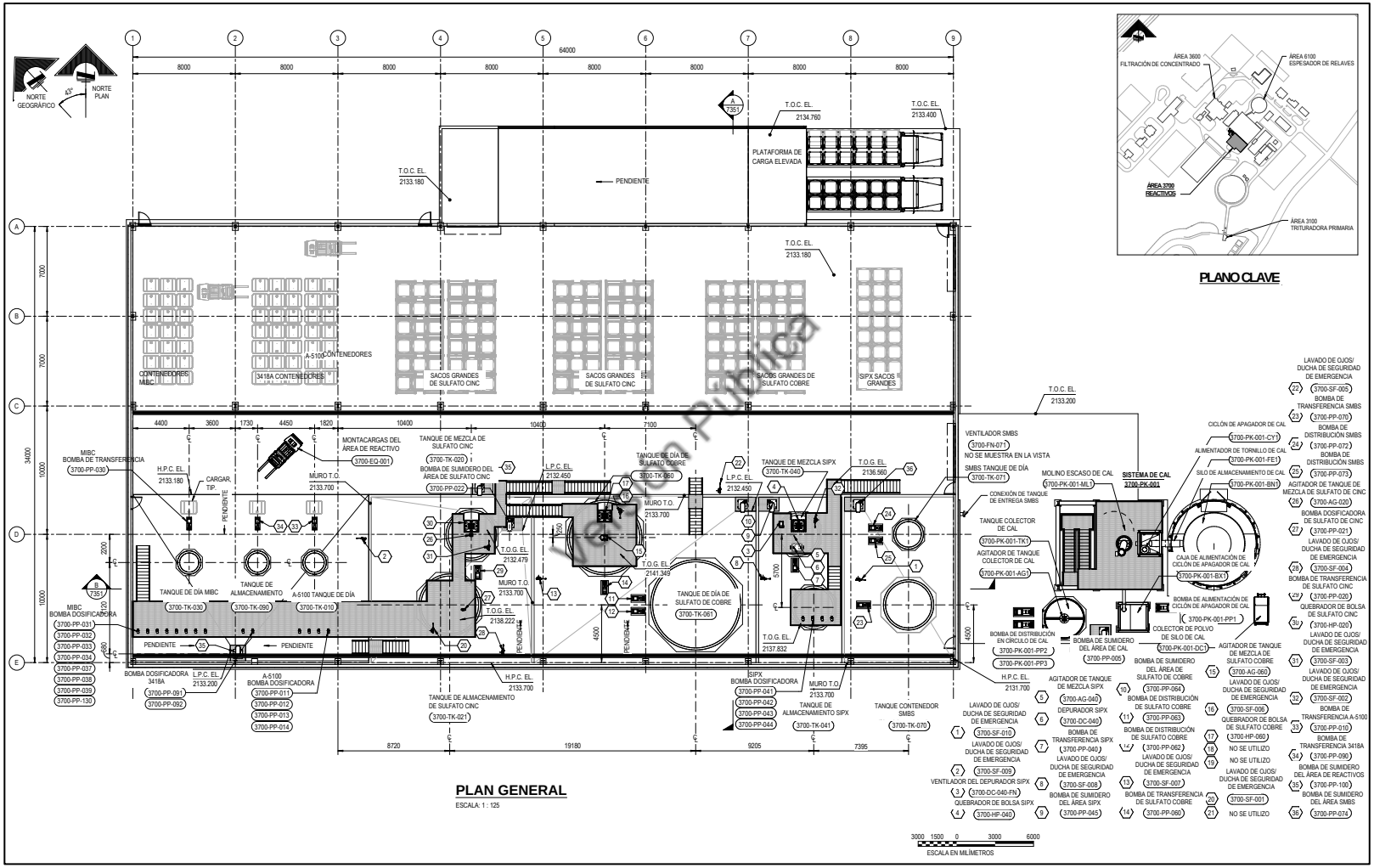


Figura II.46 Planta del arreglo general del área de preparación de reactivos.

Cuadro II.23 Listado e inventario de reactivos para el proceso de beneficio.

Reactivo (las unidades son del consumo)	Consumo			Presentación	Forma de almacenamiento	Cantidad almacenada
	Zn:Cu≤1.6	Zn:Cu >6	Zn<0.3			
Cal, kg/t	2.0	2.7	2.0	Sólido	Silo	500 t
Promotor Aero 5-100, kg/t	0.038	0.027	0.038	Líquido	Tote	7 m^3
Xantato Isopropílico de Sodio (SIPX), kg/t	0.020	0.096	-	Sólido	Supersaco	15 t
Colector Aerophine 3418[a], kg/t	0.015	0.015	0.015	Líquido	Tote	2 m^3
Metil Isobutil Carbinol (MIBC), kg/t	0.02	0.02	0.02	Líquido	Tote	3 m^3
Sulfato de zinc, kg/t	0.100	0.400	0.100	Sólido	Supersaco	40 t
Metabisulfito de sodio (SMBS), kg/t	0.100	0.100	0.100	Sólido	Silo	150 t
Sulfato de cobre, kg/t	0.400	1.700	-	Sólido	Supersaco	171 t
Floculante, kg/t	0.018	0.018	0.018	Sólido	Supersaco	7 t
Antiincrustante, kg/t	0.016	0.016	0.016	Líquido	Tote	2 m^3
Bolas para molienda 125 mm (molino SAG), g/kWh	60	60	60	Sólido	-	-
Bolas para molienda 125 mm (molino bolas), g/kWh	50	50	50	Sólido	-	-

Versión Pública

Debe subrayarse que ninguna de estas sustancias se presenta en cantidades que rebasan la cantidad de reporte del primero y segundo listados publicados en el Diario Oficial de la Federación y, por tanto, ninguna de estas es considerada como sustancia altamente riesgosa.

II.2.3.7.2 Laboratorio de análisis y pruebas

El laboratorio de análisis contará con equipo analítico necesario para realizar todos los análisis de rutina para la mina, las instalaciones de proceso y los departamentos ambientales, así como equipos de preparación de muestras y pruebas metalúrgicas para muestras de núcleos y rocas. El edificio será una estructura de un solo piso equipada con ventilación, colectores de polvo, controles de temperatura y clima. La **Figura II.47** muestra una vista en planta de la disposición general del laboratorio.

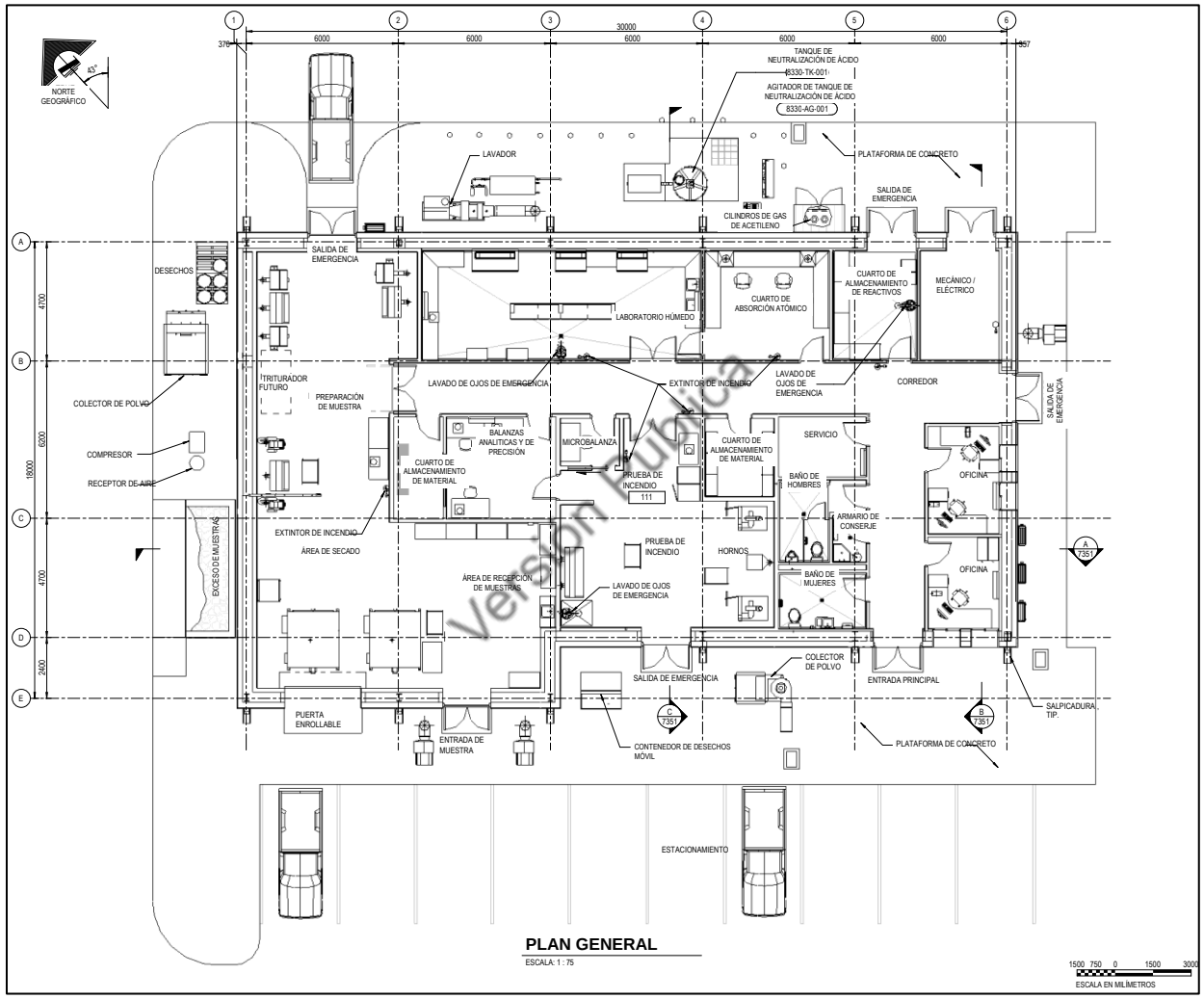


Figura II.47 Vista en planta del arreglo de las instalaciones de laboratorio.

II.2.3.7.3 Subestación Eléctrica y Línea de Transmisión Eléctrica

La **Figura II.20** muestra la ruta de la línea eléctrica elegida para la alimentación de energía al Proyecto. La línea de transmisión, equipos e instalaciones estarán compuestos por:

- Subestación de distribución de 400 kV, con seccionador de puesta a tierra, disyuntores, transformadores y pararrayos.
- Conexión aérea desde la línea eléctrica de 400 kV existente a la subestación del patio de distribución de 400 kV.
- Línea de transmisión de 3.0 km a 400 kV con 1 circuito, 2 conductores por fase, cable conductor de aluminio reforzado con acero (1113 ACSR), cable de tierra convencional, cable óptico de tierra y 11 estructuras de acero autoportantes.
- Una Subestación de planta de proceso de 400 kV a 34.5 kV.

Adicionalmente, la Unidad Minera contará con líneas de distribución de 34.5 kV a las diferentes áreas operativas (las cuales serán instaladas preferentemente en los márgenes de los caminos internos), y subestaciones para áreas operativas específicas.

Versión Pública

El Proyecto tendrá una carga total conectada estimada de 72.1 MW y una carga de demanda total de 56.5 MW, como se describe en el **Cuadro II.24**. En el **Cuadro II.25** se reportan las cargas de energía eléctrica por el AP.

Cuadro II.24 Resumen de carga de energía eléctrica del Proyecto San Nicolás.

Área	Carga conectada (MW)	Carga de demanda (MW)
Planta de proceso y auxiliares	63.4	49.5
Equipo de mina	7.5	6.0
Desaguado del tajo	1.2	1.0
Total	**72.1**	**56.5**

Como ya se mencionó, la energía eléctrica será alimentada a través de una línea de transmisión eléctrica de aproximadamente 250 m de longitud, que unirá la Subestación Eléctrica de Maniobras ubicada al suroeste del AP con la red eléctrica nacional a través de su interconexión con una LTE operada por CFE (**Figura II.28**).

Cuadro II.25 Cargas de energía eléctrica por área en el Proyecto San Nicolás.

Área	Carga conectada			Carga demandada				Carga estimada				
	kW	KVAR	kVA	% Factor de demanda	kW	KVAR	kVA	% Factor de diversidad	kW	KVAR	kVA	Factor de carga
Manejo de agua	118	64	135	80	95	51	108	92	87	47	99	0.74
Equipo de mina	7,495	3,639	8,332	80	5,996	2,911	6,665	100	5,996	2,911	6,665	0.80
Desaguado del tajo	1,200	900	1,500	80	960	720	1,200	100	960	720	1,200	0.80
Auxiliares del equipo de mina	69	51	86	80	55	41	69	100	55	41	69	0.80
Trituración primaria	974	520	1,104	71	694	423	813	74	512	310	598	0.53
Transporte y almacén del mineral grueso	393	213	447	80	314	171	357	87	273	145	309	0.70
Molienda, trituración de guijarros, clasificación y cribado	36,534	17,832	40,653	77	28,033	13,766	31,231	90	25,100	12,292	27,948	0.69
Flotación y remolienda	20,107	10,223	22,556	80	16,086	8,178	18,045	83	13,334	6,697	14,921	0.66
Espesamiento y filtración de concentrado	1,122	724	1,335	80	898	579	1,068	57	509	331	607	0.45
Manejo, almacenamiento y producción de reactivos	320	258	412	80	256	207	329	64	164	133	211	0.51
Aire comprimido	238	147	280	80	190	118	224	92	175	108	206	0.74
Espesamiento y bombeo de colas de flotación	2,008	994	2,241	80	1,607	796	1,793	50	801	402	896	0.40
Manejo del agua de reclamo	1,040	553	1,178	80	832	443	942	47	392	211	445	0.38
Tratamiento de agua a partir de año 7 del programa operativo	24	21	32	80	19	17	26	92	18	16	24	0.74
Admisión, transporte y desagüe	9	8	12	80	7	6	9	46	3	3	4	0.37
Distribución eléctrica	240	180	300	80	192	144	240	100	192	144	240	0.80
Agua	110	78	135	80	88	62	108	58	51	38	63	0.47
Agua contra incendios	4	4	6	80	3	3	5	92	3	3	4	0.74
Mantenimiento de la planta de beneficio	4	4	6	80	3	3	5	92	3	3	4	0.74
Laboratorios	125	94	157	80	100	75	125	50	50	38	63	0.40
Total	**72,134**	**36,510**	**80,847**	**78**	**56,428**	**28,715**	**63,315**	**86**	**48,678**	**24,592**	**54,346**	**0.67**

Versión Pública

Adicionalmente, se contará con generadores diésel de respaldo (de emergencia) en el sitio, en caso de interrupción de la energía eléctrica. Estos generadores estarán equipados con un tanque de combustible de doble pared con capacidad suficiente para funcionar durante 10 horas. Estos generadores estarán alojados en un recinto que permitirá la atenuación del ruido. La energía de respaldo está diseñada para manejar interrupciones breves de energía para mantener en funcionamiento el equipo crítico. En el caso de interrupciones de energía más prolongadas, el generador de respaldo permitirá a los operadores apagar equipos críticos de manera controlada. Se instalarán equipos de iluminación seleccionados con baterías integrales para la seguridad de los operadores. El siguiente equipo estará asegurado a través del sistema de respaldo de energía:

- Espesadores y bombas asociadas;
- Agitadores de tanques de almacenamiento de concentrados;
- Agitador del tanque de almacenamiento de cal y de la bomba de distribución;
- Bombas de las colas de flotación espesadas;
- *Gland seal pump*.

Versión Pública

II.2.3.7.4 Caminos de acceso

Se contarán con distintos tipos de caminos de acceso dentro del AP, cada uno con características particulares, dependientes de sus funciones, según se describe enseguida:

- Caminos de acarreo, secundarios y mineros. Los caminos están diseñados para minimizar las perturbaciones y equilibrar los volúmenes de desmonte y terraplén, al mismo tiempo que se minimizarán las pendientes pronunciadas y las curvas cerradas. Todos los caminos se mantendrán a una pendiente máxima del 10%, con volúmenes de corte y relleno equilibrados para permitir que los 0.25 m superiores de material dentro de la huella de los caminos sean desmontados y transportados a pilas de medios de crecimiento ubicadas estratégicamente en el sitio. Todas las carreteras de transporte y vehículos ligeros permanecerán sin pavimentar.
- Caminos unidireccionales para vehículos ligeros. Los caminos de un solo sentido para vehículos livianos serían utilizados por vehículos livianos y equipo de soporte liviano con fines de construcción y mantenimiento. Serán caminos de baja velocidad (menos de 50 km/h). Estos caminos tendrían un ancho de operación de 4 m y un ancho de terraplén de 1.5 a 2 m. Estos caminos se usarán para acceder a áreas para el mantenimiento de los servicios públicos del sitio (es decir, líneas eléctricas y de agua), canales de aguas pluviales y estanques.
- Caminos para vehículos ligeros de dos vías. Los caminos de dos vías para vehículos ligeros serían las principales vías de circulación para los vehículos ligeros y equipos de apoyo ligeros. Estos caminos se utilizarán para acceder a la infraestructura primaria por lo que serán utilizados por el

personal operativo de la mina. La velocidad de tránsito será menor de 50 km/h. Estos caminos se consideran críticos para la operación minera y, por lo tanto, se construirían con subbase/pista de desgaste para minimizar el tiempo de inactividad debido a su mantenimiento. Estos caminos tendrían un ancho de operación de 8 m y un ancho de terraplén de 1.5 a 2 m.

- Caminos de acarreo de mineral. Los caminos de acarreo de la mina están diseñados bajo la premisa de que circulará una flota de camiones de 220 toneladas. El ancho de la corona de los caminos de acarreo será de 24 m, con un terraplén adicional de 7 m a cada lado para tener en cuenta las bermas de seguridad y las vías de drenaje. Estos caminos serán diseñados y construidos de acuerdo con los estándares de caminos de acarreo de la MSHA (por las siglas en inglés de la Administración de Salud y Seguridad Minera, del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos de América).
- Caminos de acceso al Área del Proyecto. El acceso principal al sitio del Proyecto será desde el norte, a través de la carretera federal 49. Para ello, se incorporarán carriles de aceleración/desaceleración que permitirán que el tráfico gire, acelere o desacelere de manera segura al entrar y salir de la propiedad del Proyecto. En este camino al norte, se hará toda incorporación de vehículos de carga pesada. Un segundo camino de acceso, estrictamente para el personal de la mina, se construirá en el extremo sur del Proyecto, a través de la carretera estatal 144. El acceso en esta área también será mejorado para proporcionar seguridad al entrar y al salir a la propiedad. Las mejoras a los accesos a través de estas carreteras se diseñarán y construirán según los estándares estatales y federales, una vez obtenidas las autorizaciones.

Versión Pública

II.2.3.7.5 Polvorín (Almacén de explosivos)

La instalación y operación del almacenamiento de explosivos para el minado cumplirá los requerimientos establecidos por la SEDENA, que incluyen dos instalaciones por separado, como se aprecia en la **Figura II.48**. Los explosivos que serán utilizados, están basados en combustóleo mezclado con nitrato de amonio (ANFO, por sus siglas en inglés), se ubicará al sureste del AP en una plataforma de 200 m x 100 m, completamente cercada para control de seguridad. La ubicación se eligió para estar alejada de la planta principal y, al mismo tiempo, proporcionar un fácil acceso a la mina (**Figura II.5**). Las instalaciones en esta plataforma incluirán silos de pastillas, un silo de emulsión, un taller de 2 bahías, una plataforma de carga de lechada, una plataforma de lavado y un edificio detonador separado con un muro de concreto o una berma de tierra que separa los dos edificios (**Figura II.48**). Los edificios de almacenamiento de explosivos serán de hormigón armado o de bloques de CMU (unidad de mampostería de hormigón) con lechada sólida y techos con estructura de acero.

II.2.3.7.6 Almacén y Taller de Servicio a la Planta de Beneficio

Se tendrá una única estructura de acero para las necesidades de almacén y mantenimiento de la planta de beneficio. El almacén resguardará piezas y consumibles que necesitan protección de los eventos climáticos. El edificio incluirá puertas de acceso para vehículos livianos en cada extremo del edificio, un piso de losa de concreto para la operación de montacargas; se incluirán oficinas con área de clasificación/recepción. Se utilizará una plataforma de recepción de hormigón exterior para descargar los camiones. El almacén también contará con un patio de depósito para el equipo de la planta de proceso y de la mina, así como para el almacenamiento de repuestos. Este patio estará completamente cerrado con una valla de seguridad. El mantenimiento de la planta estará en el mismo edificio de acero que el almacén e incluirá un puente grúa de 10 toneladas. El edificio incluirá un área de herramientas, oficinas de supervisión y planificación e instalaciones para el personal. Las puertas basculantes separadas del almacén permitirán mover equipos y suministros del área de mantenimiento.

Versión Pública

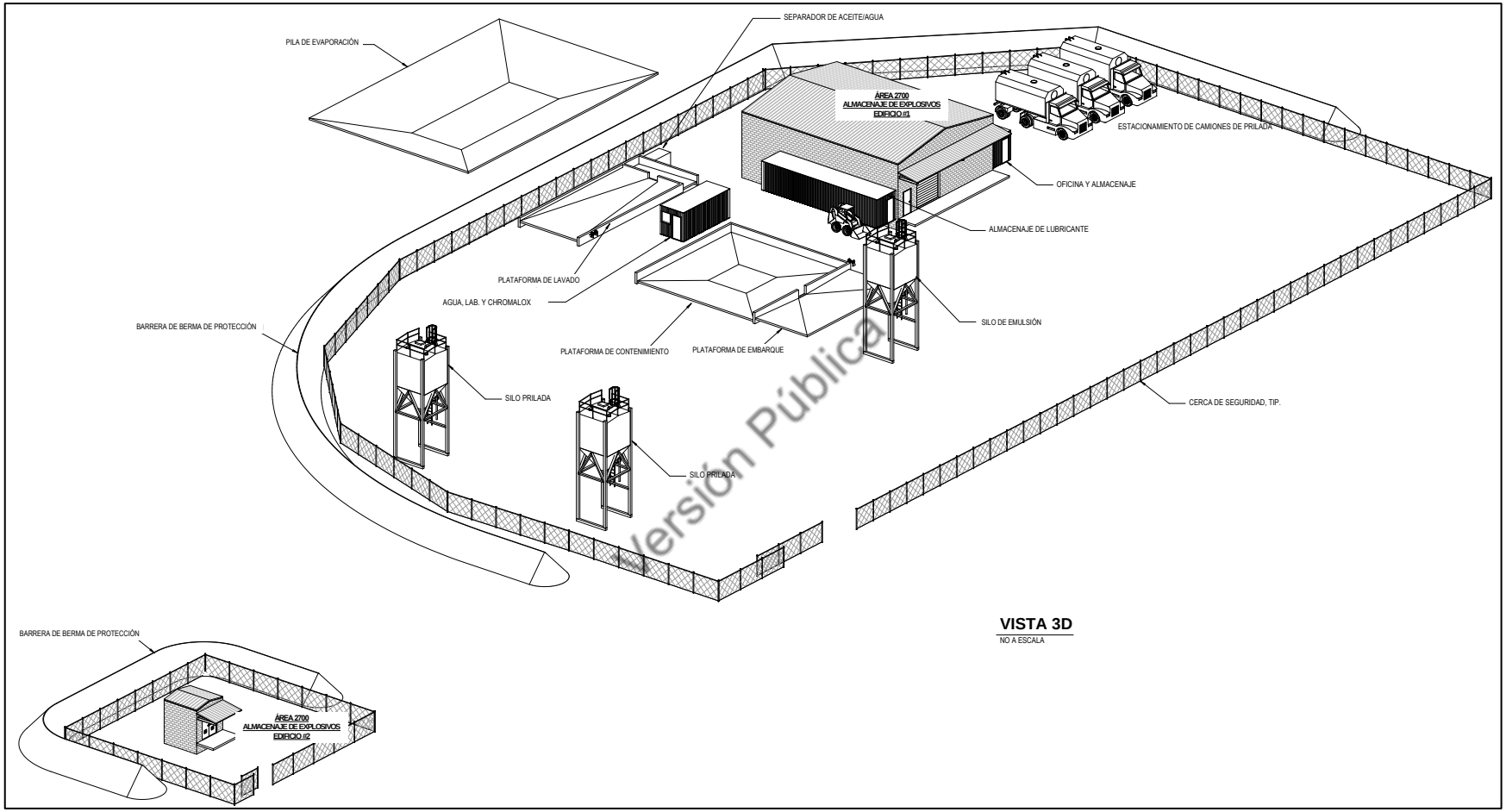


Figura II.48 Arreglo general del área del polvorín.

II.2.3.7.7 Taller de mantenimiento de camiones/Oficinas Mina

El complejo de talleres de camiones está diseñado para la reparación y el mantenimiento de equipos móviles pesados y vehículos ligeros. El diseño incluye tres bahías de reparación de camiones de transporte, una bahía de equipo grande, dos bahías de reparación de vehículos livianos con elevadores de vehículos y una bahía de lubricación. También se proporcionarán bahías de trabajo separadas para soldadura y electricidad, almacenamiento de piezas, casilleros y salas de descanso.

El edificio de oficinas de la mina estará ubicado en el segundo piso del taller de camiones y albergará al personal de planificación e ingeniería de la mina, e incluirá un comedor y una gran sala de capacitación. El área descubierta para lavado de camiones estará cerca del taller de camiones en una losa de concreto separada. Una almohadilla de cambio de llantas ubicada muy cerca del taller de camiones permitirá el cambio de llantas para los grandes camiones de transporte de mineral.

II.2.3.7.8 Comedor/cafetería

El comedor/cafetería de la planta ha sido dimensionado para albergar entre 96 y 128 personas en una sola sesión. El comedor incluirá baños para hombres y mujeres en la entrada. El área de la cocina proporcionará almacenamiento de alimentos secos, fríos y congelados; áreas de preparación separadas según corresponda y una línea de servicio estilo buffet.

Versión Pública

II.2.3.7.9 Edificio de Administración

Este edificio albergará al personal de administración de la mina, así como la casa de cambio de planta y la clínica médica. El personal de administración contará con entornos de oficina abiertos y privados del tamaño adecuado para cumplir con los requisitos de salud laboral prevista para el personal. Esta área tendrá salas de recepción, salas de conferencias, salas para descanso (pausas), así como para almacenamiento de archivos e informática. La sección de la casa de cambio de la mina tendrá áreas para vestidores y duchas separadas para hombres y mujeres, y tendrá el tamaño previsto para el número de miembros del personal de operación. La sección de la clínica médica incluirá áreas para una estación de primeros auxilios de emergencia, consultorios y almacenamiento de productos farmacéuticos.

II.2.3.7.10 Instalaciones de Seguridad

Se tendrán dos instalaciones de seguridad para controlar el acceso a las instalaciones del Proyecto San Nicolás. Estas instalaciones incluyen un edificio de seguridad de entrada principal, una ubicada al norte de la planta para acceso a través de la carretera federal 49, y una instalación de seguridad de entrada más pequeña al sur del AP para acceso a través de la carretera estatal 144. Todo el sitio estará cercado con una cerca de alambre de púas de 3 alambres.

La entrada de seguridad norte a través de la carretera federal 49 será el punto de entrada principal para todas las entregas, envíos y contratistas que ingresen y salgan del sitio, incluyendo todo vehículo de carga pesada. Una caseta de vigilancia controlará la entrada y salida del tráfico del sitio, y un gran estacionamiento permitirá el tráfico entrante. Una instalación de capacitación separada será para capacitación de acceso al sitio, monitoreo de video en todo el sitio e incluirá una pequeña sala de descanso. También se instalará una báscula para camiones y un lavado de ruedas en esta ubicación.

La entrada de seguridad sur será el punto de entrada principal para los operadores, el personal y la gerencia de la mina durante la operación, así como la entrada controlada para el personal laboral durante la construcción. La mayoría de los empleados de la mina llegarán a este punto de entrada por la carretera estatal 144 en autobuses desde las comunidades locales cercanas. El personal descenderá de los autobuses y pasará por un edificio de control de seguridad. Después del puesto de control, el personal será nuevamente recogido por autobuses operados por la mina y transportado al sitio de la planta, y viceversa cuando salga de su sitio de trabajo. Este edificio también se encargará de control/acceso del tráfico sur y funciones de capacitación específicas del sitio.

Versión Pública

II.2.3.7.11 Cercado perimetral

Se utilizarán cercas de alambre de púas (3 alambres) alrededor del perímetro de la propiedad (PEA), para evitar que el ganado y el público entren a la propiedad. Adicionalmente, se instalará un cerco perimetral de seguridad con postes metálicos, cimentados en bases de concreto, con malla metálica y cabezal con alambre de púas, con el propósito de dar seguridad a todas las obras e instalaciones mineras dentro del AP. Este cercado perimetral de seguridad contará con medidas específicas para asegurar el libre tránsito de fauna silvestre. En áreas donde se necesita un mayor nivel de seguridad, como la subestación eléctrica, casetas de vigilancia, piletas y el área de almacenamiento de explosivos, se instalarán mallas de alambre.

II.2.3.8 Manejo de combustibles

Se tendrán dos áreas separadas de almacenamiento y despacho de combustible en el AP. La estación de servicio para equipo pesado dispensará combustible diésel a camiones mineros y equipo pesado; estará ubicada en el lado suroeste, cerca del taller de camiones, para un fácil acceso a las áreas de operación de la flota de camiones pesados de transporte de mineral. El almacenamiento se realizará en tanques de combustible verticales dentro de una plataforma de contención en hormigón (**Figura II.49**). Cabe señalar que se privilegiará el uso y consumo de diésel UBA producido por PEMEX, con el propósito de reducir las emisiones de SO_2.

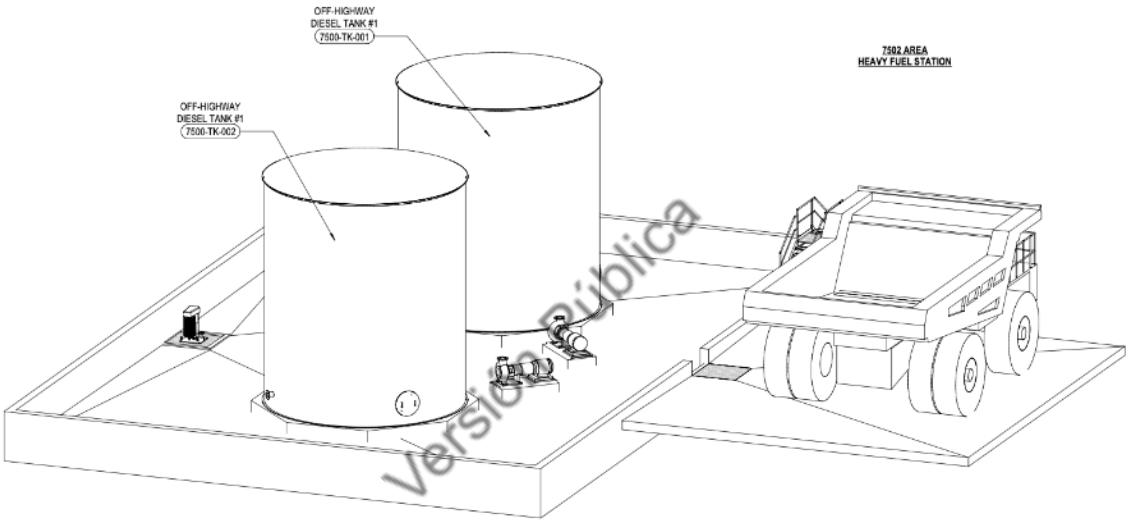


Figura II.49 Estación de almacén y despacho de combustibles para vehículos pesados.

Una segunda estación de abastecimiento de combustible despachará diésel y gasolina sin plomo a vehículos ligeros, la cual estará ubicada al norte del AP. El almacenamiento será en tanques verticales u horizontales dentro de plataformas de contención de concreto (**Figura II.50**). Ambas instalaciones estarán protegidas con bardas de hormigón, y dispondrán de sistemas de colección de derrames y bases impermeables para evitar la contaminación de suelo por hidrocarburos.

El consumo estimado de diésel para la operación del Proyecto se reporta en el **Cuadro II.26**, cuyo principal consumo se destina para los vehículos pesados (62%). Cabe señalar que el **Cuadro II.26** no incluye el consumo de diésel durante el primer año del Proyecto, correspondiente a la etapa de preparación del sitio, ni el consumo de diésel en la etapa de post-cierre. El reporte indicado de consumo de diésel es principalmente para las etapas de construcción y de operación-mantenimiento, que son las etapas de mayor consumo de diésel.

Versión Pública

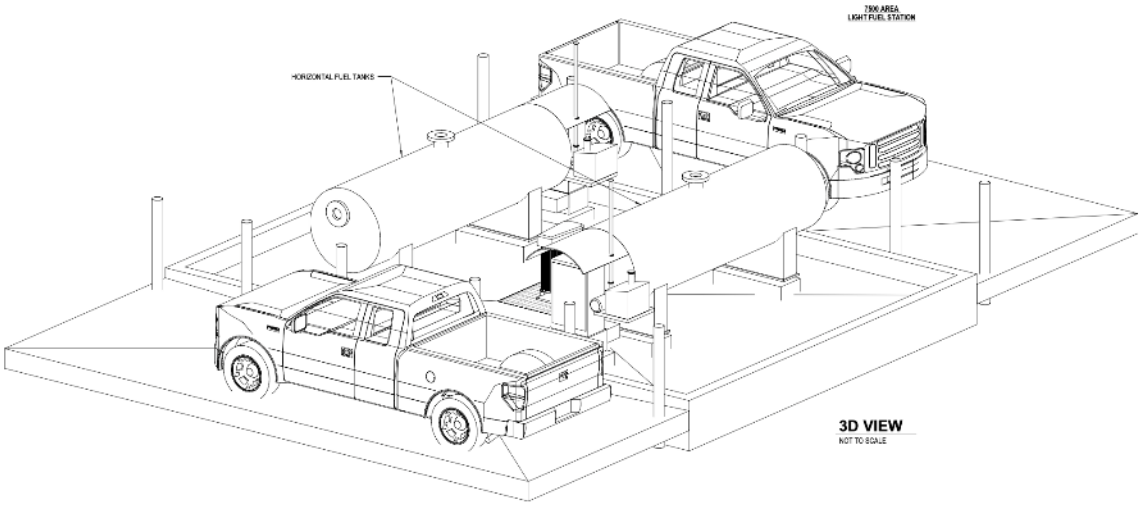


Figura II.50 Estación de almacén y despacho de combustibles para vehículos ligeros.

Versión Pública

Cuadro II.26 Consumo estimado de diésel por el Proyecto.

Concepto	Unidad	Total	Periodo en calendario ciclo de vida MIA-R SEMARNAT															
			Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18
Acarreo y Transporte dentro del AP	litros	**198,525,719**	8,541,690	6,001,216	6,100,683	15,377,039	18,628,226	17,885,073	14,315,095	16,913,651	12,210,533	13,113,321	13,617,722	14,014,986	10,486,058	7,314,629	8,880,462	10,332,453	4,792,882
Equipos auxiliares diésel de perforación y voladura	litros	**1,314,156**	122,900	66,526	66,911	133,442	133,445	115,304	115,307	115,307	70,958	70,963	70,963	70,957	47,879	29,693	32,807	35,909	14,885
Perforación y voladura de electricidad generada por diésel	litros	**4,178,859**	4,178,859	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga de equipos auxiliares + FEL	litros	**24,515,058**	6,878,928	987,904	993,610	1,981,598	1,981,635	1,712,250	1,712,289	1,712,289	1,053,715	1,053,794	1,053,789	1,053,702	710,988	440,940	487,174	533,242	167,209
Carga de electricidad generada por diésel	litros	**6,738,515**	6,738,515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipo soporte (auxiliar)	litros	**84,931,194**	6,753,853	3,798,952	3,830,439	7,631,896	7,632,003	6,935,685	6,935,804	6,935,804	4,942,902	4,943,140	4,943,125	4,942,862	3,905,780	3,088,590	3,228,499	3,367,905	1,113,955
Total Diesel	**litros**	**320,203,502**	**33,214,745**	**10,854,599**	**10,991,643**	**25,123,975**	**28,375,308**	**26,648,312**	**23,078,496**	**25,677,051**	**18,278,108**	**19,181,218**	**19,685,599**	**20,082,508**	**15,150,705**	**10,873,852**	**12,628,942**	**14,269,509**	**6,088,932**

Versión Pública

II.2.3.9 Programa general de mantenimiento

El programa de mantenimiento de la planta de proceso hará que las operaciones funcionen correctamente y reduzcan el tiempo de inactividad no planificado. Si bien este programa se establecerá en una fase posterior del Proyecto, a continuación, se proporciona un estimado de los periodos de mantenimiento para los equipos principales de la planta de proceso. Los ciclos de mantenimiento para todos los equipos principales se realizarán de acuerdo con las indicaciones del fabricante, tratando de superponerlos para establecer intervalos de mantenimiento de la planta. A partir de esta recopilación de datos, se desarrollará un cronograma para la vida útil de la mina con intervalos apropiados. Este cronograma ayudará al personal de la mina a garantizar que los repuestos adecuados y los componentes/fluidos de reemplazo estén en el sitio y disponibles. Algunos artículos de alto desgaste, como son las bombas y los ciclones, tendrán repuestos instalados, lo que permitirá su derivación durante la reparación o el reemplazo, lo que permite un funcionamiento continuo. El **Cuadro II.27** representa los intervalos de mantenimiento recomendado para cada tipo de equipo en la planta de proceso del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro II.27 Periodicidad del programa de mantenimiento de los equipos e instalaciones mayores en la planta de proceso.

Equipo	Intervalo	Descripción
Trituradora de quijadas	3-4 meses	Cambio del liner
Alimentador Grizzly	3 meses	Cambio/reparación de barras
Clasificador vibrante	3 meses	Cambio de panel
Trituradora primaria	3 meses	Remplazo del cono
Molino SAG	6-8 meses	Cambio del liner
Molino de Bolas	anualmente	Cambio del liner
Molinos ISA	anualmente	Cambio de disco/rodamiento
Celdas de flotación	anualmente	Reconstruir rotor
Celdas de columna de limpias	anualmente	Limpieza
Filtros prensa de concentrados	en continuo/anualmente	Cambio de filtros
Espesador de colas de flotación	anualmente	Inspección anual
Bandas	en continuo	Lubricación/alineación
Alimentadores de bandas	cada 2 años	Cambio de correas/baleros
Molinos de remolienda	anualmente	Cambio de *liners*
Muestreadores/Analizadores	en continuo	-
Alimentador *Apron*	anualmente	-

II.2.4 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

A continuación, se presenta una descripción de las principales actividades por desarrollar al término de la operación del Proyecto, como parte de la etapa de Cierre del Proyecto. Estas actividades incluyen aquellas acciones que estarán incluidas como medidas de mitigación al cierre.

II.2.4.1 Descripción de la Etapa de Cierre

La etapa de cierre corresponde al cese permanente de las actividades mineras y el inicio de las actividades relacionadas con el desmantelamiento, la restauración del sitio y el regreso del sitio a condiciones lo más cercanas posibles a las iniciales, asegurando la protección de los medios del ambiente. El cierre de la mina tiene el objetivo de preparar el sitio para que sea seguro, estable y sostenible para un uso predeterminado de la tierra y está destinada a ser seguro para la salud humana y el medio ambiente a lo largo de los años.

La etapa de cierre incluye las siguientes consideraciones:

- Asegurar la estabilidad física y geoquímica de las instalaciones permanentes (Tepetatera, Presa de Jales y Tajo).
- Asegurar el adecuado manejo de aguas de contacto y no contacto.
- El desmantelamiento de la infraestructura asegurando la calidad del suelo.
- Revegetación del área del proyecto con especies nativas.
- Monitoreo y post-monitoreo de servicios ambientales.
- Desde el inicio de la preparación del plan detallado de cierre se involucrará la participación de las partes interesadas, tales como trabajadores locales, proveeduría local, comunidades vecinas, autoridades locales y regionales, y otros sectores.

Versión Pública

La etapa de cierre incluye actividades como el desmantelamiento de las instalaciones del sitio, la remediación del sitio donde sea necesario después de la evaluación del cierre conforme la normatividad vigente, el manejo de las microcuencas hidrológicas para asegurar que todos los drenajes descarguen libremente a la cuenca que corresponda, y la restauración y revegetación del sitio.

El cierre de la mina implica desarrollar acciones y planes dirigidos para lograr metas específicas a largo plazo. Por esta razón, las actividades de cierre serán establecidas en un Plan Definitivo de Cierre que será entregado a SEMARNAT previa conclusión de la etapa de Operación y Mantenimiento, para su evaluación y autorización. Enseguida se presenta una descripción del plan de cierre conceptual que proporciona los objetivos del cierre que se seguirán al final de la operación de la mina.

Cabe señalar que para asegurar las acciones de la etapa de cierre y de la etapa de post-cierre del Proyecto, se tiene estimado un presupuesto de aproximadamente [redacted] como se reportó precedentemente en la sección del Monto de Inversión del Proyecto. A este monto deberá sumarse los montos correspondientes a la aplicación de medidas de mitigación en ambas etapas.

Objetivo. El objetivo general del plan conceptual de cierre es proporcionar seguridad y protección a la salud humana y el medio ambiente a largo plazo. Además, se contempla identificar e implementar acciones que permitan la transición laboral del personal y la proveeduría local, a través de la reconversión de habilidades y capacidades. El plan de cierre del Proyecto, incluirá:

- La estabilidad física, química y biológica a largo plazo de las instalaciones mineras, dando cumplimiento a los reglamentos y normas vigentes que apliquen.
- Sostenibilidad con el medio ambiente y las comunidades locales tras la reasignación de los predios, tratando de asegurar un uso funcional al terreno enfocado al desarrollo productivo de la región.
- Acciones de cierre progresivo darán inicio desde fases tempranas durante la operación, para asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Versión Pública

Objetivos específicos. A continuación, se describe de manera breve el plan conceptual del cierre, incluyendo los objetivos y alcances específicos por obra o actividad del Proyecto. Estos objetivos están relacionados con el establecimiento de la configuración final de las instalaciones al cierre.

- **Planta de beneficio.** Se llevará a cabo un estudio de ingeniería de los edificios para determinar el estado de su estructura, pisos y paredes, y la posibilidad de un colapso no planificado de cualquier parte de la estructura. El equipo contra incendios se dejará en su lugar hasta que se retire el resto del equipo. Los procedimientos generales incluirán: [i] el cierre y control de las líneas eléctricas, de gas, vapor de agua, alcantarillado y otras líneas de servicio fuera de la línea del edificio antes de que comience el trabajo de demolición; [ii] identificación, pruebas y eliminación de condiciones de riesgo o de toxicidad, a través del retiro de condiciones de peligro, purga y limpieza de instalaciones y de equipos, y retiro de materiales clasificados como peligrosos; [iii] desmantelamiento de instalaciones eléctricas; [iv] retiro de equipos recuperables a los que se buscarán oportunidades de reutilización, retirándolos del sitio para su reventa o reutilización en otras instalaciones propiedad de Minas de San Nicolás.
- **Edificios.** Los edificios que no se requieran para el monitoreo post-cierre, o que no tengan un uso útil en el futuro, serán desmantelados y eliminados dentro o fuera del sitio, según sea necesario. Las paredes de los edificios y los tanques se desmontarán y retirarán por completo. Se romperán los cimientos de edificios de hormigón. Los cimientos más pequeños se nivelarán por debajo del nivel del suelo (cuando sea posible), seguido de la perforación de las plataformas de hormigón para permitir un drenaje adecuado. Las huellas se cubrirán con material adecuado

para establecer una cubierta vegetal. Se utilizarán técnicas estándar de demolición y movimiento de tierras durante esta fase de cierre. Estas técnicas pueden incluir el uso de equipos tales como excavadoras, niveladoras de tierra, camiones volquete y excavadoras. Las áreas mineras se volverán a perfilar para permitir la revegetación de pendientes, caminos de acceso y áreas de descanso, y para combinar con la topografía natural circundante.

- **Equipos.** El equipo utilizado para el almacenamiento, procesamiento y transporte se descontaminará antes de su desmantelamiento y posterior retiro de las instalaciones.
- **Caminos operativos de acceso.** Los caminos permanecerán más allá del cierre para uso futuro y actividades en el sitio, ya que se anticipa que alguna infraestructura permanecerá en su lugar. Los caminos de acarreo en el área de la mina permanecerán en su lugar más allá del cierre para permitir el acceso a áreas recuperadas, así como para el monitoreo posterior al cierre. Una vez que se hayan finalizado las actividades de recuperación y cierre, los caminos sin uso posterior al cierre se rasgarán para eliminar la compactación. Una vez descompactados, los caminos se modificarán para que se mezclen con la topografía local, limitar la erosión y promover el drenaje natural. Se quitarán las alcantarillas sin uso posterior al cierre y se volverá a restaurar el área alterada para permitir un drenaje sin obstrucciones. Se construirán pequeñas bermas, a lo largo de las superficies de los caminos remodelados para reducir el flujo y la erosión del suelo.
- **Minado superficial.** El plan de cierre incluirá la estabilidad a largo plazo de las paredes del tajo con respecto al nivel final del agua en el tajo. Esto implicará el análisis de estabilidad en secciones seleccionadas. Se instalará una barrera con valla perimetral alrededor de la cresta del tajo para evitar el acceso. La barrera puede incluir una berma de tierra o cantos rodados poco espaciados. Se adoptará un enfoque de modelado geoquímico para la predicción de la evolución geoquímica del agua en el tajo al final de la operación. El modelo se diseñará para extenderse durante un periodo nominal posterior al cierre de 100 años e involucrará un modelo de balance físico de agua y un modelo de carga geoquímica. Cabe señalar que, al cierre del minado superficial, una vez terminadas las acciones de desagüe del agua de laboreo, el agua iniciará a retomar sus niveles de equilibrio, por lo que el tajo comenzará a llenarse progresivamente. Los resultados del balance de agua del proceso de inundación del tajo realizado para un periodo de tiempo de 100 años muestran los siguientes resultados:
    - El aporte principal de agua para la inundación del minado superficial será el agua subterránea, la cual constituirá entre el 80% y 90% de los aportes totales durante el llenado progresivo. La escorrentía y la precipitación directa representarán entre el 10% y 20% de los aportes.
    - Las pérdidas del agua en el tajo por evaporación podrían representar entre 30% y 90% de los aportes totales del agua para la inundación del tajo. Estas pérdidas por evaporación se reducirán a niveles entre 6% y 11%, con la aplicación de medidas de mitigación que aún

Versión Pública

están en etapa de análisis y serán definidas en el programa de cierre definitivo. Sin la aplicación de medidas de mitigación, el nivel de agua en el tajo alcanzaría la elevación 1,920 msnm en 48 años y la elevación 2,000 msnm en 153 años. Con la aplicación de las medidas de mitigación planeadas, serán disminuidas las pérdidas por evaporación, acelerando la inundación del tajo para alcanzar la elevación 1,920 en 38 años y la elevación 2,000 en 83 años.

- Los primeros resultados del modelado geoquímico de la calidad del agua que permanecerá en el tajo al cierre y post-cierre, demostraron que cumplirá con las características geoquímicas que prevalecen actualmente cómo línea base en el agua subterránea del SAR del Proyecto, esto en razón que la mayor parte del agua que inundará el tajo (80 a 90%) será la misma agua subterránea, evitando la sobreconcentración de los elementos al limitar y controlar la evaporación mediante la aplicación de las medidas de mitigación. El balance de agua calculado al cierre también demostró que las pérdidas por evaporación constituyen el factor determinante para que aumente la velocidad con la cual el nivel de agua del tajo y este sea llenado. De esta manera, durante la etapa de cierre y post-cierre, se propone un proceso de inundación acelerada del tajo. Esta medida de mitigación contribuirá a una recuperación acelerada del nivel freático al concluir el minado superficial.

- Adicionalmente, un modelo geoquímico del agua en el tajo será desarrollado, e incluirá: [i] el aporte de la composición de las paredes finales del tajo, en el que se definirá la distribución de todos los dominios geoquímicos o unidades de litología-alteración-mineralización; [ii] el aporte de los componentes del balance hídrico del tajo, tales como el ingreso de agua subterránea, la precipitación directa, las escorrentías de las paredes del tajo, las pérdidas por evaporación o por filtración, entre otros; y [iii] el efecto de la adición de cargas geoquímicas al agua en el tajo y los ajustes del balance hídrico durante un periodo de 100 años.

- **Presa de jales.** El cierre de la presa de jales deberá garantizar su estabilidad física y química a largo plazo, tal como lo establece la NOM-141-SEMARNAT-2003. La estabilidad física incluirá la estabilidad tanto de la superficie superior del vaso de almacenamiento, y de los taludes externos de la cortina contenedora, así como las medidas de gestión del agua para controlar la precipitación, la erosión y la infiltración. El concepto y la estrategia preliminar para el cierre de la superficie de la presa de jales, es promover que toda escorrentía se dirija hacia el tajo mediante la nivelación de una red de canales y estructuras de control de erosión, y la colocación de una cubierta diseñada multicapas tipo *"almacenamiento y liberación"*. La disposición de los jales se secuenciará en los últimos años para promover la escorrentía, minimizar el estancamiento del agua y la infiltración. Se colocará una cubierta diseñada en la superficie superior para reducir la infiltración de agua en los jales subyacentes y la posible lixiviación de metales. La estrategia preliminar para el cierre de los taludes exteriores de la presa de jales será colocar en bancos, segmentos seleccionados para mantener la estabilidad y limitar taludes largos para reducir la

Versión Pública

erosión. Los ángulos operativos de los taludes externos se diseñaron para ser estables a 2.5 H:1V. Los ángulos finales generales de los taludes después de su reconfiguración puede variar entre 2.5H:1V y 3H:1V (**Figura II.51**). El agua de la superficie será conducida desde la cubierta por los dos canales descendentes a los disipadores de energía en el pie de la presa, luego a través de canales que se dirigirán hacia el tajo.

- Debido a que los taludes exteriores se construirán con material rocoso grueso (tepetate) que no generará ácido, no se espera que se necesite una cubierta de cierre adicional en los taludes. Esta reconfiguración de taludes provocará una plantilla diferente de la presa de jales al final de la etapa de cierre, como se muestra en la **Figura II.51.** Para garantizar la estabilidad química de la presa de jales, se realizarán estudios adicionales antes del cierre, que incluirán: [i] un estudio geoquímico para determinar las características in situ de los jales y caracterizar el nivel freático dentro de los jales; [ii] un estudio hidrológico y evaluación del control del agua superficial para la desviación del agua pluvial; [iii] un estudio de vegetación para evaluar la mejor manera de revegetar las áreas con la cubierta diseñada y evaluar el mejor medio de cultivo por utilizar; y [iv] un análisis de pérdida de suelo para evaluar la cantidad mínima de cobertura necesaria en función del potencial de erosión, así como para establecer longitudes y ángulos de pendiente exterior para reducir la erosión.

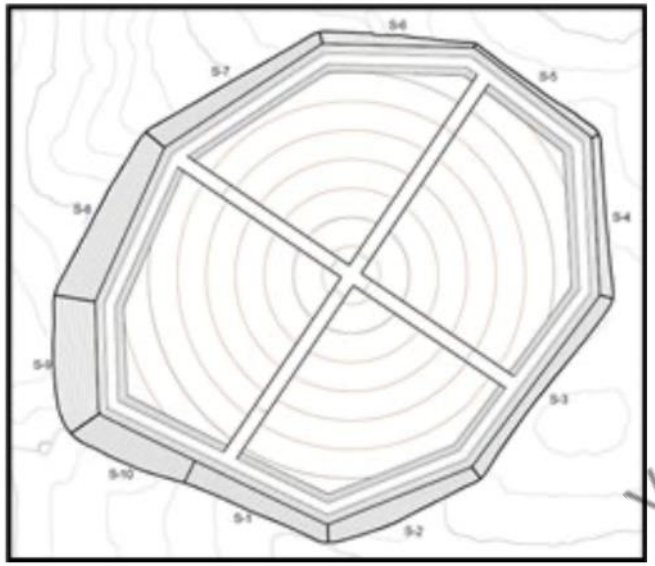
Versión Pública

- La cubierta diseñada que será colocada en la superficie superior de la presa de jales, cumplirá con lo siguiente: [i] proporcionar las condiciones para el enraizamiento de las plantas propuestas para la revegetación, las cuales serán características de la vegetación primaria de la región (matorral crasicaule y matorral desértico micrófilo); [ii] limitar la infiltración de precipitación y la difusión de oxígeno en los materiales subyacentes; y [iii] reducir el potencial de erosión eólica e hídrica. Aunque el tipo de cubierta aún no se ha determinado mediante modelos numéricos, bajo las condiciones climáticas prevalecientes, se recomienda una *cubierta diseñada tipo "almacenamiento y liberación"*, la cual funciona para absorber y almacenar la precipitación hasta que la evaporación y la transpiración de la planta eliminan la humedad, lo que limita la infiltración del agua en los materiales (jales) subyacentes. El espesor de la cubierta se determinará mediante el modelado con parámetros específicos del sitio para los materiales pétreos disponibles para la construcción de la cubierta, del suelo, de las plantas y del clima. Este tipo de cubiertas es recomendable para las condiciones climáticas semiáridas en el sitio.
- **Tepetatera.** La estrategia preliminar para el cierre de la superficie superior de la tepetatera será transportar la escorrentía a los drenes naturales a su alrededor, mediante la nivelación de una red de canales y estructuras de control de erosión, y la colocación de una cubierta diseñada multicapas tipo *"almacenamiento y liberación"*. La disposición final del material estéril en la tepetatera se secuenciará en los últimos años para promover la escorrentía, reducir el agua estancada y la infiltración. Los canales de cierre y el blindaje de roca de las estructuras de control de erosión se diseñarán en función de las características físicas de la cubierta diseñada y de las

velocidades de flujo. Se colocará una cubierta diseñada en la superficie superior para reducir la infiltración de agua en los materiales subyacentes y la posible lixiviación de metales.

- La estrategia para el cierre de los taludes exteriores de la tepetatera consiste en estabilizarlos desde su ángulo operativo empinado y colocarlos en bancos para mantener la estabilidad y limitar las longitudes de las pendientes largas para reducir la erosión. Se espera que los ángulos operativos de talud exterior sean de aproximadamente 2.0H:1V, mientras que los ángulos finales del talud después de la reconfiguración de los taludes podrán mantenerse en 2.0H:1V pero en segmentos más cortos (**Figura II.52**).
- Debido a que, durante la reconfiguración de taludes, se colocará material grueso que no genere ácido, es estima no requerirá una cubierta adicional en los taludes exteriores de la tepetatera.
- Los resultados de las pruebas estáticas y cinéticas de evaluación de la generación de ácido sugieren una clasificación litológica simple para el aislamiento de rocas potencialmente generadoras de ácido, por lo que se evaluará el aislamiento de material generador de ácido en la tepetatera. Adicionalmente, un estudio hidrogeológico evaluará la elevación final del agua subterránea después del cierre y si las formaciones generadoras de ácido y/o la roca estéril estarán expuestas al aire con un posible impacto a largo plazo en la calidad del agua subterránea.
- De una manera similar a la presa de jales, la *cubierta diseñada tipo "almacenamiento y liberación"* que será colocada en la superficie superior de la tepetatera, cumplirá con lo siguiente: [i] proporcionar las condiciones para el enraizamiento de las plantas propuestas para la revegetación, las cuales serán características de la vegetación de la región (matorral crasicaule y matorral desértico micrófilo); [ii] limitar la infiltración de precipitación y la difusión de oxígeno en los materiales subyacentes; y [iii] reducir el potencial de erosión eólica y/o hídrica. El espesor de la cubierta se determinará mediante el modelado con parámetros específicos del sitio para los materiales pétreos disponibles para la construcción de la cubierta, del suelo, de las plantas y del clima.

Versión Pública



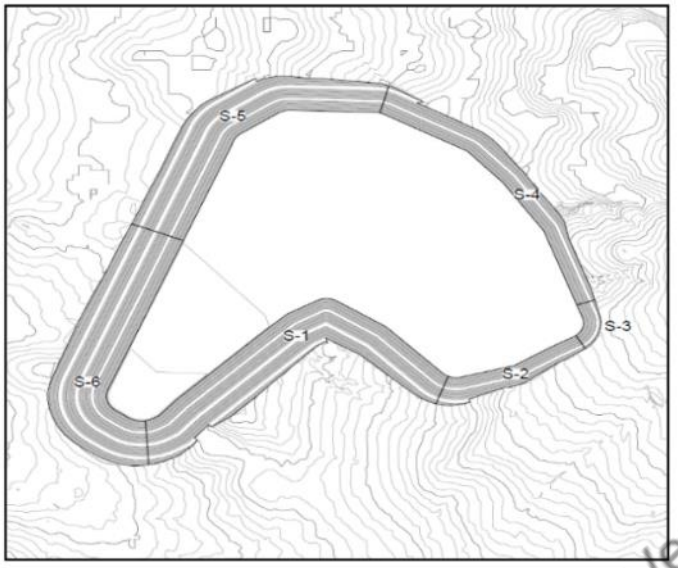
Vista en planta de la presa de jales por segmentos de taludes

Características de los Taludes externos por segmentos en Presa de Jales

Segmento	Longitud del talud (m)	Ángulo del talud (H:1V)
1	115	2.5
2	112	2.5
3	84	2.5
4	72	2.5
5	92	2.5
6	73	2.5
7	102	2.5
8	170	2.5
9	196	2.5
10	156	2.5

Versión Pública

Figura II.51 Configuración de la presa de jales al final de la etapa de cierre.



Vista en planta de la tepetatera por segmentos de taludes externos

Características de los Taludes externos por segmentos en Tepetatera

Segmento	Longitud de pendiente entre bancos (m)	Ángulo del talud entre bancos (H:1V)	Ancho del banco (m)
1	60	2.0	20
2	60	2.0	20
3	60	2.0	20
4	60	2.0	20
5	60	2.0	20
6	60	2.0	20

Versión Pública

Figura II.52 Configuración de la tepetatera al final de la etapa de cierre.

- **Manejo de agua al cierre del Proyecto.** El plan de manejo del agua cambia significativamente. Durante la etapa de cierre cesarán las descargas de agua de laboreo excedente al medio ambiente y se favorecerá la inundación del tajo, ya que al cierre y posterior al cierre, hacia el tajo se canalizarán flujos (entradas) de agua subterránea, la precipitación directa en el área del tajo y la escorrentía de las paredes del tajo y de las cuencas circundantes. El área de captación que drena al tajo se definió con base en el plan de cierre del Proyecto, que asume que los canales de captación y desvío de agua pluvial, construidos para la etapa de Operación del Proyecto, que evitan la entrada de agua pluvial que escurre aguas arriba de la presa de jales y de la tepetatera, permanecerán operando al cierre y después del cierre (post-cierre). Los flujos de salida del tajo incluirán la evaporación del agua captada en el tajo y la extracción potencial para el suministro de agua a las comunidades locales. La capacidad de almacenamiento de agua en el tajo se calculó a partir del diseño tridimensional del tajo al final de la vida útil de la mina. La cota más baja del borde del tajo es de 2,120 msnm, lo que equivale a 261 Mm^3 de volumen de almacenamiento de agua en el tajo, lo que construirá un reservorio en el tajo. Esta elevación representa la elevación del derrame en el tajo.
- En la **Figura II.53** se proporciona un esquema del modelo conceptual que representa los flujos de manejo agua en las etapas de Cierre y de Post-Cierre del Proyecto. El modelo de balance de agua calculado para establecer el plan de manejo del agua al cierre y post-cierre del Proyecto, tomó en cuenta los escenarios de cambio climático basados en los pronósticos de precipitación y de temperatura recomendados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022) para RCP 4.5 y RCP 8.5 (Golder, 2022).
- Una vez rehabilitadas las áreas afectadas por la infraestructura que será desmantelada, como planta concentradora, talleres y oficinas administrativas, se restaurará el suelo y se aplicará una cubierta vegetal (revegetación). Ya alcanzada esta rehabilitación, el agua de escorrentía de las zonas rehabilitadas descargará de manera natural al medio ambiente, reintegrándose a la cuenca hidrológica correspondiente (microcuencas El Tule y El Sapo). La escorrentía de la presa de jales será dirigida hacia el tajo contribuyendo a su inundación; en cambio, la escorrentía de la Tepetatera será contenida en su pileta de colección y se reintegrará al sistema de proceso (**Figura II.54**).

Versión Pública

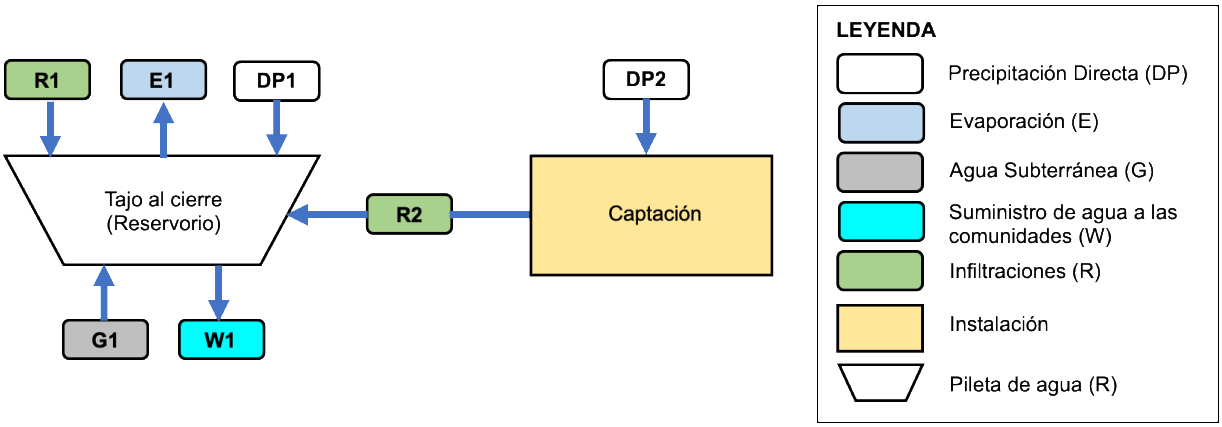


Figura II.53 Diagrama de flujo del plan de manejo de agua (entradas y salidas) durante las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto (Golder, 2022).

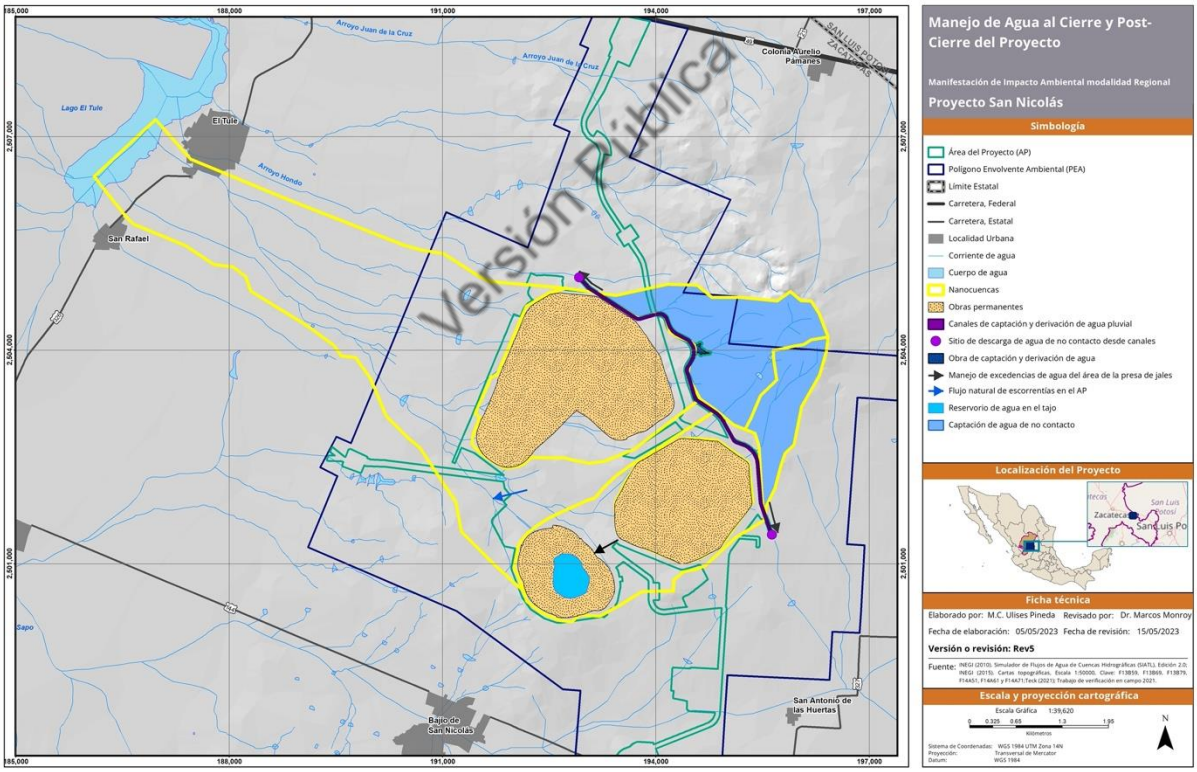


Figura II.54 Plan de manejo del agua durante las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto.

- Se aplicará el monitoreo de las filtraciones de la Presa de Jales y la Tepetatera y la potencial aplicación de las medidas de manejo adaptativo será vigente durante este el Cierre y Post-Cierre. El drenaje doméstico que sea generado continuará siendo tratado a través de la planta existente.
- Durante el Cierre y Post-Cierre, se favorecerá la inundación del tajo al detener el bombeo de agua de laboreo y desmantelamiento del sistema de desaguado del tajo y al desviar la escorrentía de la Presa de Jales hacia el tajo. Las pérdidas por evaporación en el tajo se limitarán mediante la instalación de una cubierta flotante en el espejo de agua del tajo inundado. El balance de agua del tajo inundado indica que, con la aplicación de estas medidas, el espejo de agua del tajo inundado alcanzaría la elevación 1,920 msnm en aproximadamente 36 años. La elevación 1,920 msnm estará aproximadamente a 200 metros por debajo de la elevación de la cresta del tajo y representará una elevación desde la cual es posible el bombeo de agua para su potencial aprovechamiento con fines agrícolas por las comunidades. La aplicación de una cubierta flotante por un periodo no menor a 100 años hace factible un aprovechamiento en el largo plazo de hasta 1 Mm^3/año a partir de la elevación 1,920 msnm.
- **Remediación de suelo contaminado.** Una vez ejecutado el desmantelamiento de las instalaciones y equipos, y concluida la restauración y cierre de los depósitos de residuos mineros (tepetatera y presa de jales), así como del tajo, se procederá a la caracterización ambiental del AP conforme lo señale la Normativa ambiental vigente, como lo es el caso de lo que refiere la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y la NMX-AA-132-SCFI-2016. El muestreo de los medios del ambiente (suelo) y el análisis de las muestras colectadas, se ejecutarán por empresas acreditadas por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y autorizadas por PROFEPA. La evaluación y análisis de resultados obtenidos de la caracterización serán ejecutadas por especialistas en la materia, para la correspondiente elaboración, en caso de que aplique, del Programa de Remediación del sitio o áreas contaminadas. En caso de que sea requerido su aplicación a partir de los resultados del muestreo de suelos y agua al cierre del Proyecto, se presentará el Programa de Remediación del sitio para su evaluación, dictamen y autorización por SEMARNAT, conforme a la normativa vigente que aplique, donde se dictaminarán los niveles de limpieza específicos en función de los contaminantes críticos identificados. Una vez autorizado dicho Programa por SEMARNAT, se procederá a su ejecución por el Promovente, con asistencia de empresas contratistas y subcontratistas especialistas en la materia.
- Durante las acciones de remediación, se llevará a cabo una caracterización ambiental de seguimiento, para asegurar alcanzar los niveles de limpieza autorizados por SEMARNAT. Una vez concluidas las acciones de remediación autorizadas, se procederá al muestreo final comprobatorio, conforme lo indique la normativa vigente. Al final del muestreo final comprobatorio, los resultados del Programa de Remediación serán presentados en un Informe Final, para la Autorización y Liberación final del sitio por parte de SEMARNAT.

Versión Pública

- **Restauración del suelo.** Se implementará un Programa de Restauración y Conservación de Suelo, que incluye la recuperación de la capa superficial del suelo durante el desmonte y despalme de las áreas del Proyecto destinadas a las obras y actividades del Proyecto. La pila de tierra vegetal se ubicará cerca de las áreas que estarán sujetas a cierre para limitar la distancia de acarreo. La capa superior del suelo almacenada temporalmente será recuperada y reemplazada en la subbase escarificada. Cuando se hayan logrado las elevaciones de la subrasante, la capa superior del suelo y/o la sobrecarga se colocarán a un espesor mínimo que se determinará en un momento más cercano al cierre. El espesor necesario para que se establezcan las raíces se determinará mediante un análisis de pérdida de suelo. Los estudios de suelo han indicado que hay poca capa superficial del suelo presente en el sitio, por lo que la disponibilidad de la capa superficial del suelo apilada y conservada será reevaluada para el plan de cierre detallado. Para asegurar que la calidad y cantidad de la capa superior del suelo sea adecuada durante la recuperación, se implementarán acciones para confirmar que las propiedades de la capa superior del suelo garanticen el éxito de las acciones de revegetación.
- Dado que se prevé que el volumen de tierra vegetal recuperado durante el desmonte y despalme sea insuficiente para cubrir todas las áreas expuestas durante las actividades de restauración en la etapa de cierre, se considerará un sustrato de crecimiento alternativo para el reemplazo de la capa de suelo; la opción más adecuada en esta etapa es el uso de material aluvial presente en el sitio.
- La revegetación del suelo restaurado se llevará a cabo empleando semillas y germoplasma de la vegetación primaria del tipo matorral desértico micrófilo, que se aplicarán una vez el suelo haya sido escarificado y cuente ya con la cubierta de suelo vegetal. En la **Figura II.55**, se muestran las superficies que serán restauradas y revegetadas de la huella del AP donde se habrán tenido obras o actividades, de las cuales aproximadamente 400 ha corresponden a las coronas de las cubiertas diseñadas de la presa de jales y la tepetatera.

Versión Pública

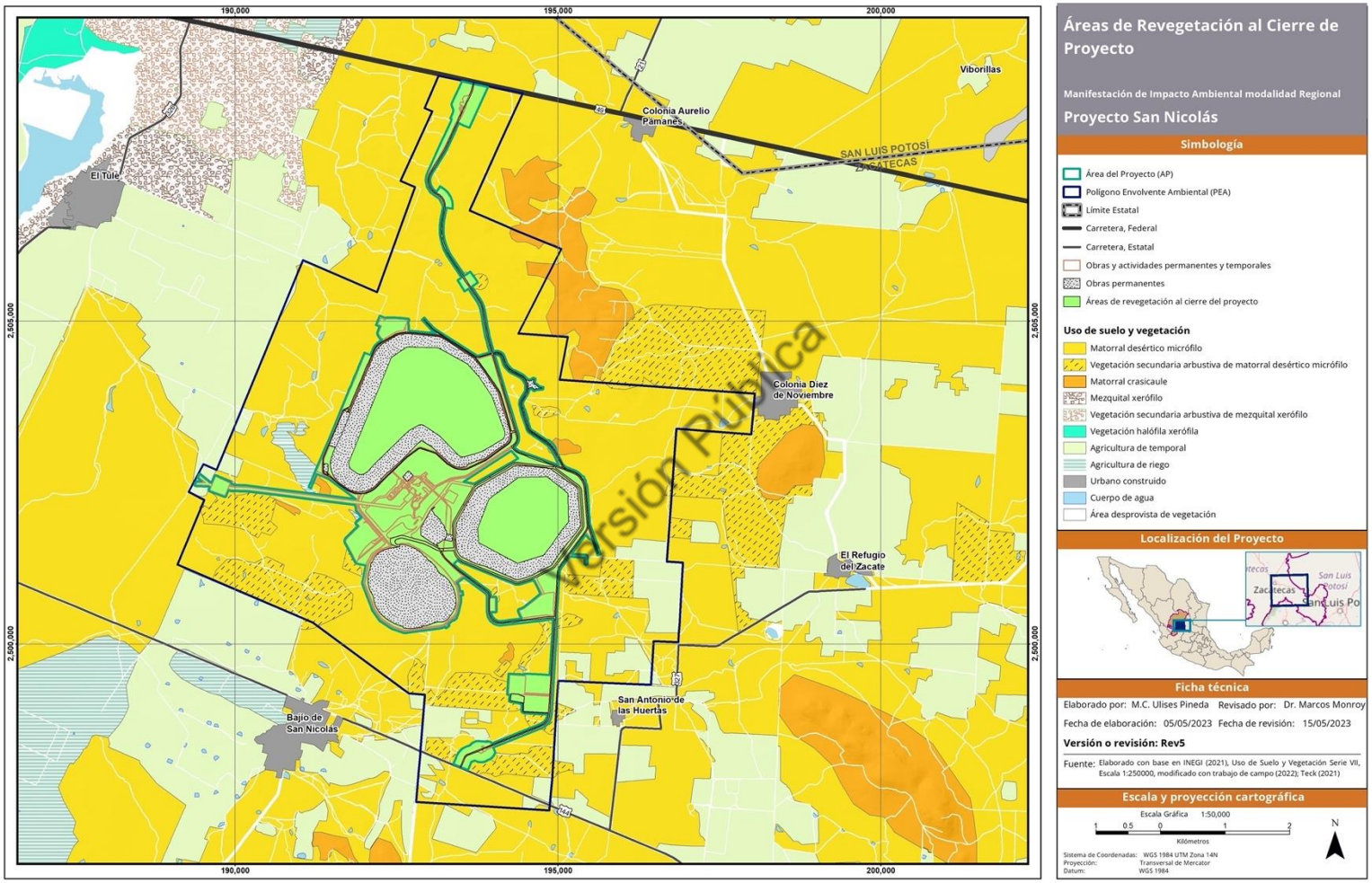


Figura II.55 Plan general de revegetación en la etapa de cierre.

- Estas superficies restauradas y revegetadas incluirán a todas aquellas superficies donde se haya ejecutado CUSTF autorizado y que no conserven una obra permanente (p.e., tajo, tepetatera, presa de jales, piletas y/o caminos).
- Durante el desarrollo del Proyecto, al término de la ocupación de las áreas de CUSTF temporal, que representan 414.367 ha, se llevarán a cabo acciones de restauración progresiva, considerando que estas áreas no requieren reincorporación de suelo orgánico, sino únicamente obras para mitigar la erosión de suelo y la reconstitución de la cubierta vegetal a través de la siembra de especies herbáceas y de individuos que compensen la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono. Esta restauración progresiva de las áreas temporales podrá iniciar al final de la etapa de construcción, pero se asegura la conclusión de las acciones de revegetación con la etapa de cierre, una vez que se cuente con suficientes ejemplares de flora reproducida a partir de germoplasma local y regional.

II.2.4.2 Descripción de la Etapa de Post-Cierre

Una vez concluidas las actividades de Cierre y se haya dado aviso a las autoridades ambientales (SEMARNAT y PROFEPA) que se han concluido las actividades autorizadas por SEMARNAT, se procederá a dar inicio a las acciones de control del Tajo y al inicio del Programa de Monitoreo en la etapa de Post-Cierre, el cual también es objeto de presentación como programa detallado, junto con el Programa Detallado de Cierre, al término de la etapa de Operación y Mantenimiento para la consideración y autorización por parte de SEMARNAT.

Versión Pública

El control de la mina al Cierre y Post-Cierre corresponde a la aplicación de medidas de mitigación que disminuirán las pérdidas por evaporación en el reservorio[20] del tajo, con lo cual se acelerará la inundación del tajo para que se alcance la elevación 1,920 en 38 años y la elevación 2,000 en 83 años.

Respecto al Monitoreo Post-Cierre, estará integrado por las siguientes acciones, las cuales se ejecutarán durante un periodo de 10 (diez) años, a partir de la conclusión de la etapa de Cierre:

- Monitoreo de calidad del aire;
- Monitoreo del tajo y del proceso de inundación del tajo;
- Monitoreo de estabilidad de taludes y de la instalación de la cubierta de la tepetatera;
- Monitoreo de estabilidad de taludes y de la instalación de la cubierta de la presa de jales;

[20] *Reservorio* corresponde al cuerpo de agua que resulta al final de un proyecto de minado superficial, como consecuencia de la infiltración de agua subterránea para alcanzar el nivel freático en el área donde se encuentra la mina.

- Monitoreo de la calidad del agua superficial;
- Monitoreo de la calidad y niveles estáticos del agua subterránea;
- Monitoreo de seguimiento de la restauración de suelo incluidas las acciones de revegetación de las áreas restauradas;
- Monitoreo de fauna silvestre.

A continuación, se hará una breve descripción conceptual de estas actividades, en el entendido que se presentará el Programa Detallado de Monitoreo Post-Cierre al término de la etapa de Operación y Mantenimiento para la autorización por SEMARNAT. Los resultados del Monitoreo Post-Cierre se reportarán anualmente a SEMARNAT y a PROFEPA en un Informe de Cumplimiento de Términos y Condicionantes, con las evidencias de cumplimiento.

II.2.4.2.1 Monitoreo Post-Cierre

Monitoreo de calidad del aire. El monitoreo de calidad de aire será mantenido en la estación Campamento, incorporándose una segunda estación al SW del Proyecto, en la dirección preferencial de los vientos. Se propone que el monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$ sea realizado con equipos de monitoreo continuo que permitan el registro de concentraciones horarias. Estos equipos estarán conectados con dispositivos de comunicación inalámbrica mediante los cuales los datos colectados podrán ser recuperados de manera remota. Como medida de control, se propone el uso de equipos Hi-Vol para la toma de muestras durante dos eventos de monitoreo anuales en una de las estaciones de monitoreo propuestas para que los resultados sean comparados con los proporcionados por el equipo de monitoreo continuo. El monitoreo de control podrá ser efectuado por un laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA.

Versión Pública

Monitoreo del tajo. En caso de haber agua en el tajo, deberá medirse semestralmente el nivel de agua en el tajo. En caso de encontrarse agua en el tajo, se colectará semestralmente muestra para el análisis de la calidad del agua en el tajo por un laboratorio acreditado por EMA y aprobado por PROFEPA.

Monitoreo de estabilidad de taludes y de calidad de la instalación de la cubierta de la tepetatera. El monitoreo de la estabilidad de la tepetatera se hará mediante la colecta de datos de los instrumentos de medición que serán instalados, que incluirán: testigos de movimiento e inclinómetros; así como la inspección visual directa por expertos y mediante empleo de drones con imágenes de alta resolución y con posibilidad de medición georrefenciada con base a un punto de control topográfico. La inspección deberá hacerse al menos semestralmente durante el periodo de 10 años. En caso de identificar diferencias respecto a los criterios de diseño, se aplicarán medidas correctivas inmediatas.

Monitoreo de estabilidad de taludes y de calidad de la instalación de la cubierta de la presa de jales. El monitoreo de la estabilidad de la presa de jales se hará mediante la colecta de datos de los instrumentos de medición que serán instalados, que incluirán: testigos de movimiento, piezómetros e inclinómetros; así como la inspección visual directa por expertos y mediante empleo de drones con imágenes de alta resolución y con posibilidad de medición georreferenciada con base a un punto de control topográfico. La inspección deberá hacerse al menos semestralmente durante el periodo de 10 años. En caso de identificar diferencias respecto a los criterios de diseño, se aplicarán medidas correctivas inmediatas.

Monitoreo de agua superficial. El monitoreo de agua superficial se propone realizar en los mismos sitios de monitoreo de agua superficial que el programa de monitoreo durante la etapa de operación; esto es: estaciones de control aguas arriba del AI y estaciones en el AI aguas abajo del AP. Se proponen que las campañas de monitoreo del agua superficial se realicen de manera semestral. Durante las campañas de monitoreo se tomarán muestras para su análisis en laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA. En el caso que las estaciones se encuentren secas, se tomarán fotografías para justificar la imposibilidad de tomar muestras.

Versión Pública

Monitoreo de agua subterránea. El monitoreo del agua subterránea se propone realizar en estaciones de monitoreo de agua subterránea que sean parte del programa de monitoreo durante la operación del Proyecto, las cuales incluyen estaciones de control aguas arriba del AI y estaciones aguas abajo del AP. En las estaciones de monitoreo se tendrá el propósito de monitorear la profundidad del nivel estático y la calidad del agua subterránea. Se propone un monitoreo semestral para la recolección de muestras para su análisis por un laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA. En caso de encontrarse concentraciones por arriba de las concentraciones línea base, se procederá a acciones adaptativas que podría corresponder a la extracción/recuperación del agua subterránea cerca de la fuente de contaminación identificada para su tratamiento y cumplimiento de parámetros de referencia.

Monitoreo de seguimiento de la restauración de suelo incluidas las acciones de revegetación de las áreas restauradas. El monitoreo de las acciones de restauración de suelo tiene por propósito hacer un seguimiento anual de la eficiencia de las acciones de restauración de suelo que fueron ejecutadas en la etapa de Cierre, de tal manera que se identifiquen áreas con desarrollo preferencial de erosión o áreas impactadas por fallas en la estabilidad de la tepetatera o de la presa de jales. En caso de identificar deficiencias en el éxito de las acciones del programa de restauración de suelo, aplicar acciones correctivas inmediatas, documentando la deficiencia y la acción correctiva aplicada. El monitoreo y mantenimiento de las áreas de revegetación, debe incluir, además del mantenimiento general, un registro del avance en el desarrollo y crecimiento de la vegetación durante el periodo de 5 años. Las actividades se llevarán a cabo en campo por una brigada de trabajo que se encargará de la ejecución de procedimientos de cuidado y seguimiento a la revegetación. La actividad principal será realizar riegos periódicos donde sea necesario y que será espaciándose en el tiempo de

acuerdo a las observaciones y registros del crecimiento de cada especie vegetativa. La información será registrada en bitácoras, respaldada con evidencia fotográfica. El primer año se realiza un registro y seguimiento a los 6 y 12 meses, mientras que para el año 2, 3, 4 y 5 se realizará al mes 6 de cada año y como revisión final al mes 12 del año 5. En el Año 1, se recolectará germoplasma y material vegetal para su esparcimiento en caso de que algunas zonas la vegetación no se desarrolle de manera integral y sea necesaria su complemento. El monitoreo de seguimiento deberá ser ejecutado por especialistas en suelos y en vegetación forestal, característicos de matorrales semidesérticos.

Monitoreo de fauna silvestre. Una vez concluidas las actividades de restauración de suelo y de revegetación, así como bien establecida la reubicación de especies de flora silvestre rescatada, podrán implementarse acciones de monitoreo de fauna silvestre, el cual consistiría en el seguimiento y registro de individuos, poblaciones o comunidades animales de manera estacional en el área del proyecto y en el área de influencia del Proyecto, con el fin de observar cambios espaciales y temporales en su abundancia, distribución o características generales que ayuden a un entendimiento de su ecología y de los factores que influyeron positiva o negativamente sobre ellos, con el desarrollo del Proyecto, y en particular con las acciones de cierre del Proyecto. El monitoreo de fauna silvestre puede estar enfocado a una especie indicadora o a un grupo de especies, en donde el propósito será el permitir hacer un adecuado análisis de la situación de la especie y su ambiente; el determinar si las acciones de conservación fueron adecuadas; el identificar los problemas que enfrentan las especies y su ambiente, para identificar soluciones y acciones por implementar a corto plazo. El monitoreo debe ser asegurado por especialistas en fauna silvestre, con experiencia en la identificación de especies dominantes en la región y en la caracterización de su comportamiento y hábitat.

Versión Pública

II.2.5 Residuos

II.2.5.1 Residuos Mineros

Caracterización de jales conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003

Se analizaron veinte (20) muestras compuestas de jales con un P_{80} de 37 micras, de acuerdo con los procedimientos especificados por la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, en un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobado por PROFEPA. Los resultados de las pruebas y análisis se reportan en el **Anexo II.10**. Las veinte muestras compuestas de jales se generaron a partir de 140 muestras individuales de mineral. Los resultados de la aplicación de los criterios de clasificación de la NOM-141-SEMARNAT-2003 demostraron que:

- De acuerdo a los resultados de la prueba de extracción de metales y metaloides en jales, con agua en equilibrio en CO_2, solo una muestra de jales (SN18MET-128-LCT1) presentó una concentración de cadmio que excedía el límite máximo permisible descrito en la NOM-052-SEMARNAT-2005, por lo que hace que sea clasificada como peligrosa en base a su toxicidad por la movilidad de metales. No se observaron excedencias respecto a los límites permisibles en las otras diecinueve muestras, ni para el resto de los elementos normados (**Cuadro II.28**); los resultados completos se reportan en el **Anexo II.10**.

Versión Pública

Cuadro II.28 Rangos de resultados del análisis normativo mediante laboratorio acreditado por EMA de los jales mineros producidos por el Proyecto.

Parámetro	Unidad	Límite Permisible NOM-141-SEMARNAT-2003	Rango de valores obtenidos en el análisis de 20 muestras
Metales Lixiviables en extracto PECT			
Cromo hexavalente	mg/L extracto PECT	5	< 0.005
Arsénico	mg/L extracto PECT	5	< 0.005
Selenio	mg/L extracto PECT	1	< 0.005 a 0.12
Plata	mg/L extracto PECT	5	< 0.005
Cadmio	mg/L extracto PECT	1	< 0.005 a 1.1
Bario	mg/L extracto PECT	100	< 0.005 a 0.24
Plomo	mg/L extracto PECT	5	< 0.005 a 3.3
Mercurio	mg/L extracto PECT	0.2	< 0.001

- Dieciséis (16) muestras de jales presentaron una relación de potencial de neutralización/potencial ácido inferior a 1.2, por lo que se clasifican como potencialmente generadoras de ácido. En el **Cuadro II.29** se presenta un resumen de los resultados de la prueba de conteo ácido base (ABA); y los resultados completos de las pruebas estáticas se reportan en el **Anexo II.10.**

Cuadro II.29 Resumen de los resultados de las pruebas estáticas de predicción de drenajes ácidos (ABA), realizadas en 20 muestras de jales con P_{80} 37 micras.

Parámetro estadístico	pH pasta	Carbono inorgánico total	Azufre total	Potencial de Acidez (PA)	Potencial de Neutralización	NPR = NP/AP
	Unidad de pH	%		kg $CaCO_3$/t		relación
Mínimo	3.4	0.3	5.0	146	-3	-0.0023
Máximo	7.3	1.9	> 50	> 1563	165	0.85
Promedio	5.0	1.1	30	901	55	0.11

Versión Pública

Dado que los jales se depositarán de manera combinada como un flujo de jales cuando se depositen en la presa de jales, el conjunto de jales que será producido por el Proyecto, se clasifica como peligroso y potencialmente generador de ácido para los fines del diseño de la presa de jales. El potencial de generación de drenajes ácidos que poseen los jales está asociado a su contenido de minerales sulfurosos (40 a 75% peso), por lo que están enriquecidos con concentraciones traza de antimonio, arsénico, bismuto, cobre, selenio y plata; mientras que el azufre es un constituyente mayor de los sulfuros minerales. Los estudios realizados demostraron que se observan variaciones en la geoquímica entre las muestras de jales analizados; muestras compósito que fueron producidas a partir de muestras de mena que representan diferentes dominios geometalúrgicos; sin embargo, estas variaciones son pequeñas en comparación con las corrientes compuestas de jales, que combinaron los diversos materiales geometalúrgicos. Debido al alto contenido de minerales sulfurosos, los jales tienen un excedente de potencial de acidez (AP) en comparación con el potencial de neutralización (NP) y se clasifican como generadores potenciales de ácido de acuerdo con los criterios de clasificación estándar de la NOM-141-SEMARNAT-2003 (NP/AP < 1.2).

Previo y simultáneamente al desarrollo de las pruebas estáticas y cinéticas conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003 realizadas por un laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA (cuyos resultados se reportan en el **Anexo II.10**), se llevaron a cabo pruebas en laboratorios de Canadá, obteniendo resultados similares que confirman la clasificación de los jales que serán producidos por el Proyecto. En estos laboratorios en Canadá se desarrollaron también pruebas

cinéticas[21] que pronostican la evolución de lixiviados por la generación de drenaje ácido a partir de la alteración de los jales. Las pruebas cinéticas de alteración a corto y largo plazo indicaron una química típica de drenaje ácido que consiste en un pH ácido a casi neutral, altas concentraciones disueltas de sulfato y de metales. Los constituyentes de posible preocupación (COPC) incluyen sulfato, aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, manganeso, selenio y zinc. La solubilidad de los metales depende del pH y las concentraciones de cadmio, cobre, hierro, zinc y, en menor grado, plomo, aumentan con la disminución del pH. Los periodos de tiempo estimados para la acidificación en condiciones de prueba variaron de menos de uno a 9 años. Los resultados de las pruebas cinéticas confirmaron la peligrosidad de los jales que serán producidos por el Proyecto, por su capacidad potencial de generar drenaje ácido.

Caracterización del tepetate conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009

Se llevaron a cabo pruebas en laboratorio certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y autorizado por PROFEPA conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009 de catorce (14) muestras de roca estéril (tepetate), cuyos resultados se presentan en el **Anexo II.10**. Los resultados de estas pruebas indicaron:

- Las concentraciones base seca de los elementos normados, exceden el límite máximo permisible (LMP) base seca de la NOM-157-SEMARNAT-2009 para al menos un elemento en las litologías HYA, MV, MVS y XLTUF. Los elementos donde se superó el LMP base seca incluyen arsénico (HYA y MV), bario (HYA), cadmio (HYA), cromo (MV, VS y XLTUF) y plomo (HYA) (**Cuadro II.30**).

Versión Pública

Cuadro II.30 Porcentaje de muestras por tipo de litología en las cuales exceden los LMP de concentraciones base seca de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (Golder, 2021).

Código del tipo geometalúrgico de la roca estéril (tepetate)	Ag	As	Ba	Be	Cd	Cr	Hg	Pb	Sb	Se
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LMP NOM-157-SEMARNAT-2009	100	100	2,000	24.4	20	100	4	100	10.6	20
FV	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
HYA	0%	5%	0%	0%	20%	5%	0%	25%	45%	45%
MV	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MVS	0%	14%	0%	0%	0%	86%	0%	0%	43%	0%
MVT	0%	0%	0%	0%	33%	100%	0%	33%	33%	0%
TCG	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38%	0%

[21] Las pruebas cinéticas para el pronóstico de la calidad de los lixiviados generados por la alteración de los jales bajo condiciones que generan drenaje ácido, fueron llevadas a cabo en Canadá ya que no existe un procedimiento normativo en México, ni un laboratorio que realice estas pruebas con acreditación por EMA y aprobación de PROFEPA.

Cuadro II.30 Porcentaje de muestras por tipo de litología en las cuales exceden los LMP de concentraciones base seca de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (Golder, 2021).

Código del tipo geometalúrgico de la roca estéril (tepetate)	Ag	As	Ba	Be	Cd	Cr	Hg	Pb	Sb	Se
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
TUF	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%
XLTUF	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	22%	0%

- No se obtuvieron concentraciones superiores de los límites máximos permitidos (LMP) de la NOM-157-SEMARNAT-2009 para las concentraciones de los constituyentes tóxicos en el extracto PECT (**Cuadro II.31**), incluso para aquellos elementos y en las muestras cuya concentración base seca fue superior al LMP base seca de esta norma.

Cuadro II.31 Concentraciones máximas de metal disuelto por tipo de litología determinadas por la prueba de extracción de constituyentes tóxicos de la NOM-157-SEMARNAT-2009 (Golder, 2021).

Versión Pública

Código del tipo geometalúrgico de la roca estéril (tepetate)	Ag	As	Ba	Be	Cd	Cr	Hg	Pb	Sb	Se
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
LMP NOM-157-SEMARNAT-2009	5.0	5.0	100.0	1.22	1.0	5.0	0.2	5.0	0.53	1.0
FV	0.00003	0.0037	0.0246	0.000005	0.000003	0.0001	0.00003	0.00002	0.0062	0.0002
HYA	0.00001	0.0055	0.5390	0.000021	0.000003	0.0001	0.00003	0.00006	0.0075	0.0007
MV	0.00000	0.0019	0.0273	0.000005	0.000007	0.0002	0.00008	0.00004	0.0108	0.1440
MVS	0.00000	0.0019	0.0273	0.000005	0.000007	0.0002	0.00008	0.00004	0.0108	0.1440
MVT	0.00000	0.0020	0.1310	0.000005	0.000003	0.0001	0.00003	0.00001	0.0073	0.0002
TCG	0.00001	00294	0.1610	0.000049	0.000003	0.0007	0.00003	0.00023	0.0041	0.0017
TUF	0.00000	0.0080	0.0553	0.000033	0.000003	0.0004	0.00003	0.00029	0.0027	0.1260
XLTUF	0.00000	0.1350	0.0123	0.000005	0.000003	0.0010	0.00003	0.00007	0.0347	0.0006

- Con base a los resultados de las concentraciones base seca y de las concentraciones en el extracto PECT, las muestras de roca estéril (tepetate) del Proyecto se clasifican como no peligrosas por la toxicidad asociada con la movilidad de los elementos normados por la NOM-157-SEMARNAT-2009.
- Con relación a la prueba para determinar el potencial de generar drenaje ácido, siete de las catorce muestras de roca estéril (tepetate) analizadas, presentaron una relación NP/AP inferior de 3, las cuales incluyen cinco muestras HYA, una muestra MV y una muestra XLTUF. Con base en la excedencia en los umbrales de la NOM-157-SEMARNAT-2009, las muestras de roca estéril (tepetate), se clasifican como peligrosas en términos de su potencial de generación de ácido.

Las principales litologías de roca estéril que contribuirán a la corriente de tepetate en la mina incluyen diferentes dominios geometalúrgicos: conglomerados terciarios (TCG), sedimentos volcanoclásticos, flujos de toba y máficos (TUF), flujos y sedimentos máficos (MVS), flujos máficos y brechas (XLTUF), flujos y brechas riolíticos (HYA) y residuos mineralizados con vetillas de sulfuros (STRZ). A excepción del dominio geometalúrgico HYA, todas las litologías de roca estéril contienen un bajo contenido de azufre total (<0.1 a 0.6% en peso). Los valores del potencial de acidez (AP) para las principales unidades de tepetate oscilaron entre 1 y 20 kg $CaCO_3$/t y el potencial de acidez (AP) promedio para la unidad HYA es de 71 kg $CaCO_3$/t. Las unidades MV y MVT contienen un contenido de azufre total relativamente alto, aunque estas unidades formarán un componente volumétrico menor del conjunto total del tepetate. Aunque los residuos mineralizados (STRZ) se excluyeron explícitamente del programa de caracterización de roca estéril, se puede anticipar que serán similares a los materiales minerales y que generen un fuerte valor de potencial de acidez (AP).

Las unidades TCG, TUF, XLTUF, MVS y FV contienen los valores de potencial de acidez (AP) más altos y los valores del potencial neto de neutralización (NNP = NP - AP) para estas unidades son mucho mayores que 0, lo que indica su alto potencial de consumo neto de ácido. La comparación del pH neto de generación de ácido con el potencial neto de neutralización (NNP) indica que se espera que aproximadamente el 50% de las muestras de HYA generen ácido neto, mientras que la mayoría de las muestras restantes se pueden clasificar como neutralizantes netas de ácido o inciertas en su potencial de generación de ácido. Se esperaba esta clasificación ya que la mayor parte de la roca estéril se extraerá de una secuencia de cobertura posmineralizada que se superpone al cuerpo mineral de sulfuro masivo.

Versión Pública

De acuerdo a los resultados de las pruebas cinéticas realizadas en muestras de tepetate, los constituyentes de posible preocupación (COPC) identificados por las pruebas cinéticas de alteración a corto y largo plazo, incluyen antimonio, arsénico, cadmio, cromo, plomo y selenio. Los resultados de las pruebas cinéticas de alteración indicaron además que las concentraciones de metales lixiviables son bajas y el potencial general de lixiviación de metales es bajo. En comparación con todas las unidades litológicas, la unidad MV contiene el menor potencial de lixiviación de metales y la unidad HYA presenta el mayor potencial.

A partir de las pruebas realizadas, el tepetate generará drenaje ácido en función del tipo de material del cual proceden. El **Cuadro II.32** representa un resumen de los resultados obtenidos para las muestras de tepetate por tipo de material.

Cuadro II.32 Resumen de resultados de pruebas conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009 en muestras de tepetate, por tipo de material.

Unidad Litológica	Tipo de material	Porcentaje estimado del material en tepetatera	Peligroso por la toxicidad asociada con la movilidad	Peligroso por el potencial de generación de drenaje ácido
HYA	Flujos riolíticos y brechas	27.70%	No	Sí
TCG	Conglomerados Terciarios, brechas volcanoclásticas	27.09%	No	No
MVS	Flujos máficos y sedimentos	19.03%	No	No
TUF	Sedimentos volcanoclásticos, tobas y flujos máficos	12.27%	No	No
XLTUF	Flujos máficos y brechas	9.67%	No	Sí
MV (MVT+Diques)	Flujos máficos y diques	2.29%	No	Sí
FV	Flujos félsicos masivos	1.84%	No	No

II.2.5.2 Residuos Peligrosos

Versión Pública

Todos los residuos peligrosos, se manejarán de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), y su Reglamento. Para tal fin. Minas de San Nicolás presentará ante la SEMARNAT la solicitud de registro del Plan de Manejo Integral de Residuos y del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; mientras que ante las dependencias de orden estatal y municipal, el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y el de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, respectivamente. Estos planes de manejo contendrán la siguiente información:

- Identificación de residuos por fuente específica de generación;
- Bitácoras de control de residuos generados;
- Separación, clasificación y envasado de los residuos por categoría;
- Etiquetado de los contenedores;
- Almacenamiento en los sitios temporales destinados y controles de entrada por bitácora;
- Salida de los residuos desde el almacén temporal y su registro en bitácora;
- Manejo, transporte y disposición final mediante empresas y sitios autorizados.

Se construirá y operará un almacén o área de acopio temporal por cada tipo de residuo (residuos peligrosos, e manejo especial y sólidos urbanos), que cumplirán con lo indicado por el Reglamento de la LGPGIR. En el **Cuadro II.33** se presenta el estimado de volúmenes de residuos peligrosos que serán producidos y manejados durante el desarrollo del Proyecto.

Cuadro II.33 Generación estimada de residuos peligrosos en el Proyecto.

Residuo Identificado	Generación Estimada			Destino - Método de disposición o Medida de Reducción
	Unidad	Cantidad	Periodicidad	
Hidrocarburos: Recipientes, aceites, estopa	Ton	12.7	Anual	Manejo por compañía regional autorizada
Pinturas-Solventes	L.	1,000	Anual	Manejo por compañía regional autorizada, con fines de reciclaje

La ubicación de los puntos de generación se encuentra localizada y se implementarán los sistemas de control y el plan de manejo de residuos conforme a las prácticas comunes en la industria para la disposición de cada tipo de residuos.

Los mantenimientos a los camiones de acarreo o a los equipos mecánicos de la concentradora, se realizarán solo dentro del taller de camiones o del taller de mina, por lo que ambos lugares destinarán un área para el resguardo de los residuos peligrosos conforme a las normas ambientales y de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

Versión Pública

En el Almacén de residuos peligrosos se consolidarán embarques para disposición, se realizarán y confirmará la segregación para tratamiento y se construirá sobre una plancha de concreto de 30 cm de espesor, muros de Block de 1.5 m de altura, malla ciclónica de 1.5 m de altura sobre muros, techo de estructura con lámina. El piso tendrá una pendiente mínima del 1% en dirección a un sumidero de derrames. Contará con ventilación natural, puerta corrediza de malla ciclónica, detector de humos, extintores, lámparas de iluminación a prueba de explosiones y pararrayos. De acuerdo con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se deberán cumplir las siguientes condiciones básicas para esta área de almacenamiento:

- Estar separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
- Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;

- Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; y
- La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

Las condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas, tal como los talleres, también serán:

- No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;
- Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión; y
- No rebasar la capacidad instalada del almacén.

Versión Pública

II.2.5.3 Residuos de Manejo Especial

Teniendo la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011[22] como guía, se determinarán los residuos de manejo especial (lodos de tratamiento de aguas residuales, residuos de construcción, mantenimiento y demolición en general, residuos tecnológicos como electrónicos y de informática) y se establecerá el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial para su registro. En el **Cuadro II.34** se presenta el estimado de volúmenes de residuos de manejo especial que serán producidos y manejados durante el desarrollo del Proyecto.

[22] **NOM-161-SEMARNAT-2011.** Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

Cuadro II.34 Generación estimada de residuos de manejo especial durante el desarrollo del Proyecto.

Residuo Identificado	Generación Estimada			Destino - Método de disposición o Medida de Reducción
	Unidad	Cantidad	Periodicidad	
Neumáticos	Ton	ND	Anual	Con programa Reciclaje
Residuos Tecnológicos (baterías, equipo cómputo, cables, reproductores)	Ton	4	Anual	Con programa Reciclaje
Sobrantes de alambrón, varilla, tornillos, concreto demolido	Ton	55.56	Construcción	Plan de Manejo para reúso local, o relleno sanitario autorizado
Aguas Residuales	m^3	219.6	Mensual	Biodigestores – PTA
Lodos de Aguas Residuales Sanitarias + Lodos de PTA	m^3	500	Semestral	Prestador de Servicios Autorizado
Sedimentación de Piletas	m^3	No estimado	Anual	Regresan a sus fuentes de origen (Tepetatera, Depósito de Jales)
Papel y cartón – embalajes de madera	Ton	18	Anual	Con programa Reciclaje
Plásticos – PET (envases)	Ton	7.3	Anual	Con programa Reciclaje
Metales, aluminio – envases (no impregnados por sustancias peligrosas)	Ton	3.6	Anual	Con programa Reciclaje
Vidrio - envases	Ton	7.3	Anual	Con programa Reciclaje

Versión Pública

II.2.5.4 Residuos Sólidos Urbanos

En el **Cuadro II.35** se presenta el estimado de volúmenes de residuos sólidos urbanos (RSU) que serán producidos y manejados durante el desarrollo del Proyecto.

Cuadro II.35 Generación anual estimada de residuos sólidos urbanos por el Proyecto.

Residuo Identificado	Generación Estimada			Destino - Método de disposición o Medida de reducción
	Unidad	Cantidad	Periodicidad	
Orgánicos-cocina	Ton	62	Anual	Con Programa de Reciclaje
Inorgánicos	Ton	20	Anual	Subcontrato especialista Zacatecas
Ropa clínica, uniformes, ropa de cama y colchones	Ton	2.4	Anual	Con programa Reciclaje

Considerando 700 gramos diarios por trabajador (Zacatecas) y un promedio de 476 empleados (306 promedio en Mina, con pico de 404 en 15 años de operación), se tienen 333.2 kilogramos de Residuos Sólidos Urbanos al día en promedio máximo.

En el caso de los Residuos sólidos urbanos, el plan de manejo incluirá la disposición en Relleno Sanitario Autorizado y la colocación de contenedores (tambos de 200 litros) en las áreas de generación, identificándolos por colores y/o leyendas para cada tipo de residuo o depósito. Estos contenedores se recogerán semanalmente y se dispondrá de acuerdo con el plan de manejo correspondiente. El relleno sanitario más cercano donde podrá hacerse la disposición final autorizada de los residuos sólidos urbanos corresponde al Relleno Sanitario Intermunicipal de Zacatecas, ubicado en el Municipio de Vetagrande, Zac., aproximadamente a 70 km al W-NW del AP (**Figura II.56**).

II.2.5.5 Aguas residuales

Durante la etapa de preparación del sitio y de construcción, se contará con sanitarios portátiles distribuidos en los frentes de obra en un número suficiente considerando el número de trabajadores, los cuales serán proporcionados y mantenidos por empresas autorizadas en el manejo de aguas residuales. Adicionalmente, se contará en el campamento de construcción de un sistema de colección de aguas residuales, las cuales serán conducidas a una planta de tratamiento modular móvil.

Versión Pública

Para la etapa de operación del Proyecto, se construirá un campamento que operará con un sistema de colección de aguas residuales, las cuales serán conducidas a una planta de tratamiento modular móvil. El sistema estaría ubicado al oeste del edificio de Administración y Laboratorio, uno al oeste del área de Camiones y uno en cada una de las entradas de la caseta de vigilancia. Estos sistemas se diseñarían, construirían y operarían de acuerdo con las regulaciones vigentes.

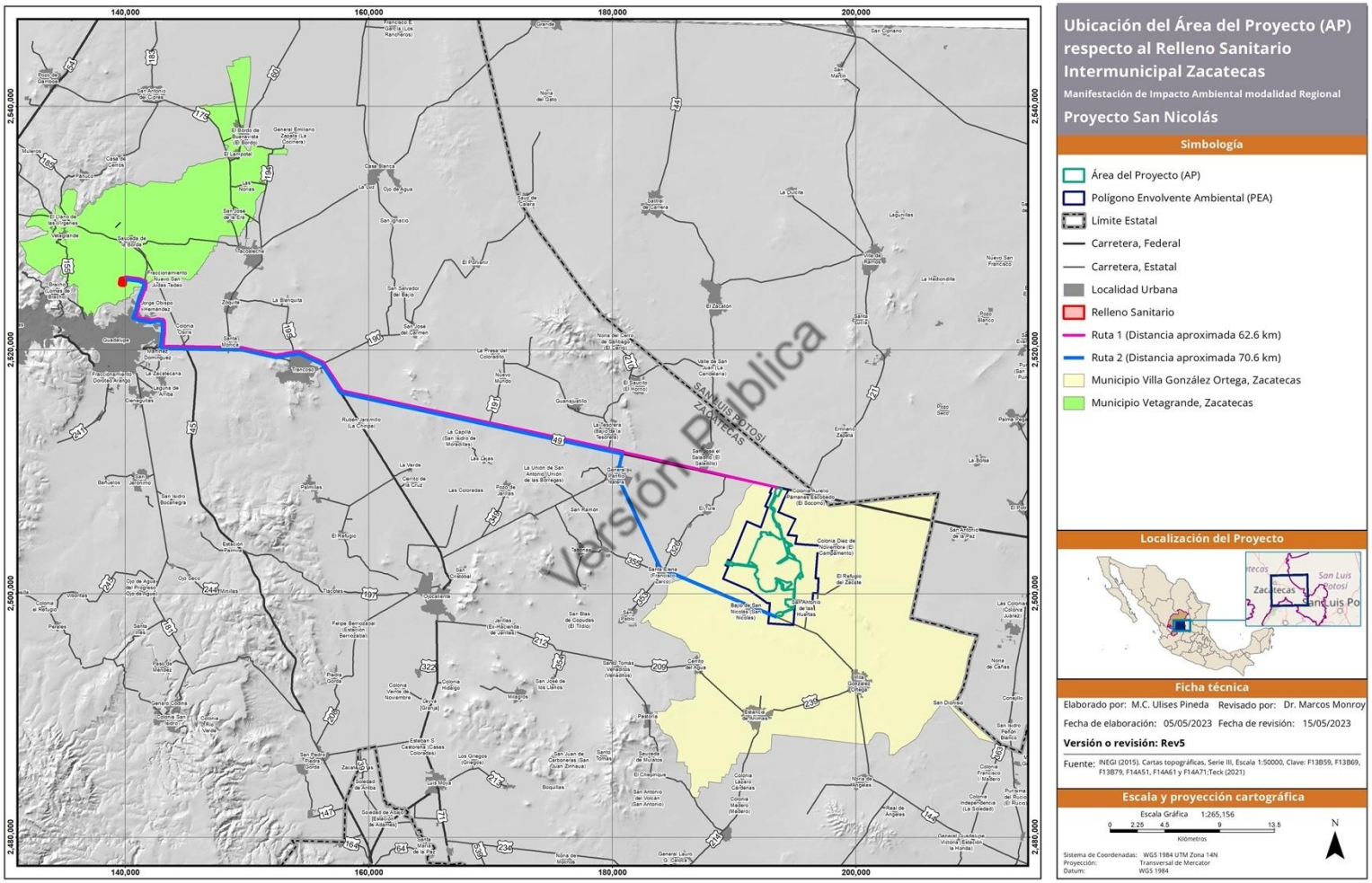


Figura II.56 Ubicación del Relleno Sanitario Intermunicipal de Zacatecas y rutas de acceso desde el Área del Proyecto.

II.2.5.6 Otras Fuentes Potenciales de Daño

II.2.5.6.1 Ruido

En la generación de ruido, durante la fase de operación y mantenimiento, se estiman 20 m de zona de riesgo desde la ubicación de la fuente para equipo mecánico en los edificios de la planta de proceso, y aunque la maquinaria pesada en operación y para transporte de material sean los mayores generadores (móviles) de ruido, no rebasan los 81 dB. Sin embargo, por estándares internacionales, se requerirá de protección auditiva en las inmediaciones de la ubicación de compresores, filtros, motores de molinos, bombas de mayor potencia (jales); y para todas las fases en la operación de equipo móvil mayor (camiones, tractores, etc.).

El ruido generado por los vehículos de la planta y de los visitantes es puntual, el control de la generación del ruido se realizará de forma indirecta, manteniendo el control sobre cada fuente mediante el monitoreo de los decibeles en función del funcionamiento del motor, tomando como referencia lo establecido en la normatividad de la STPS. En el **Cuadro II.36**, se establecen los parámetros de generación y manejo (estrategias) de ruido.

Versión Pública

Cuadro II.36 Generación y fuente de ruido en el Proyecto.

Parámetro	Generación estimada			Manejo
	Unidad	Cantidad	Periodicidad	
Ruido de Equipo móvil, molienda, flotación y compresores	dB	<85	Promedio Diaria	En cumplimiento con la NOM-011-STPS-2002: • Reconocimiento y evaluación de las áreas en la planta. • Control de tiempos de exposición a los LMP, instalación de cabinas o barreras entre fuentes y receptores. • Exámenes médicos anuales • Protección auditiva obligatoria (de acuerdo con la NOM-017-STPS-1993). • Entrenamiento sobre el programa de conservación de la audición para reforzar la cultura de la prevención de riesgos.

II.2.5.6.2 Energía térmica

No aplica, dado que no se ha identificado una posible fuente de generación de calor en el Proyecto.

II.2.5.6.3 Energía luminosa

No aplica, dado que no se ha identificado una posible fuente de generación de luz (fuera de la iluminación bajo estándar) en el Proyecto.

II.2.5.6.4 Vibraciones

Las voladuras en el tajo para la extracción de mineral y de tepetate, generarán vibraciones en forma de golpes de aire, proyección de rocas, así como eventos de generación y dispersión de polvo y gases: Los riesgos serán monitoreados y minimizados con un mayor nivel de seguridad, considerando:

- Minimización de la carga de explosivos por unidad de retardo;
- Reducción del diámetro de barrenación y la longitud de los barrenos;
- División de las cargas dentro de los barrenos o con detonación diferida (tiempos distintos);
- Cálculo del bordo y espaciamiento óptimos en la plantilla;
- Disparos con caras libres;
- Cálculo del factor óptimo de explosivos;
- Selección del esquema de retardos que eviten la superposición de ondas y/o traslapes en la detonación de los barrenos;
- Diseño de la secuencia de iniciación desde el extremo más próximo a la infraestructura a proteger y alejándose de la misma.

Versión Pública

Mención aparte merece las vibraciones de motores de molinos (con un radio de influencia de 20 m), que representan una pérdida de energía o eficiencia en la molienda, por lo que, de presentarse, se resolverán dentro de las actividades programadas de mantenimiento (calibración, medición de torques).

II.2.5.6.5 Fuentes de radiación ionizante

Entre los equipos que se emplearán en el Proyecto, se tendrán 16 equipos con un componente nuclear: 13 densímetros y 3 analizadores en línea (listados en **Cuadro II.37**). Estos dispositivos se consideran actualmente muy seguros, siguiendo los mínimos requisitos de instalación y

mantenimiento, y serán regularizados por los trámites correspondientes para la fuente nuclear ante la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), para contar con el registro correspondiente a nombre de esta promovente.

Cuadro II.37 Equipos que se usarán en el Proyecto, que contarán con una fuente radioactiva.

Identificación	Flujo m^3/h	% Sólidos
Densímetro alimentación ciclones del molino de bolas	4,332	54.8%
Densímetro alimentación ciclones terciarios	1,911	34.9%
Densímetro tanque acondicionador primaria de Cu	1,977	34%
Densímetro de alimentación ciclones remolienda Cu	664	27.8%
Densímetro tanque acondicionador limpias de Cu	991	20%
Densímetro de alimentación ciclones remolienda Zn	171	27.8%
Densímetro tanque acondicionador limpias de Zn	1,706	20%
Densímetro bajoflujo espesador concentrado de Cu	45	59.8%
Densímetro bajoflujo espesador concentrado de Zn	106	59.8%
Densímetro bajoflujo espesador de jales	578	64.8%
Analizador en línea de Cu	12	20-60%
Analizador en línea de Zn	12	20-60%

Versión Pública

Fuentes radiológicas (rayos-X) para pruebas no destructivas en tuberías, instalación de liner, y el uso de densímetros nucleares para la confirmación de humedad, densidad en suelos bases y concreto durante la construcción. Para estos casos, la autorización del transporte, uso y manejo de la fuente será de los contratistas o subcontratistas que realizan la actividad y que deben proveer evidencia del control de calidad en sus instalaciones.

II.2.6 Generación de gases de efecto invernadero (GEI)

II.2.6.1 Identificar por etapas del Proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero

Para estimar la generación de gases de efecto invernadero (GEI), se aplicó el método que involucra: [i] la estimación del uso de diésel y energía (generación y consumo); y [ii] la estimación de la generación de GEI. Se realizó una estimación del uso de diésel y energía para las siguientes actividades principales del Proyecto, por etapa:

- Minería durante las etapas de Preparación del sitio, Construcción, y Operación-Mantenimiento;
- Procesamiento de minerales durante la etapa de Operación-Mantenimiento;
- Generación de energía durante la etapa Construcción y Año 1 durante la etapa de Operación-Mantenimiento.

Para calcular las emisiones estimadas producidas por las actividades mineras durante la etapa de construcción, se usaron los datos disponibles del volumen de diésel que se consumirá directamente por las actividades de acarreo de mineral, perforación y voladura en mina para el descapote, carga y equipos de apoyo, así como también lo que se consumirá por la generación de energía eléctrica para las actividades de perforación y voladura y carga (que solo ocurrirá en el Año -2). También se tomó en cuenta el consumo de energía eléctrica suministrada por la red para alimentar las actividades de perforación y voladura, y de carga (que solo ocurrirán en el Año -1).

Versión Pública

Para calcular las emisiones estimadas producidas por las actividades mineras durante la etapa de Operación-Mantenimiento, se utilizaron los datos del volumen estimado de diésel que se consumirá para las actividades de acarreo, perforación y voladura, carga y equipo de apoyo. Se usaron también los datos sobre el consumo de energía eléctrica que se extraerá de la red para las actividades de perforación, voladura y carga durante esta etapa.

Los datos se convirtieron en costos anuales de la planta de proceso en el uso de electricidad anticipado por MWh (usando una tarifa de 0.081 US $/kWh). Esta energía se extraerá exclusivamente de la red eléctrica.

Para calcular las emisiones estimadas producidas por otras actividades durante la etapa de Construcción, se utilizaron los datos del volumen estimado de diésel que se consumirá para generar energía eléctrica.

II.2.6.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del Proyecto, como sea el caso de vapor de agua, CO_2, CH_4, N_2O, CFC, O_3, entre otros

Para la **estimación de la generación de GEI**, se utilizó la calculadora de emisiones proporcionada por el Registro Nacional de Emisiones (RENE) para calcular las emisiones de los años -2 y -1 (y el Año 1 para otras actividades). La calculadora RENE dirige a los usuarios que deseen calcular las emisiones resultantes de las actividades mineras a utilizar las fórmulas para el sector transporte (para el consumo de diésel) y el sector energético (para la energía eléctrica procedente de generadores diésel y la red eléctrica). La calculadora RENE tiene una fórmula particular para el consumo directo de diésel (por ejemplo, camiones), el consumo de diésel con fines de generación de energía eléctrica y el consumo de energía eléctrica extraída de la red, y aplicamos los datos a su fórmula respectiva. Los factores de conversión que aplicó la calculadora fueron los siguientes:

- Diésel consumido directamente (por ejemplo, para el transporte): por cada millón de litros consumidos se producen 2.868 t CO_2e.
- Diésel consumido para generación de energía eléctrica: por cada millón de litros consumidos se producen 2.834 t CO_2e.
- Energía eléctrica extraída de la red: o por cada mil MWh consumidos se producen 505 t CO_2e.

Versión Pública

Se empleó enseguida la calculadora de emisiones proporcionada por RENE para calcular las emisiones de los Años 1 al 15 para las actividades de minería y procesamiento de minerales. Se observó que la calculadora RENE tiene una fórmula particular tanto para el consumo directo de diésel como para el consumo de energía eléctrica extraída de la red; se aplicaron los datos a su respectiva fórmula. Los resultados de las emisiones anuales de GEI estimadas se presentan en el **Cuadro II.38** se incluyen las emisiones totales estimadas para las etapas de construcción y operación.

El Proyecto considera el uso de equipos para el minado propulsados por energía eléctrica, tal como perforadoras y palas retroexcavadoras, con lo cual se reduce el consumo de diésel y con la consecuente disminución de la emisión de gases de efecto invernadero. Además, se privilegiará el uso y consumo de diésel UBA producido por PEMEX con el propósito de reducir las emisiones de SO_2, que, si bien el SO_2 no es un gas con efecto invernadero, su presencia en la atmósfera si tiene influencia en el clima al ser un precursor de aerosoles.

Cuadro II.38 Estimación de emisiones de GEI durante el tiempo de vida operativa del Proyecto, por el consumo de diésel y energía eléctrica.

Etapa del Proyecto			Año del calendario operativo del Proyecto	Año Cronograma MIA-R SEMARNAT	T CO_2e/año
Preparación del Sitio	Construcción	Operación-Mantenimiento	-2	**2**	105,565
			-1	**3**	42,924
			1	**4**	86,231
			2	**5**	281,273
			3	**6**	300,613
			4	**7**	273,196
			5	**8**	267,342
			6	**9**	276,676
			7	**10**	254,851
			8	**11**	253,055
			9	**12**	246,361
			10	**13**	251,885
			11	**14**	235,455
			12	**15**	213,251
			13	**16**	217,339
			14	**17**	223,602
			15	**18**	194,933
Total					**3,724,551**

Versión Pública

Notas: Estimaciones hechas utilizando la calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones (RENE).

Capítulo III

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables 7

III.1. Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) 8

III.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 8

III.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Zacatecas 21

III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas 21

III.2.1. Áreas Naturales Protegidas 22

III.2.1.1. Áreas Naturales Protegidas de carácter Federal 23

III.2.1.2. Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal 23

III.2.2. Regiones bióticas prioritarias de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 23

III.2.2.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias 23

III.2.2.2. Regiones Terrestres Prioritarias 23

III.2.2.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) 24

III.2.2.4. Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad 24

III.3. Planes o Programas de Desarrollo Urbano Municipales (PDU) 27

III.3.1. Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024, Villa González Ortega 27

III.3.2. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega 2010-2030 28

III.4. Normas Oficiales Mexicanas 31

III.4.1. NOM en materia de Agua 31

III.4.2. NOM en materia de emisiones 33

III.4.3. NOM en materia de contaminación por Ruido 36

III.4.4. NOM en materia de Suelo 37

III.4.5. NOM en materia de Residuos 38

III.4.6. NOM en materia de Impacto Ambiental 40

III.4.7. NOM en materia de Flora y Fauna 41

III.5. Otros Instrumentos a considerar 41

III.5.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 41

Versión Pública

III.5.2. Leyes y Reglamentos 47
III.5.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 47
III.5.2.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) 61
III.5.2.3. Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 70
III.5.2.4. Ley de Aguas Nacionales 70
III.5.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) 77
III.5.2.6. Ley General de Cambio Climático 88
III.5.2.7. Ley de Minería 90
III.5.2.8. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento 94
III.5.2.9. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos 95
III.5.2.10. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas 96
III.5.2.11. Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas 98
III.5.3. Planes y Programas 102
III.5.3.1. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 102
III.5.3.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020 – 2024 104
III.5.3.3. Programa Nacional Hídrico 2020–2024 106
III.5.3.4. Programa Hídrico Regional 2021 – 2024; Región Hidrológica Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte 109
III.5.3.5. Estrategia Nacional de Cambio Climático 111
III.5.3.6. Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 112
III.5.3.7. Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027, Zacatecas 114
III.5.4. Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012 118
III.5.5. Convenios o Tratados Internacionales 122
III.5.5.1. Sitios Ramsar 122
III.5.5.2. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres 124
III.5.5.3. Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para la Protección de Aves Migratorias y de Mamíferos Cinegéticos 125
III.5.5.4. Acuerdos internacionales de Cambio Climático 125
III.5.5.5. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible 127
III.5.5.6. Convenio de la Diversidad Biológica 128
III.5.5.7. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe 129
III.5.5.8. Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) 130
III.5.5.9. De la Ley y de las Recomendaciones de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) 133

Versión Pública

III.5.5.10. Consideraciones Generales en relación con la Participación Ciudadana 135

Índice de Figuras

Figura III.1 Ubicación del Proyecto respecto a las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) de acuerdo con el POEGT (2012). 11

Figura III.2 Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales. 25

Figura III.3 Ubicación del Proyecto respecto a las Regiones Bióticas Prioritarias de CONABIO. 26

Figura III.4 Ubicación del Proyecto San Nicolás respecto al área de aplicación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega 2010-2030. 30

Figura III.5 Concesiones mineras vigentes otorgadas al Promovente para el desarrollo del proyecto San Nicolás. 91

Figura III.6 Ubicación del Proyecto San Nicolás respecto a la zonificación de Proyectos Estratégicos señalados en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012. 121

Figura III.7 Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Ramsar. 123

Versión Pública

Índice de Cuadros

Cuadro III.1 Características de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) UAB 42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (DOF, 2012). 10

Cuadro III.2 Estrategias planteadas para la Unidad Ambiental Biofísica UAB-42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas. 12

Cuadro III.3 Relación de la ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las Áreas Naturales Protegidas y las Regiones Prioritarias de CONABIO. 22

Cuadro III.4 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua. 31

Cuadro III.5 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Emisiones. 33

Cuadro III.6 Normas Oficiales Mexicanas en materia de contaminación por Ruido. 36

Cuadro III.7 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Suelo. 37

Cuadro III.8 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos. 38

Cuadro III.9 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Impacto Ambiental. 40

Cuadro III.10 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Flora y Fauna. 41

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 47

Cuadro III.12 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de: evaluación de impacto ambiental. 55

Cuadro III.13 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. 58

Cuadro III.14 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). 62

Cuadro III.15 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). 66

Cuadro III.16 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS). 70

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales. 71

Cuadro III.18 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. 76

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). 77

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). 83

Cuadro III.21 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Cambio Climático. 89

Cuadro III.22 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático. 90

Cuadro III.23 Vinculación del Proyecto con la Ley de Minería. 91

Cuadro III.24 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Minera. 94

Cuadro III.25 Vinculación del Proyecto con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos. 94

Cuadro III.26 Vinculación del Proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos. 96

Cuadro III.27 Vinculación del Proyecto con la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas. 96

Cuadro III.28 Vinculación del Proyecto con la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas. 98

Cuadro III.29 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas. 100

Cuadro III.30 Vinculación del Proyecto con el Convenio de la Diversidad Biológica. 129

Versión Pública

Cuadro III.31 Vinculación del Proyecto con el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). 131

Cuadro III.32 Vinculación del Proyecto con las Recomendaciones de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos. 133

Listado de Anexos

Anexo III.1 Oficio [redacted] del Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI) sobre la presencia de población indígena en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera

Anexo III.2 Concesiones mineras de las cuales el Promovente [redacted] cuenta con la titularidad

Versión Pública

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

El presente capítulo se desarrolló con base en las características y naturaleza del Proyecto, en el conocimiento adquirido sobre el entorno ambiental y en la consulta de fuentes de información de ámbitos federal, estatal y municipal vigentes, para cumplir con los lineamientos que obligan para el desarrollo del proyecto minero **San Nicolás** (enseguida referido como "el Proyecto").

El Proyecto corresponde a la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre de una unidad minera que se desarrollará en el Municipio de Villa González Ortega, en el Estado de Zacatecas, donde se llevará a cabo el minado del recurso mineral, para procesarlo en una planta convencional de beneficio por flotación selectiva para la obtención de concentrados de cobre y zinc.

El Proyecto incluirá un conjunto de obras y actividades que consiste en minado superficial, una tepetatera, un depósito de jales, una planta de beneficio integrada por etapas de trituración, molienda, concentración por flotación de minerales de cobre y de zinc, espesadores de concentrado y de jales, filtros, y área de carga de camiones. Se contará, además, con infraestructura de servicios de apoyo a mina, tal como: caminos de acceso con casetas para su control, subestaciones eléctricas y líneas de transmisión eléctrica, sistema de bombeo para el manejo de agua de laboreo, sistema de manejo de aguas de contacto y no contacto, áreas para almacén temporal de suelo orgánico, campamento de operación, edificios auxiliares y permanentes para la operación como polvorines, almacén de refacciones, oficinas, laboratorio de ensayos, instalaciones sanitarias que consistirán en biodigestores y plantas de tratamiento móviles, vestidores, clínica, comedor, talleres de mantenimiento, área para almacén y manejo de reactivos, despacho de combustibles e instalaciones temporales como el campamento de construcción. Asimismo, el Proyecto continuará con sus oficinas comunitarias para la atención a la población ubicadas en centros de población localizados dentro del Área de Influencia social (AIS) del Proyecto.

Versión Pública

Puesto que el Proyecto no manejará cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer y/o Segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992, respectivamente, este Proyecto no incluye actividades altamente riesgosas; mientras que, para su desarrollo se deberá tramitar la Autorización correspondiente ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para ejecutar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en áreas con vegetación forestal del tipo matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, donde se ubicará el Área del Proyecto (AP).

Con lo anteriormente expuesto, y con el objetivo de proporcionar a la SEMARNAT los elementos de juicio para la motivación y sustento del cumplimiento con los mandatos relevantes del Proyecto en materia ambiental, se presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) de manera que la Autoridad Ambiental pueda aplicar lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Se identifican a continuación los instrumentos jurídicos, normativos y administrativos que regulan las obras y actividades que integra el Proyecto, y se hace el análisis que determina la congruencia del Proyecto con las disposiciones de los instrumentos regulatorios que lo vinculan.

III.1. Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET)

El Acuerdo con el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012. El desarrollo del Proyecto estará alineado con las estrategias establecidas para lograr la sustentabilidad del territorio en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) en donde se ubica.

Versión Pública

III.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. El POEGT fue publicado el día 7 de septiembre de 2012 englobando una de las cuatro modalidades del Ordenamiento Ecológico según la LGEEPA.

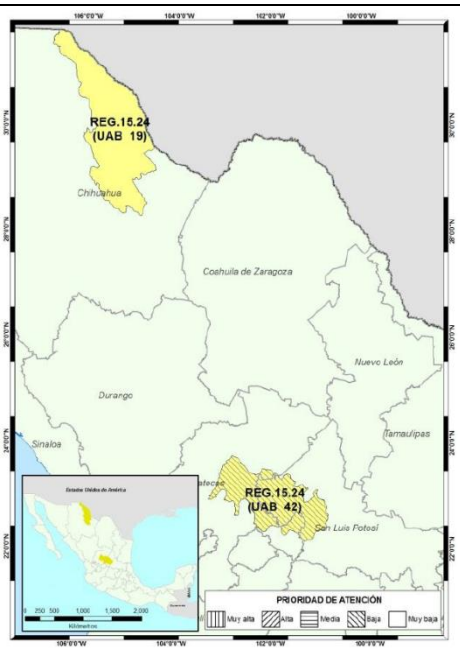
El Proyecto se encuentra dentro de la **Región Ecológica 15.24** y la **Unidad Ambiental Biofísica** (UAB) **42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas**. Las principales características de la UAB donde está el Proyecto se presentan en el **Cuadro III.1** y su ubicación en la **Figura III.1** (POEGT, 2012).

En el **Cuadro III.2**, se presenta la vinculación de las Estrategias establecidas para la **Región Ecológica 15.24** y la **Unidad Ambiental Biofísica** (UAB) **42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas**, que aplican al Proyecto. De las 44 estrategias del Programa, se identifican 29 estrategias que se vinculan con el Proyecto.

El Proyecto es compatible con las estrategias y políticas planteadas en el POEGT para la UAB 42, pues las disposiciones señaladas en este instrumento normativo no prohíben ni limitan el desarrollo del Proyecto, además se implementarán acciones de prevención, mitigación y compensación durante todas las etapas del Proyecto (descritas a detalle en los Capítulos V y VI), encaminadas a disminuir el efecto que el desarrollo del mismo pudiera generar sobre los ecosistemas y en el área donde se ubicará el Proyecto. Se considera que el Proyecto no contribuirá a alterar el estado del medio ambiente en esta UAB, pues para los impactos identificados y valorizados (descritos a detalle en el Capítulo V de esta MIA-R), que se limitan al AP y a su área de influencia (AI), se propone la aplicación de medidas y la ejecución de Programas y Planes como parte del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), tal como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R.

Versión Pública

Cuadro III.1 Características de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) UAB 42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (DOF, 2012).

<table>
<tr><td rowspan="2">
</td><td colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 15.24
Unidad Ambiental Biofísica que la compone:
42. Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localización:
42. Centro-este de Zacatecas</td></tr>
<tr><td></td><td>Superficie en km^2:
42. 21,258.65</td><td>Población por UAB:
42. 572,296</td><td>Población Indígena:
42.
Sin presencia</td></tr>
<tr><td>Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="3">42. Medianamente Estable a Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. Muy baja superficie de ANP. Baja degradación de los Suelos. Alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km^2): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 39.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Muy alto porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.</td></tr>
</table>

Versión Pública

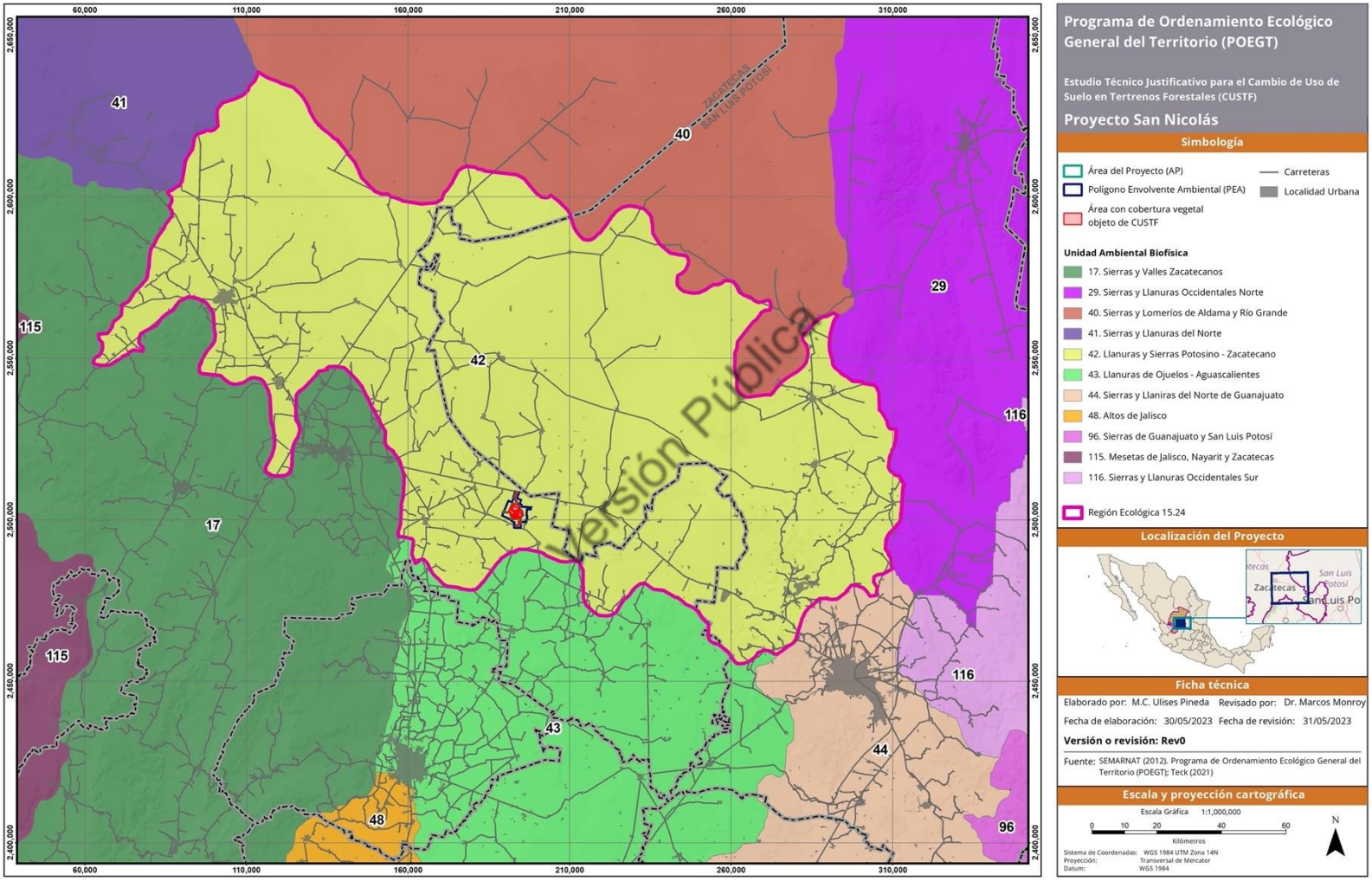


Figura III.1 Ubicación del Proyecto respecto a las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) de acuerdo con el POEGT (2012).

Cuadro III.2 Estrategias planteadas para la Unidad Ambiental Biofísica UAB-42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		Vinculación
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. 2. Recuperación de especies en riesgo. 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	El Proyecto desarrolló estudios y monitoreos de línea base ambiental sobre los ecosistemas y la biodiversidad en el Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI), el Polígono Envolvente Ambiental (PEA), y el Área del Proyecto (AP) para ampliar su conocimiento y aplicarlo a la propuesta de medidas de prevención y de mitigación dedicadas a la protección de la biodiversidad durante el desarrollo del Proyecto. Este conocimiento sobre la biodiversidad en el SAR se documenta en el Capítulo IV de esta MIA-R y sus correspondientes anexos, por lo que son de carácter público para la ampliación y difusión del conocimiento. La especie de flora silvestre listada en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y una fracción de aquellas que han sido clasificadas como de interés biológico que se encuentren en las áreas objeto de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), por ser endémicas, de lento crecimiento y difícil regeneración, serán propósito de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), que incluye acciones y monitoreo de sobrevivencia. Las especies e individuos de fauna silvestre, listados por la NOM-059-SEMARNAT-2010, por CITES y/o en la IUCN, así como aquellos de lento desplazamiento, serán propósito de la aplicación del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**) que se ejecutará durante las etapas de preparación del sitio y de construcción. La reubicación de las especies de fauna rescatada se hará en sitios seleccionados dentro del AI del Proyecto o en el SAR, en función de su hábitat natural, de tal

Versión Pública

Cuadro III.2 Estrategias planteadas para la Unidad Ambiental Biofísica UAB-42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		Vinculación
		manera que se traten de mantener los corredores de desplazamiento de fauna. Todas aquellas áreas forestales dentro del PEA, que no sean objeto de CUSTF, temporal o permanente, serán preservadas, manteniendo la vegetación forestal y los hábitats para la fauna silvestre. Las áreas con vegetación forestal degradada dentro del PEA y que no vayan a ser objeto de CUSTF en el AP, podrán ser áreas que se recomienden para la reubicación de la flora silvestre rescatada y para aplicar acciones de reforestación para privilegiar la reconstitución de áreas con cobertura vegetal que favorezcan el desarrollo de hábitats para la fauna silvestre.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.	Considerando que por definición el aprovechamiento sustentable es la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, en el Proyecto no se desarrollará el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ni de suelos agrícolas, pecuarios o de recursos forestales. El Proyecto requiere para su desarrollo un CUSTF autorizado, el cual previo y después a su autorización se sujetará a las disposiciones que la ley dicte con respecto a los recursos forestales implicados. El CUSTF autorizado implicará, en la etapa de preparación del sitio, las acciones de rescate y reubicación previa de la flora y de la fauna silvestre, y acciones de recuperación y mantenimiento del suelo orgánico, previa aplicación en actividades del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, el cual incluirá acciones de revegetación en áreas restauradas. Los recursos forestales maderables y no maderables, así como todo producto del

Versión Pública

Cuadro III.2 Estrategias planteadas para la Unidad Ambiental Biofísica UAB-42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		Vinculación
		desmonte y despalme serán almacenados y mantenidos para incorporarse en áreas restauradas como parte del Programa de Restauración y Conservación de Suelo, o bien, podrán ser objeto de donación a las comunidades cercanas al Proyecto. A partir del conocimiento obtenido del estudio línea base sobre los ecosistemas, se incluye la valoración de los servicios ambientales, de tal manera que esta valoración y análisis sean parte de la evaluación de los impactos y la propuesta de las medidas de prevención, mitigación y de conservación, que se presentan en el Capítulo VI de esta MIA-R.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El Proyecto limitará la afectación a los ecosistemas al CUSTF en las áreas donde se desarrollarán obras y actividades dentro del AP. Sin embargo, previa ejecución del CUSTF, se aplicarán el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), y el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**); así como el Programa de Restauración y Conservación de Suelo durante el desarrollo del Proyecto, todo como parte del Programa de Vigilancia Ambiental (**Anexo VI.1**). La protección de los ecosistemas también será parte de las acciones del Programa de Monitoreo Ambiental (**Anexo VI.6**), que incluye el monitoreo de emisiones de polvos y partículas, el monitoreo de la calidad química del agua superficial y subterránea. Asimismo, se considerarán los lineamientos técnicos vinculantes asociados a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009. El Proyecto no incluye actividades agrícolas, por lo que, no implica el uso de fertilizantes o productos

Versión Pública

Cuadro III.2 Estrategias planteadas para la Unidad Ambiental Biofísica UAB-42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		Vinculación
		agroquímicos, ni se vincula la estrategia con el Proyecto.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	El Proyecto incluye como parte de las acciones del plan de cierre, la restauración de las áreas que fueron objeto de CUSTF, lo cual incluye la aplicación del Programa de Restauración y Conservación de Suelo y acciones de revegetación con especies de flora nativa, característica de los tipos de vegetación primaria dominante en el AP, es decir, especies características del matorral desértico micrófilo y del matorral crasicaule, en sus tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de productos y servicios.	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	La planeación y desarrollo del Proyecto se realizó con base en la investigación minera en el área, incluida inicialmente la generada por el Servicio Geológico Mexicano. El minado y beneficio de los recursos minerales por el Proyecto representarán un detonador de desarrollo económico y social de la región, que estará basado en el aprovechamiento racional de los recursos minerales. La actividad minera será desarrollada aplicando las medidas de mitigación y compensación ambiental que han resultado de la evaluación de impactos, todas como parte del PVA que será diseñado para dar cumplimiento a los términos y condicionantes que dicte la Autoridad Ambiental. A través del desarrollo del presente Capítulo III, se identifica la normatividad ambiental (de orden federal, estatal y municipal), que será aplicable a todas las actividades por desarrollar en el Proyecto, la cual deberá ser atendida conforme a las disposiciones impuestas por cada instrumento, que sea vinculante con el Proyecto.

Versión Pública

Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		Vinculación
A) Suelo urbano y vivienda.	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	La generación de empleos directos e indirectos, así como la derrama económica generada por la inversión y el desarrollo del proyecto minero, podría representar una oportunidad de mejora en las condiciones y calidad de vida de los habitantes de la región y en particular de las comunidades dentro del AI del Proyecto. El Proyecto no considera atender de manera específica a poblaciones en condiciones de pobreza o poblaciones marginadas, sino se estima sea un promotor indirecto de desarrollo económico local y regional, así como un promotor de la inclusión de poblaciones desfavorecidas para beneficiar su desarrollo social no marginal.
B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias.	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil. 26. Promover la reducción de la vulnerabilidad física.	El promovente será partícipe y promotor de las acciones que de manera coordinada demande la sociedad civil y el gobierno local para enfrentar riesgos naturales. El Proyecto aplicará medidas para prevenir y mitigar los impactos adversos asociados a las obras y actividades del Proyecto, que pudieran hacer vulnerable al ambiente. En particular, el minado superficial, la tepetatera y la presa de jales, están diseñados y serán operados con altos factores de estabilidad que garantizarán la seguridad para minimizar cualquier evento catastrófico que vulnere el medio y la población. El Atlas Nacional de Riesgos, en el Municipio de Villa González Ortega solo reconoce como riesgo en el área cercana al Proyecto a pequeñas áreas con susceptibilidad alta por inestabilidad de laderas, aunque están fuera del PEA y del AP, al Este y Sureste del AP, por lo que, el Proyecto no incrementará el riesgo por cualquiera de sus obras o actividades.
C) Agua y saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	El recurso hídrico es necesario para cada etapa del Proyecto, por este motivo el Proyecto contempla el monitoreo de la calidad química del agua superficial y del agua subterránea, aguas arriba y aguas abajo del AP, así como sistemas de recuperación y reutilización del agua de proceso,

Versión Pública

Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		Vinculación
	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	contribuyendo así a mantener una calidad de agua acorde a la normatividad, y optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico, puesto que el recurso hídrico es considerado por el promovente como estratégico y prioritario para el Proyecto y para las comunidades que lo rodean. El Proyecto hará uso de agua de laboreo durante la operación del Proyecto y, en el caso de las excedencias, el agua de laboreo será reintegrada a la cuenca hidrológica. Para mitigar y compensar el impacto asociado al abatimiento del nivel freático, el promovente establecerá y ejecutará el Programa Social de Acceso al Agua (**Anexo VI.8**).
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	La generación de empleos directos e indirectos, así como la derrama económica generada por el proyecto minero representará una oportunidad para el municipio y poblados del AI de mejorar sus condiciones actuales. Se promoverá el empleo y contratación de servicios locales y regionales, que se registrará a través de un padrón de proveedores y prestadores de servicios locales y regionales, favoreciendo así el desarrollo de las comunidades en el SAR y la región. El Proyecto no afectará ni se contrapondrá al desarrollo urbano del Municipio de Villa González Ortega, ya que se encuentra a más de 5 km fuera del área indicada por el Programa que está dirigido al desarrollo urbano del Centro de Población Municipal.
E) Desarrollo social	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	El promovente, mediante la casa de diálogo con la comunidad, dará difusión a temas de interés para el desarrollo de ésta, así como promoverá acciones de capacitación, y de inducción a nuevas habilidades para las comunidades. El programa de empleo de personas de comunidades cercanas al Proyecto mantendrá valores esenciales como la igualdad y tolerancia de cualquiera de los grupos sociales involucrados.

Versión Pública

Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		Vinculación
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Promover la asistencia y permanencia escolar entre la población más pobre. Fomentar el desarrollo de capacidades para el acceso a mejores fuentes de ingreso. 39. Incentivar el uso de servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o	Los empleos directos generados por el Proyecto incrementarán el registro correspondiente ante el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y, consecuentemente, se incentivará el uso de los servicios de salud en la región.

Versión Pública

Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		Vinculación
	vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		**Vinculación**
A) Marco Jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El promovente será propietario o poseedor de convenios de ocupación temporal de los terrenos dentro del PEA; por lo que, no tendrá problemas de litigio y se respetarán los terrenos rurales colindantes.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	El Proyecto no se vincula con la mejora al catastro rural y la modernización de la información agraria local o regional, y no intervendrá en acciones que corresponden a cualquier orden de gobierno. El Proyecto será respetuoso y promotor del ordenamiento territorial estatal y municipal, como se establece en los correspondientes programas de desarrollo urbano y que se refieren en este Capítulo III. El Proyecto participará, en la medida de lo posible y pertinente, en las actividades organizadas por el gobierno a fin de colaborar con las iniciativas gubernamentales en materia de ordenamiento territorial.

Versión Pública

Población Indígena. Con relación a la población indígena en el SAR, de acuerdo con la información pública obtenida en el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), fueron registradas 4 localidades con presencia de población indígena consistente en un total de 14 personas, que representan el 0.03% respecto a la población total de las localidades en el SAR. Las

14 personas que fueron identificadas y hablan alguna lengua indígena están distribuidas en las siguientes comunidades:

- Santa Elena (Francisco Zarco);
- El Saucito (El Horno);
- Estancia de Ánimas;
- Villa González Ortega.

De acuerdo con el Catálogo de Localidades Indígenas publicado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI, 2010), para el año 2010, habitaban en las localidades del SAR, un total de 171 personas, distribuidas en diversas localidades, incluyendo el AI. En el análisis comparativo de los últimos 10 años se observa una disminución de la población indígena de 171 a solo 14 personas que se registran dentro del SAR y el AI del Proyecto.

A partir de la revisión realizada en el Catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México, con sus auto denominaciones y referencias geoestadísticas del Instituto Nacional de Lenguas Indígenas, en las localidades identificadas dentro del SAR, se determina que no existe presencia de hablantes de alguna variante lingüística. La zona en donde se desarrollará el Proyecto (área de influencia y área del Proyecto) no se encuentra en ninguna región indígena.

Versión Pública

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI), en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, se estima que el volumen de la población indígena asciende a 46 y 139 personas indígenas respectivamente, que representan el 0.4% y el 0.6% de la población total de cada municipio, respectivamente. Mediante el oficio [redacted][1]), el Instituto corrobora que "*la información acerca de los pueblos indígenas estimada en estos municipios no está disponible, debido a que la lengua de los ascendentes de los hogares indígenas no fue suficientemente especificada. De acuerdo a la información disponible, esta población es parte de los pueblos Mixe, Nahuas, Zapotecos, Mazatecos, Otomís, Mayas y de la clasificación "Otras lenguas de América*" [...] *de acuerdo al Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México con sus autodeterminaciones y referencias geoestadísticas del INALI, ninguna de estas agrupaciones lingüísticas tiene una referencia geográfica en esos municipios, por lo cual, la población indígena identificada por el censo puede ser considerada migrante*".

[1] En abril 2023, MDSN presentó una serie de solicitudes ante dependencias de orden federal y estatal para actualizar la información oficial sobre la población indígena en el Municipio de Villa González Ortega y el área de influencia social del Proyecto. A la fecha no se ha obtenido respuesta por parte de ninguna dependencia, por lo que el oficio del INPI del año 2019, así como las estadísticas del Censo de Población de INEGI, corresponde a la información más actualizada.

Habiendo constatado que no existen comunidades indígenas actualmente habitando en el AI, ni en el SAR, para el Proyecto ha resultado de relevancia identificar si en este mismo ámbito existen comunidades afromexicanas o equiparables, según lo refiere el artículo segundo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), así como en la literatura existente en el tema desde un enfoque de derechos culturales, tales como la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) y el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT), en diversas publicaciones.

Según el INEGI, las comunidades afromexicanas son aquellas conformadas por personas que descienden de los africanos que llegaron a México durante el periodo colonial para trabajar de manera forzada en haciendas, ingenios, minas, manufacturas o en el comercio, y que al día de hoy conservan los rasgos identitarios con su pasado y una conexión histórica con el territorio en donde se encuentran establecidos.

De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se identificó la presencia de algunos individuos dispersos que se identifican como personas descendientes afromexicanos (341 personas, que corresponden al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, que corresponden al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.

Versión Pública

III.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Zacatecas

De acuerdo con la contestación recibida el 26 de junio de 2019 por parte de Transparencia@Capitaldezacatecas.Gob.Mx, así como la información disponible para el Estado de Zacatecas, este estado no cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico decretado y publicado.

III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las Áreas Naturales Protegidas

En el **Cuadro III.3**, se mencionan las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y las Regiones Prioritarias de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), más cercanas al Proyecto y su distancia respecto a este, dado que el AP no se encuentra dentro de alguna de estas Áreas y Regiones.

Cuadro III.3 Relación de la ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las Áreas Naturales Protegidas y las Regiones Prioritarias de CONABIO.

Tipo de Área o Región	Inclusión del AP en el área o región	Área o Región más cercana	Distancia (km)
Área Natural Protegida Federal	NO	Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón	30.8
Área Natural Protegida Estatal	NO	Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wirárika	33.5
Región Hidrológica Prioritaria (RHP)	NO	RHP 56 Valle de Aguascalientes – Río Calvillo	17.5
Región Terrestre Prioritaria (RT)	NO	RTP 66 Sierra Fría	51.5
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)	NO	AICA 34 Sierra Fría	52.2
Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) para la Conservación de la Biodiversidad	SÍ	SPT 4842 – Prioridad Alta	-
Área destinada voluntariamente a la Conservación (ADVC)	NO	Santuario para el Águila Real en los Bienes Comunales de San José de Gracia, Aguascalientes. Certificado CONANP - 388/2015	79.4

Versión Pública

III.2.1. Áreas Naturales Protegidas

El área que ocupa el Proyecto no se encuentra sujeta a condicionantes específicas relacionadas a una zona o subzona, dentro de un área decretada para la conservación por programas publicados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en el Diario Oficial de la Federación, los cuales determinan el tipo y los lineamientos a seguir, según la zonificación de un Área Natural Protegida (ANP) ya sea estatal o federal. Entre el catálogo de ANP, se encuentran las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), que son áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, dedicadas a una función de interés público, y establecidas mediante certificado emitido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por conducto la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Responden a iniciativas de pueblos indígenas, organizaciones sociales, personas morales, públicas o privadas, de destinar sus predios a acciones de conservación y son administradas por sus legítimos propietarios, conforme a su propia Estrategia de Manejo (https://advc.conanp.gob.mx/sample-page/). Actualmente, existen 363 ADVC certificadas por la

CONANP, de la cuales la más cercana (Santuario para el Águila Real en los Bienes Comunales de San José de Gracia, Aguascalientes. Certificado CONANP-388/2015), se encuentra en el Estado de Aguascalientes, a 79.4 km de distancia del AP.

III.2.1.1. Áreas Naturales Protegidas de carácter Federal

Según la ubicación del Proyecto que se muestra en la **Figura III.2**, este no se localiza dentro de un Área Natural Protegida Federal. El Área Natural Protegida "Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón" es la más cercana, a 30.8 km del Proyecto.

III.2.1.2. Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal

El Proyecto no se encuentra dentro de algún Área Natural Protegida (ANP), de competencia Estatal. En la **Figura III.2**, se observa que el área "Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wirárika" es la más cercana al Proyecto, encontrándose a 16.5 km.

Versión Pública

III.2.2. Regiones bióticas prioritarias de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

La CONABIO ha definido varios tipos de regiones prioritarias que resultan determinantes para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas. En los apartados a continuación se presentan las regiones que tienen una relación geográfica con el Proyecto.

III.2.2.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias

El Proyecto no se ubica dentro de una Región Hidrológica Prioritaria RHP). La RHP 56 "Valle de Aguascalientes – Río Calvillo" es la más cercana, a 17.5 km del Proyecto como se muestra en la **Figura III.3**.

III.2.2.2. Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) corresponden a áreas terrestres que desde el punto de vista ambiental destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica específica, de una mayor riqueza de especies endémicas, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad de conservación. De acuerdo con la ubicación del sitio del Proyecto (**Figura III.3**), se puede confirmar que este no se encuentra ubicado dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria. La región más cercana se encuentra aproximadamente a 51.5 km, llamada RTP 66 "Sierra Fría".

III.2.2.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

La **Figura III.3** muestra que el Proyecto no se encuentra ubicado dentro de alguna área de importancia para la Conservación de Aves; la más cercana se encuentra aproximadamente a 52.2 km, llamada AICA 34 "Sierra Fría".

III.2.2.4. Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad

Con fecha 9 de marzo de 2021, se publicó una cartografía que identifica los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre (CONABIO, CONANP, TNC y PRONATURA, 2007). Los sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad son hexágonos de superficie terrestre que permiten cumplir con las metas de conservación establecidas para los distintos elementos de la biodiversidad seleccionados en la menor área posible. Se identificaron sitios de extrema, alta y media prioridad. El SAR del Proyecto se ubica dentro de un conjunto de 8 Sitios Terrestres Prioritarios con nivel de prioridad alta, que corresponden a los SPT con clave 4785, 4758, 4786, 4759, 4814, 4841, 4842 y 4869; de los cuales el AP se encuentra prácticamente en su totalidad dentro del SPT 4842 (**Figura III.3**). Es por ello (SPT 4842) que, el Promovente promoverá el respeto a la flora y fauna silvestres presentes en sitios adyacentes al Proyecto y que se encuentran fuera del polígono del AP; esto a través de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**) y del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**), asegurando en este último caso, la preservación de corredores de desplazamiento de fauna, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad. Adicionalmente, otras medidas de protección de la biodiversidad serán aplicadas, tal como la capacitación de todo el personal participando en el Proyecto sobre la protección y conservación de la biodiversidad, la promoción de pláticas comunitarias sobre la importancia de conservación de la flora y fauna silvestres de la región, la instalación de letreros de control de velocidad en el AP para disminuir la probabilidad de atropellamiento de fauna, la instalación de equipos para el ahuyentamiento de avifauna, entre otros.

Versión Pública

Cabe destacar que, en el caso de la fauna silvestre, los individuos serán reubicados en hábitats con características ecosistémicas similares a los sitios donde fueron rescatados, para no alterar su distribución a nivel regional. Asimismo, solo se realizará el CUSTF en el AP, con la finalidad de tener una mínima afectación a la vegetación en el sitio, al término de la vida útil del Proyecto se tendrán actividades del plan de cierre que incluyen la restauración del suelo y la revegetación de áreas restauradas, protegiendo con ello al suelo para evitar su erosión.

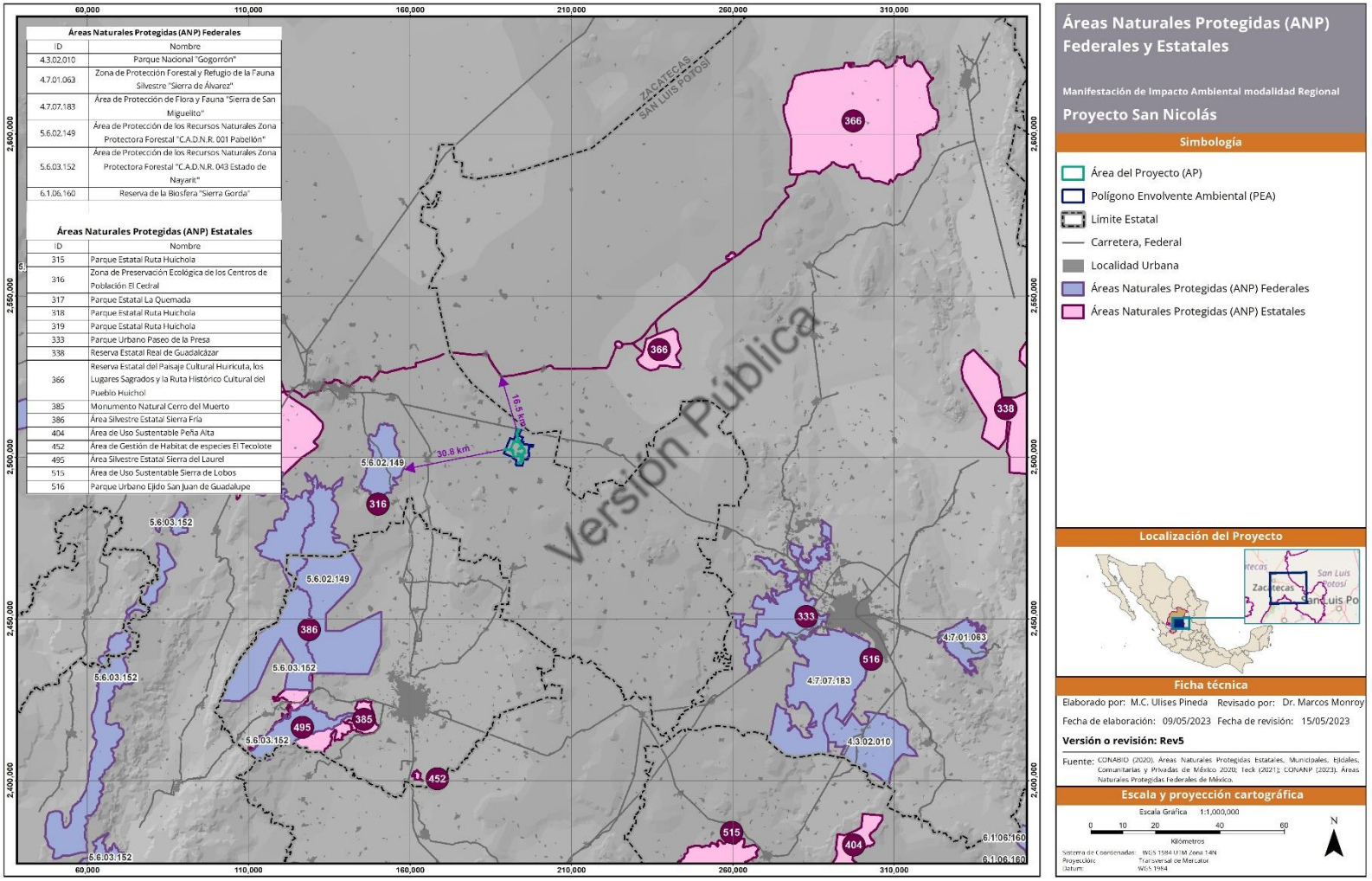


Figura III.2 Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales.

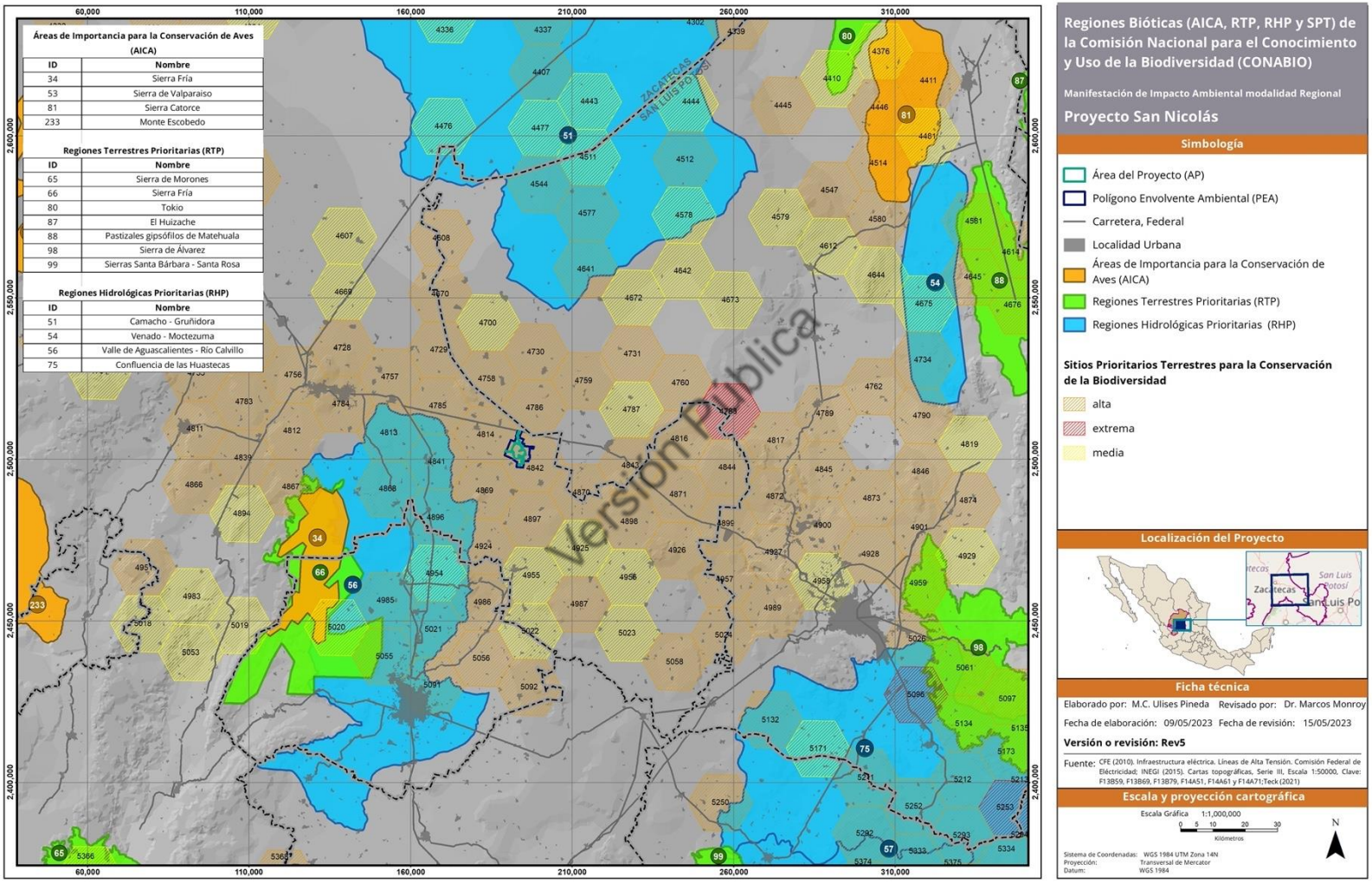


Figura III.3 Ubicación del Proyecto respecto a las Regiones Bióticas Prioritarias de CONABIO.

III.3. Planes o Programas de Desarrollo Urbano Municipales (PDU)

III.3.1. Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024, Villa González Ortega

El Plan Municipal de Desarrollo de Villa González Ortega 2021–2024 toma cinco ejes rectores para su integración, el Desarrollo Económico Sustentable, el Desarrollo Social Integral, Obras y Servicios Públicos, la Seguridad Pública y la Modernización de la Administración Pública. Su elaboración se fundamenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas, en la Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Zacatecas y su Reglamento y en la Ley Orgánica del Municipio.

Como se indica, a continuación, el desarrollo del Proyecto podría contribuir a la instrumentación y consecución de los siguientes objetivos:

Eje Rector: Desarrollo Económico Sustentable

Objetivo 1: mejorar los programas del agro asegurando su permanencia y operatividad; Programa: apoyo en la producción de los cultivos tradicionales. Como parte de su estrategia de relacionamiento con las comunidades, el promovente ha desarrollado programas de capacitación voluntaria para la mejora de las actividades agrícolas y ganaderas.

Versión Pública

Objetivo 2: conservar e incrementar las fuentes de empleo; Programa: capacitación, asistencia técnica y financiamiento pequeños y microempresarios. Con el apoyo de instituciones de educación locales, el promovente ha implementado programas para desarrollar habilidades empresariales que les permitan a las comunidades su integración dentro de la cadena de suministro de la mina y la diversificación de la economía local y regional.

Eje Rector: Desarrollo Social Integral

Objetivo 1: mejorar e incrementar la atención a la problemática social en materia de vivienda, salud, educación, recreación, cultura y deportes; Programa: construcción y equipamiento de infraestructura hidráulica. De merecer la autorización en materia de impacto ambiental, el Proyecto trabajará, coordinadamente con las comunidades y con las Autoridades Municipales, para la rehabilitación y mejora de las instalaciones de extracción, distribución, almacenamiento y entrega de agua potable mediante la implementación de su Programa Social de Acceso al Agua. Adicionalmente, la creación de empleos formales, asociados al desarrollo de la mina, contribuirá a impulsar la mejora de los servicios de salud dentro del municipio.

Eje Rector: Obras y Servicios Públicos

Objetivo 2: construcción, mejoramiento y conservación de vías de comunicación; Programa: señalización y balizamiento. Dentro de las medidas definidas para mitigar el impacto del aumento del tránsito vehicular, el promovente se coordinará con las autoridades estatales y municipales para mejorar la señalética de las vías de comunicación que se pudieran ver afectadas.

Es importante destacar que los principios bajo los cuales se conceptualizó el desarrollo del Proyecto se alinean, plenamente, con las estrategias de **Respeto a los Derechos Humanos, Equidad de Género y Ampliación de Oportunidades** que constituyen las bases para la gobernabilidad identificadas en el Plan Municipal de Desarrollo 2021–2024 de Villa González Ortega.

III.3.2. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega 2010-2030

Versión Pública

En cumplimiento de lo dispuesto por el Artículo 16, Fracción IV de la Ley General de Asentamientos Humanos; de los Artículos 115, Fracción V, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; de la Fracción I, de la Ley General de Asentamientos Humanos; y de la Fracción I, del Código Urbano del Estado de Zacatecas; y con base en el Artículo 51, del Código Urbano del Estado de Zacatecas, se acordó la elaboración del **Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega** 2010-2030, sus Declaratorias de Usos, Reservas y Destinos de Suelo y Carta Urbana, que determina los objetivos a los que estará orientado el desarrollo de las acciones de planeación, ordenación y regulación de los asentamientos humanos, así como las metas y las políticas consecuentes que regularán las tareas de programación, los programas operativos a cargo de las autoridades y las bases a que se sujetarán las acciones concurrentes entre los sectores público y privado para el desarrollo de los asentamientos ubicados en el centro de población de Villa González Ortega.

Que el H. Ayuntamiento de Villa González Ortega, Zac., aprobó el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega, sus Declaratorias de Usos, Reservas y Destinos de suelo y carta urbana, en acuerdo celebrado en la Sesión Extraordinaria de Cabildo, de fecha 5 de noviembre de 2010 y con base en el Artículo 74, Párrafo Segundo del Código Urbano, lo envió al Gobernador del Estado para su verificación y publicación en su caso. Si bien el Programa está dirigido al Desarrollo Urbano del Centro de Población Municipal (**Figura III.4**), algunas de las estrategias y lineamientos pueden estar asociados con el desarrollo del Proyecto, entre los que destacan:

Se evitará la construcción en el interior de cauces y vasos de cuerpos hidrológicos, así como en la zona de derecho de los mismos. No se podrá descargar desechos residuales sobre cauces y mantos acuíferos, los cuales se canalizarán a plantas de tratamiento.

Las áreas de protección a los cauces y cuerpos de agua o derecho federal son las requeridas para la regularización y control de los cauces en los escurrimientos y vasos hidráulicos, así como las necesarias en la conservación y el mejoramiento de los mantos acuíferos y el suministro de agua, tanto en los asentamientos humanos como al uso agropecuario.

Al respecto, el Proyecto considera cumplir los reglamentos y normas vigentes en materia ambiental, a través de la implementación de acciones y de medidas de mitigación que se describen en el Capítulo VI de esta MIA-R. Entre las medidas que atienden las estrategias y lineamientos citados del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega, se tienen: [i] la construcción de obras de captación y desvío de agua pluvial para favorecer que las escorrentías de los cauces aguas arriba del AP, tengan un escurrimiento libre para reincorporarse a las cuencas hidrológicas; y [ii] obtener las autorizaciones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para la construcción y operación de obras en cauces de orden federal. Cabe señalar que en el Proyecto no habrá descarga de aguas residuales de Proceso, ya que todo el proceso recuperará el agua en circuitos cerrados, mientras que las aguas grises serán recuperadas y tratadas y con base a sus características podrán ser reutilizadas.

Versión Pública

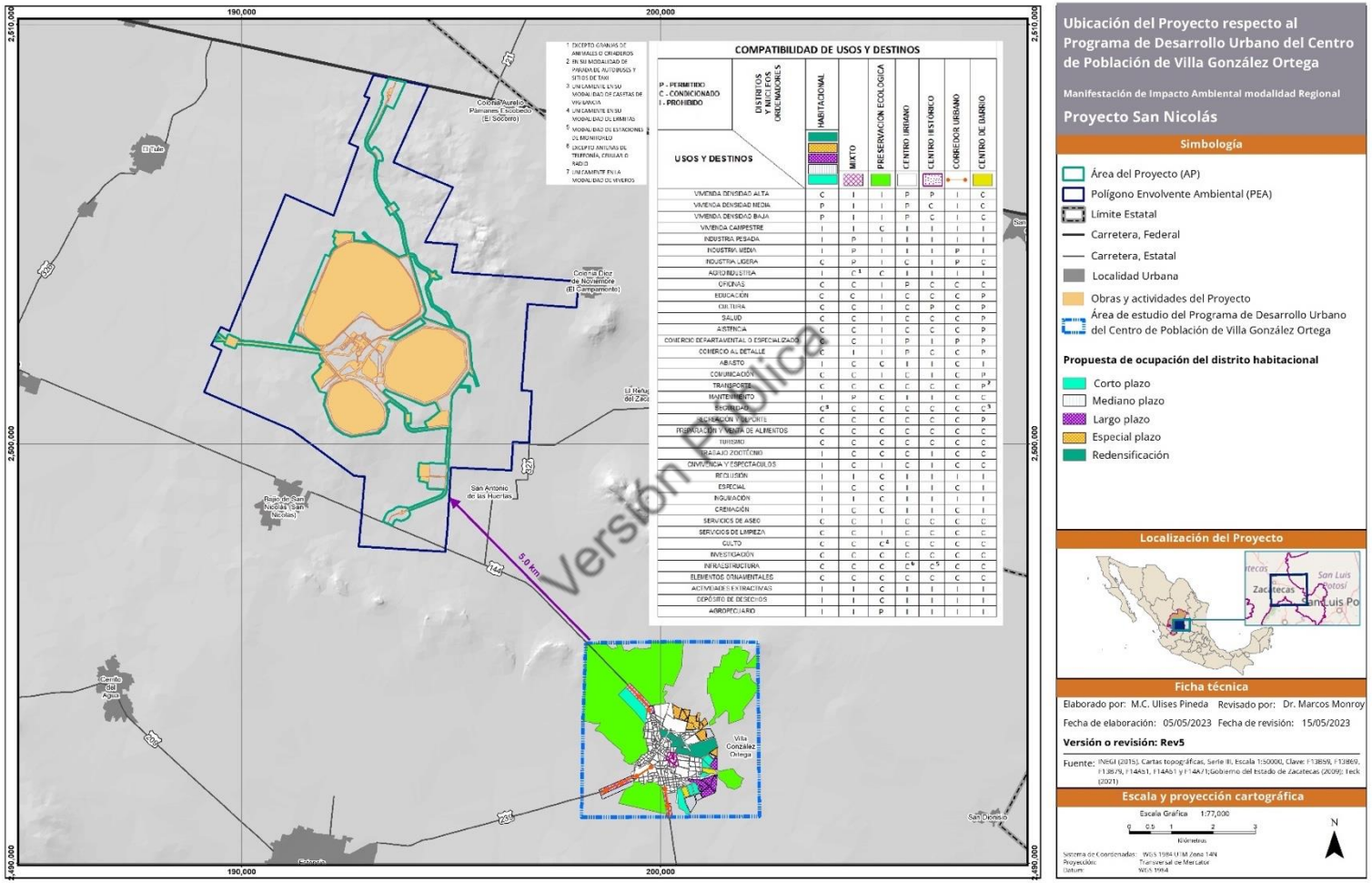


Figura III.4 Ubicación del Proyecto San Nicolás respecto al área de aplicación del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega 2010-2030.

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

El Proyecto está diseñado y planeado considerando la normatividad ambiental mexicana vigente, durante su desarrollo, en cada una de las etapas, desde la preparación del sitio hasta su abandono y cierre. A continuación, se enlistan en el **Cuadro III.4** al **Cuadro III.10**, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con aplicación y vinculación al Proyecto, y como será el campo de cumplimiento del Proyecto con cada una de estas normas. Cabe señalar que se presenta vinculación con algunas NOM cuyos límites permisibles tienen carácter de referencia, tales como aquellas de protección a la salud humana, cuya observancia es obligatoria para las autoridades federales y locales que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, para efectos de proteger la salud de la población.

III.4.1. NOM en materia de Agua

Cuadro III.4 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-001-SEMARNAT-2021	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El Proyecto no producirá descargas de aguas de contacto. El Programa de Manejo de Agua está diseñado para que toda agua de contacto sea aprovechada y reusada dentro del Proyecto.
NOM-003- CONAGUA -1996	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos	El Proyecto construirá pozos exclusivamente para la extracción de agua de laboreo, con propósitos del desaguado del área de minado superficial para mantener condiciones seguras en la operación y desarrollo de la mina. Para la construcción de estos pozos se aplicarán las especificaciones técnicas señaladas en esta norma. Para demostrar que no habrá contaminación del acuífero durante la construcción y operación de los pozos, ni durante el desarrollo del Proyecto, se contará con un Programa de Monitoreo de Agua Subterránea, que se presenta en el **Anexo VI.6** de esta MIA-R.

Versión Pública

Cuadro III.4 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-004-CONAGUA-1996	Establece los requisitos que deberán cumplirse durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y el cierre de pozos en general, para la protección de acuíferos.	Se cumplirá con lo establecido en los apartados 6.1, 6.2 y 6.3 de esta norma, referentes a las especificaciones de mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos para extracción de agua de laboreo; así como a las especificaciones del apartado 7 referente a su verificación.
NOM-011-CONAGUA-2015	Conservación del recurso agua -Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.	Para establecer las condiciones actuales del sitio, en cuanto a caudal y disponibilidad del agua superficial, se aplica lo establecido por esta norma, lo cual se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R. A partir de esto, se evaluaron los impactos conforme a las características de manejo de agua descritas en los Capítulos II y V de esta MIA-R.
NOM-127-SSA1-2021	Establece los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe ser sometida el agua para su potabilización.	Se utilizan únicamente como referencia los parámetros de calidad del agua referidos en las Tablas 1 a 6 de esta NOM para efectos del monitoreo de calidad del agua subterránea; puesto que se privilegiará la referencia de la concentración de línea base ambiental de los elementos normados. Un Programa de Monitoreo Ambiental de la calidad del agua subterránea, aguas arriba y aguas abajo del AP se encuentra ya en desarrollo y continuará durante el ciclo de vida del Proyecto, hasta su etapa de post-cierre (**Anexo VI.6**), mediante un laboratorio acreditado por la EMA y autorizado por la PROFEPA. En caso de rebasar las concentraciones de línea base (reportadas en el Capítulo IV de esta MIA-R), según apliquen por elemento, se establecerán medidas correctivas.

Versión Pública

III.4.2. NOM en materia de emisiones

Cuadro III.5 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Emisiones.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-021-SSA1-2021	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Valor permisible: • 30,000 µg/m^3 en promedio móvil de una hora, obtenido como el máximo de las concentraciones horarias. • 10,000 µg/m^3 en promedio móvil de ocho horas una vez al año.	NOM cuyos límites permisibles se consideran de referencia, ya que su observancia es obligatoria para las autoridades federales y locales que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, para efectos de proteger la salud de la población. Durante el desarrollo del Proyecto, la principal fuente de emisión de CO corresponde a las emisiones por la combustión de hidrocarburos empleados en vehículos automotores que transitarán en los caminos dentro de las instalaciones del Proyecto. Medidas de mitigación serán aplicadas en el Proyecto para control de estas emisiones asociadas al Proyecto para mantenerlas por debajo del límite normativo permisible. Entre estas medidas se incluye el plan de acciones de mantenimiento de instalaciones y de vehículos automotores. El estudio de línea base ambiental reportado en el Capítulo IV de esta MIA-R, demuestra que en el SAR se reportan ya concentraciones de emisiones de CO que pueden alcanzar hasta el 40% de los valores normativos de promedios de 8 horas.
NOM-022-SSA1-2019	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. **Valores límites normados:** • Valor límite de 1 hora: 0.075 ppm (196.5 µg/m³) como promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales, obtenidos de los máximos diarios, calculado como	NOM cuyos límites permisibles se consideran de referencia, ya que su observancia es obligatoria para las autoridades de diferentes órdenes de gobierno, que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, para efectos de proteger la salud de la población. Durante el desarrollo del Proyecto, la principal fuente de emisión de SO_2 corresponde a las emisiones por la combustión de diésel empleado en vehículos automotores que transitarán en los caminos dentro del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro III.5 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Emisiones.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
	se especifica en el Apéndice A Normativo. • Valor límite de 24 horas: 0.04 ppm (104.8 µg/m³) como el máximo de 3 años consecutivos, obtenidos de los promedios de 24 horas, calculado como se especifica en el Apéndice A Normativo.	Medidas de mitigación serán aplicadas en el Proyecto para control de estas emisiones asociadas al Proyecto para mantenerlas por debajo del límite normativo permisible. Entre estas medidas se incluye el plan de acciones de mantenimiento de instalaciones y de vehículos automotores; el uso de equipos eléctricos en las acciones de minado; y el uso de diésel UBA producido por PEMEX, para disminuir las emisiones de SO_2 en la atmósfera.
NOM-023-SSA1-2021	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. **Límite máximo normado:** • 0.106 ppm o lo que es equivalente a 200 µg/m³, en una hora (obtenido como el máximo de las concentraciones horarias, calculado como se especifica en el inciso 5.2 de esta NOM). • 0.021 ppm o lo que es equivalente a 40 µg/m³, como promedio anual (obtenido como el promedio aritmético de las concentraciones horarias, calculado como se especifica en el inciso 5.2 de esta NOM).	NOM cuyos límites permisibles se consideran de referencia, ya que su observancia es obligatoria para las autoridades federales y locales que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, para efectos de proteger la salud de la población. Durante el desarrollo del Proyecto, las principales fuentes de emisiones de NO_2 corresponden a las emisiones por voladuras en el tajo, así como a las emisiones asociadas al movimiento de vehículos automotores en los caminos dentro y fuera del Proyecto. Se aplicarán medidas de mitigación si se llegaran a medir concentraciones superiores al límite normado.
NOM-025-SSA1-2021	Establece los valores límite permisibles de concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente y los criterios	NOM cuyos límites permisibles se consideran de referencia, ya que su observancia es obligatoria para las autoridades federales y locales que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, para efectos de proteger la salud de la población. Derivado de las actividades a realizar en las diferentes etapas del Proyecto dentro del PVA, se contempla el monitoreo de la calidad del aire. El

Versión Pública

Cuadro III.5 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Emisiones.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
	para su evaluación, con la finalidad de proteger la salud de la población. **Valores permisibles:** Partículas PM_{10} • Límite de 24 horas: 50 µg/m^3, como promedio de 24 horas • Límite anual: 20 µg/m^3, como promedio anual. Partículas $PM_{2.5}$ • Límite de 24 horas: 25 µg/m^3, como promedio de 24 horas, • Límite anual: 10 µg/m^3, como promedio anual	monitoreo se llevará a cabo mediante empresas y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA. El estudio de línea base ambiental reportado en el Capítulo IV de esta MIA-R, demuestra que en el SAR se reportan concentraciones de emisiones por arriba de los valores normativos de promedios diario, particularmente para el PM_{10} y $PM_{2.5}$, generalmente vinculado a eventos de vientos fuertes (tolvaneras), por lo que medidas de mitigación serán aplicadas en el Proyecto, cuando sea necesario en base a los resultados del monitoreo de calidad del aire, sobre todo en las primeras etapas del Proyecto. Cabe destacar que, a través de los monitoreos realizados, no se cuenta aún con información estadística suficiente para establecer un valor promedio anual de línea base para el material particulado; sin embargo, se han identificado las concentraciones diarias por arriba de los valores normativos. En este caso, debido a la alta concentración basal de las emisiones en el sitio, el monitoreo de la concentración de partículas suspendidas se utilizará como referencia para aplicar las acciones de control de emisiones de partículas por las actividades del proyecto. Entre las medidas de mitigación que serán aplicadas para el control de emisiones de partículas, destacan: • Mantenimiento de caminos • Riego de caminos con agua y con supresores de polvo químicos cuando sea necesario • Control de polvo en puntos de transferencia de materiales • Control de velocidad de vehículos en caminos • Voladuras controladas

Versión Pública

Cuadro III.5 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Emisiones.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-035-SEMARNAT-1993	Establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.	La instalación de los equipos de muestreo de partículas suspendidas seguirá las especificaciones que esta norma indica. El monitoreo se llevará a cabo mediante empresas y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA.
NOM-165-SEMARNAT-2013	Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes.	Conforme al listado e inventario de sustancias para el proceso de beneficio que se presenta en el Capítulo II, **Cuadro II.23**, el bióxido de carbono, el bióxido de nitrógeno y el sulfato de cobre rebasan la cantidad de reporte estipulada en la Sección 6 de esta norma. Una vez que el Proyecto entre en operación, el promovente cumplirá con las obligaciones de reporte estipuladas en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) y en el Registro Nacional de Emisiones (RENE) por medio de la Cédula de Operación Anual (COA).

Versión Pública

III.4.3. NOM en materia de contaminación por Ruido

Cuadro III.6 Normas Oficiales Mexicanas en materia de contaminación por Ruido.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-081-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. **Valores permisibles para Zona Residencial (exteriores):** • 55 dBA de 6 am a 10 pm • 50 dBA de 10 pm a 6 am **Valores permisibles para Zonas Industriales y Comerciales:** • 68 dBA de 6 am a 10 pm • 65 dBA de 10 pm a 6 am	Se podría incrementar el ruido ambiente por las actividades del Proyecto, en particular durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto, provocado principalmente por el empleo de maquinaria, por las voladuras en el área de minado superficial (un evento de voladura por día), y por el procesamiento de mineral en la planta de beneficio (trituración, molienda y concentración). El cumplimiento de la NOM estará en función de no rebasar los límites

Cuadro III.6 Normas Oficiales Mexicanas en materia de contaminación por Ruido.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
		máximos permisibles establecidos en la Tabla 1 de esta norma. Al tratarse de un proyecto minero industrial, cuyos valores son medidos dentro de la propiedad del Proyecto/PEA, los valores permisibles considerados son aquellos para zonas industriales. Se realizarán monitoreos de ruido para asegurar que no se rebasen los decibeles en los horarios y sitios que la norma indica. Previo inicio del Proyecto, se hará el monitoreo de los niveles de ruido de línea base, y posteriormente durante cada etapa de desarrollo del Proyecto, hasta que se demuestre que durante la operación no se rebasan los límites permisibles. El monitoreo de ruido se llevará a cabo mediante empresas y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA.

Versión Pública

III.4.4. NOM en materia de Suelo

Cuadro III.7 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Suelo.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	Establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio y/o Vanadio.	En caso de contaminación de suelo por productos químicos o minerales, se observará la aplicación de esta norma. No obstante, se aplicarán medidas de prevención y de mitigación para evitar estos impactos. En caso de que requieran la remediación del suelo, se establecerá algunos de los criterios de limpieza de suelos referidos por la norma, de conformidad con el modelo conceptual que se proponga. Se privilegiará como criterio de referencia las concentraciones de línea base ambiental de los elementos normados. En cualquier caso, el análisis de suelo se hará mediante una empresa y signatarios acreditados por EMA y autorizados por PROFEPA.

Cuadro III.7 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Suelo.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
		Cabe destacar que los muestreos preliminares de suelo superficial en el AP y PEA reportan valores para algunos elementos por arriba de las concentraciones de referencia total señalados por esta norma, por lo que un muestreo de detalle será realizado previo inicio del Proyecto.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Durante el desarrollo del Proyecto, se establecerán acciones de mantenimiento y supervisión en los vehículos, equipo y maquinaria que sean utilizados en el Proyecto para prevenir derrames de hidrocarburos en suelo (definición dada en el numeral 4.2 y 4.16 de la norma). El cumplimiento estará basado en no rebasar los límites máximos permisibles que establece la presente norma (Tabla 2, numeral 6.2). En caso de que ocurra algún incidente (derrame en suelo), se procederá con lo que dicta para las acciones de reparación de la afectación (medidas de urgente aplicación, como lo es delimitar el área y recuperar el suelo de manera inmediata para proceder a su disposición, numeral 7), así como la caracterización del suelo mediante empresa y signatarios acreditados por EMA y autorizados por PROFEPA.

Versión Pública

III.4.5. NOM en materia de Residuos

Cuadro III.8 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	En apego a las disposiciones del reglamento de la LGPGIR, el Proyecto identificará y clasificará los residuos, basado en las tablas y listados de la norma mencionada. Se establecerá un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, que será parte del Plan de Manejo Integral de Residuos (**Anexo VI.7**), y a su vez del PVA (**Anexo VI.1**). Los residuos peligrosos generados serán tratados de acuerdo con la Norma (numeral 6, identificación de los residuos generados que resulten peligrosos para determinar el manejo que deberá realizarse

Cuadro III.8 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
		hasta su correcta disposición final), así como también se contratarán empresas acreditadas para su análisis, transporte, valorización, coprocesamiento y/o disposición final. Se presentarán las cadenas de custodia que respaldarán el manejo de residuos peligrosos.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Establece los procedimientos para la prueba de extracción (PECT) que determina los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	En los casos que aplique, la caracterización de residuos seguirá los procedimientos indicados en esta norma para identificar y clasificar los residuos peligrosos por su toxicidad.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Establece los procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	La caracterización y almacenamiento de los residuos peligrosos se apegará a los procedimientos de determinación de incompatibilidad que esta norma indique. Esto será señalado en el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos que será elaborado y presentado ante la SEMARNAT para su registro.
NOM-161-SEMARNAT-2011	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Durante el desarrollo del Proyecto se generarán Residuos de Manejo Especial (RME). Se elaborará el correspondiente Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial, el cual será presentado ante la entidad ambiental estatal para su registro. Todo el manejo de estos residuos se hará conforme al Plan registrado, privilegiando el reciclado, valorización, y reúso o coprocesamiento de este tipo de residuos.

Versión Pública

III.4.6. NOM en materia de Impacto Ambiental

Cuadro III.9 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Impacto Ambiental.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-141-SEMARNAT-2003	Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales.	El Proyecto incluye la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre de una presa de jales, la cual, como se describió en el Capítulo II de esta MIA-R, ha sido diseñada y será construida y operada cumpliendo las especificaciones descritas en el numeral 5 de la norma, que apliquen a las características del Proyecto. En el Capítulo II se presenta una descripción de la conformidad del diseño de la presa de jales propuesta con las especificaciones técnicas correspondientes de la NOM-141-SEMARNAT-2003; mientras que en el **Anexo II.14** se presenta la vinculación detallada de las características técnicas de la presa de jales del Proyecto con las Especificaciones Técnicas descritas en el numeral 5 de la norma que aplican al Proyecto.
NOM-157-SEMARNAT-2009	Norma que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.	El Proyecto incluye la instalación y operación de un depósito de tepetate (Tepetatera), producto del descapote del tajo y de la extracción de la roca estéril; así como de la construcción y operación de una presa de jales. El manejo de ambos tipos de residuos mineros (tepetate y jales) será objeto de la elaboración y aplicación del Plan de Manejo de Residuos Mineros del Proyecto, el cual será debidamente instrumentado durante el desarrollo del Proyecto y el cual será objeto del trámite de Registro ante la DGGIMAR-SEMARNAT. En el Capítulo II se presenta una descripción de la conformidad del diseño de la tepetatera y de la presa de jales con las especificaciones técnicas correspondientes de la NOM-157-SEMARNAT-2009 y de la NOM-141-SEMARNAT-2003, respectivamente; mientras que en el **Anexo II.15** se presenta la vinculación detallada del Proyecto con las Especificaciones Técnicas descritas en esta norma que aplican para el Proyecto.

Versión Pública

III.4.7. NOM en materia de Flora y Fauna

Cuadro III.10 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Flora y Fauna.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	Especificación	Vinculación con el Proyecto
NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo.	Durante la caracterización biótica del AP se utilizó el Anexo Normativo III, listado de especies en riesgo de la presente norma. Se identificaron las especies listadas en alguna categoría de esta norma, que se reporta en los Capítulos II y IV de esta MIA-R. En los polígonos forestales objeto del trámite de autorización del CUSTF, se encuentra una especie de flora silvestre listada por esta norma, que junto con las especies de interés biológico (especies de lento crecimiento y difícil regeneración), serán parte de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), a realizarse antes de cualquier actividad del Proyecto, durante la etapa de preparación del sitio. También, se realizará un Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**), orientado al rescate y reubicación de las especies de fauna listadas por esta norma, y de los individuos de todas las especies de anfibios, reptiles y mamíferos de lento desplazamiento; mientras que las aves y mamíferos de rápido desplazamiento serán ahuyentados. Con la aplicación de estos programas, se promoverá la protección de la flora y fauna silvestre. Se capacitará al personal que durante todas las etapas del Proyecto no se debe capturar, perseguir, cazar, colectar, traficar ni perjudicar a las especies de flora y fauna silvestres.

Versión Pública

III.5. Otros Instrumentos a considerar

III.5.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de febrero de 1917 y actualizada con las últimas reformas el 06 de junio de 2023. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la norma fundamental del País; en ella se reconocen los derechos humanos, los derechos y obligaciones esenciales de los ciudadanos y los gobernantes, y constituye la norma jurídica suprema que tiene trascendencia en todo el ordenamiento jurídico mexicano. Por ello, la

operación del Proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental propone cumplir con las disposiciones constitucionales que inciden directamente en su ejecución. Con relación al **Artículo 1º.** de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que a la letra dice (http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf):

> ***Artículo 1º.*** *En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece.*
>
> *Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia.*
>
> *Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley. Queda prohibida toda discriminación motivada por origen étnico o nacional, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias sexuales, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas.*

Versión Pública

Del texto constitucional transcrito claramente podemos desprender los siguientes supuestos:

a. En el Estado Mexicano, TODAS las personas gozan de los derechos humanos que les otorga la Constitución. Esto es, el texto constitucional evidentemente no hace alguna diferencia respecto a que personas gozan de los derechos fundamentales, evidentemente también las personas morales, como es el caso del promovente.

b. Conforme a la naturaleza y fines del promovente, y toda vez que se encuentra constreñido al cumplimiento de una serie de obligaciones jurídicas derivadas de diversos ordenamientos, específicamente en el ámbito ambiental; tiene que ser titular de diversos derechos que son correlativos a las obligaciones que cumple, y esos derechos también son fundamentales (humanos).

c. Los derechos fundamentales de los cuales es titular derivan de su calidad de persona, ya que el texto constitucional no hace diferencia respecto al vocablo persona, por lo que esos derechos pueden ser derechos adquiridos o derechos por adquirir, por lo que el principio "propersona" no puede restringirse por estar ante la presencia de una persona moral, como

es el promovente, que implica que ningún operador del Estado debe violar dicho principio y desconocer los derechos que ha adquirido.

Derivado de lo arriba expuesto, se entiende que es obligación de las partes, el promover, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios instaurados por este **Artículo 1º.**

Además de que el promovente es titular de derechos, una de las obligaciones que adquiere relevancia suprema es la del debido respeto que debe dar a los derechos humanos que reconoce la Constitución y los Instrumentos Internacionales y este respeto irrestricto lo debe aplicar sin discriminación alguna. Dicho deber de respeto se traduce en abstenerse de cometer cualquier acto que atente contra la dignidad humana, o en menoscabo de los derechos y libertades de todas las personas, en particular de las comunidades que se ubican dentro del AI del Proyecto.

Se han identificado, y en la medida de lo posible involucrado a grupos de interés de las comunidades del AI, para considerar sus inquietudes y percepciones, manteniendo el respeto de los derechos humanos, a través del cumplimiento de la regulación en materia de impacto ambiental que norma el trámite administrativo de esta MIA-R mediante la publicación del extracto para garantizar lo establecido en el artículo 34, fracción I de la misma LGEEPA, promoviendo así lo que refiere el **Artículo 1º.** de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Versión Pública

Por iniciativa propia se ha diseñado un marco estratégico de evaluación y gestión del riesgo orientado al respeto a los derechos humanos con énfasis en los grupos de interés internos y externos vinculados con el desarrollo del proyecto minero. Este marco estratégico o Plan de Acción en Derechos Humanos tiene como objetivo capturar iniciativas en todos los componentes relevantes del Proyecto (comunidades, agua, medio ambiente, salud y seguridad, recursos humanos, relaciones gubernamentales, acceso a tierras, cumplimiento normativo, entre otros) documentando los esfuerzos para evitar y minimizar posibles afectaciones a los derechos humanos, complementando y proponiendo iniciativas adicionales para el respeto a los derechos humanos en el desarrollo del Proyecto.

Conforme a lo previsto por el **Artículo 2º.** constitucional, la composición pluricultural de México se sustenta en dos "conceptos" sociopolíticos, socioculturales y socio-jurídicos:

- *Pueblos indígenas, constitucionalmente reconocidos como aquéllos que descienden de poblaciones que habitaban en el actual territorio del País, al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas o parte de ellas.*

- *Comunidades indígenas, constitucionalmente reconocidas como personas integrantes de un pueblo indígena, forman parte de una unidad social, económica y cultural, están asentadas en un territorio y reconocen autoridades propias de acuerdo con sus usos y costumbres.*

Es decir, para que existan pueblos y/o comunidades indígenas, la propia Constitución establece que deben tener características, que para los efectos de las autoridades constitucionales, estas deben ser acreditables, tales como que cuenten dentro de su estructura interna con unidades sociales, económicas y culturales; estén asentadas en un territorio y reconozcan autoridades (que emitan actos de autoridad) y autoridades de carácter político (reconocidas porque celebran procesos electivos conforme a sus usos y costumbres). Solo así se puede considerar que son comunidades indígenas. Incluso, dentro de los rasgos culturales el más importante, conforme a diversos criterios que ha sostenido la Suprema Corte de Justicia de la Nación, es el relativo a la lengua indígena.

Como ya se mencionó previamente en ese capítulo, en el área de influencia social del Proyecto, no existen ni pueblos ni comunidades indígenas. Esto es, no se asienta ninguna comunidad indígena, ni personas integrantes de un pueblo indígena, que formen parte de una unidad social, económica y/o cultural. Tampoco hay personas que estén asentadas en un territorio indígena y reconozcan autoridades propias de acuerdo con sus usos y costumbres; elementos indispensables para considerar la existencia de una Comunidad indígena sujeta de derechos colectivos que deban ser tutelados y garantizados por el Estado y respetados por el Promovente.

Versión Pública

El Proyecto consiste en la operación de una mina superficial y el beneficio convencional de minerales con valores de cobre y zinc por el método de flotación selectiva, contempla la implementación de medidas de prevención, mitigación y restauración ambiental que tratan de garantizar un medio ambiente sano y de acceso al agua para las comunidades que se encuentran en el AI del Proyecto. Con ello, se cumple con lo establecido en el **Artículo 4º.** de la Constitución Política

[…] Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

[…] Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.

Durante la operación del Proyecto se pretende generar un impacto positivo sobre el factor socioeconómico, al promover la generación de empleos y el incremento en la demanda de bienes

y servicios, beneficiando a las poblaciones circundantes al AP, y proporcionando las condiciones para el desarrollo económico local y regional, en los términos que establece esta Constitución. Según lo dispuesto en el **Artículo 25º.** de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

> *Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege. […]*
>
> *Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.*

En los predios donde se llevará a cabo el desarrollo del Proyecto, el Promovente será propietario o bien contará con convenios de ocupación temporal de los terrenos para realizar las actividades descritas en el presente estudio; incluyendo, además medidas de mitigación de impactos al medio ambiente derivados de las actividades del Proyecto. De esta manera, se cumple con las modalidades y regulaciones aplicables al uso y aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, según lo señalado en el **Artículo 27º**: Esto incluye que ya se cuenta con las correspondientes concesiones mineras vigentes para el minado y beneficio de los recursos minerales de San Nicolás.

Versión Pública

> *La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.*
>
> *Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije (sic DOF 20-01-1960) Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus*

afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes (sic DOF 20-01-1960) y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.

En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, salvo en radiodifusión y telecomunicaciones, que serán otorgadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y substancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose de minerales radiactivos no se otorgarán concesiones. Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.

Versión Pública

De esta manera, bajo el principio de concurrencia previsto en el **Artículo 73º,** Fracción XXIX, inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

Corresponde al Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

La Constitución establece las bases fundamentales para proteger los recursos naturales, cuyas reglas se desarrollan en la Sección III.5.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que se describe a continuación.

III.5.2. Leyes y Reglamentos

El siguiente apartado atiende los lineamientos de la Guía vigente de SEMARNAT para la MIA-R, tomando en consideración todos los instrumentos aplicables como leyes y sus correspondientes reglamentos en las diferentes materias que le aplican.

III.5.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Versión Pública

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1988 y actualizada a su última modificación el 8 de mayo de 2023. La LGEEPA es un ordenamiento de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que competen en la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como en la protección del medio ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las cuales la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable. Esta ley es la que establece las condicionantes y requisitos que deberá cumplir el Proyecto en sus diferentes etapas. Este instrumento tiene aplicación en el desarrollo del presente proyecto, principalmente por las siguientes disposiciones (**Cuadro III.11**):

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
5	La regulación de las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de los minerales, substancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a la nación, en lo relativo a los efectos que dichas actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente.	El Proyecto contempla la exploración, minado y beneficio de cobre y zinc, los cuales se consideran como minerales reservados a la federación.

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
28	La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría. **III.** Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear. **VII.** Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.	El Proyecto requiere de la autorización en materia de Impacto Ambiental, puesto que pretende la exploración, minado y beneficio de minerales reservados a la federación. Con la presentación de esta MIA-R, se da cumplimiento a este Artículo de la LGEEPA. Además, el cambio de uso de suelo en áreas forestales también requiere de autorización en materia de impacto ambiental, por lo que se tendrá que incluir en dicha evaluación. Para este propósito, adicionalmente se presentará posteriormente ante esta Secretaría un Estudio Técnico Justificativo para la Autorización del CUSTF.
30	Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente. Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que esta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar	En cumplimiento a este Artículo se somete a consideración de la autoridad ambiental, la MIA-R para obtener la autorización del Proyecto. Se presenta una MIA-R dado que el Proyecto incluye un conjunto de obras y actividades dentro de una Región Ecológica específica, descritos en el Capítulo II de la MIA-R; además de que incluye impactos acumulativos y sinérgicos que deben ser objeto de su evaluación, tal como se describe en el Capítulo V de esta MIA-R. El Proyecto no incluye actividades altamente riesgosas, de acuerdo con los listados de actividades altamente riesgosas de la SEMARNAT. Por lo tanto, esta MIA-R no contiene un Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo. Una vez que se cuente con la autorización en materia de Impacto Ambiental correspondiente, y cuando se requiera realizar una modificación al proyecto autorizado, se presentará una Modificación a Proyectos Autorizados en Materia de Impacto Ambiental para su autorización, previa ejecución de la modificación propuesta.

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley. Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el Reglamento de la presente Ley.	
35	Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá: **I.-** Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados; **II.-** Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del Proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la	Como se muestra en otras secciones del presente capítulo, el desarrollo del Proyecto se realizará considerando su vinculación con las leyes, reglamentos y normas que le son aplicables. Asimismo, cumplirá con los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico tal como se muestra en la vinculación establecida en otras secciones del presente capítulo. En el Capítulo V del presente documento se presenta una identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales asociados al Proyecto con una perspectiva regional; tomando en consideración el SAR definido en el Capítulo IV y buscando mantener la funcionalidad de los ecosistemas, potencialmente, afectados tanto en sus componentes bióticos como abióticos. Se presenta, también, una evaluación de los costos de implementación de las medidas para mitigar, controlar o compensar los impactos ambientales calificados como significativos que servirá de base para calcular el instrumento de garantía que, en su caso, le sea requerido por la autoridad, y que se refiere en el Capítulo VI de esta MIA-R. La descripción del Proyecto, incluida en el Capítulo II, incluye todas las actividades, operaciones, instalaciones y equipos cuya autorización se somete a evaluación y a las que se apegará el desarrollo del Proyecto en caso de ser aprobado. Los cambios y modificaciones que se llegaran a requerir serán presentados a consideración de la autoridad para que determine si necesitarían someterse al PEIA.

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	obra o actividad prevista, o **III.-** Negar la autorización solicitada, cuando: a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables; b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate. La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. La resolución de la Secretaría solo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate.	
98	Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios: **I**. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas; **VI**. La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.	En la Sección III.1.1 de este capítulo, se presenta la vinculación del Proyecto con el POEGT. Conforme a este instrumento de planeación, el Proyecto se encuentra inmerso dentro de la **Región Ecológica 15.24** y la **Unidad Ambiental Biofísica** (UAB) **42 Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas**. En dicha sección, se presenta la vinculación de las Estrategias establecidas para la **Región Ecológica 15.24** y la **Unidad Ambiental Biofísica** (UAB) **42** "**Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas**", que tienen aplicación con el Proyecto. De las 44 estrategias del Programa, se identifican 29 que se vinculan con el Proyecto. Derivado de su desarrollo, el suelo del AP se verá afectado por el CUSTF y por las actividades constructivas y operativas en el AP. Para la protección del suelo, se aplicará el Programa de Restauración y Conservación de Suelos, que incluirá acciones de revegetación con especies de flora nativa característica de los matorrales desértico micrófilo y crasicaule, esto como parte del Plan de Cierre del Proyecto.
99	Los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán en: **XI.** Las actividades de extracción de materias del subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales.	
108	Para prevenir y controlar los efectos generados de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de	

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	los ecosistemas la Secretaría expedirá las normas oficiales mexicanas que permitan: **V.** El control de la calidad de las aguas y la protección de las que sean utilizadas o sean el resultado de esas actividades, de modo que puedan ser objeto de otros usos; **II.** La protección de los suelos y de la flora y fauna silvestres, de manera que las alteraciones topográficas que generen esas actividades sean oportuna y debidamente tratadas; y **III.** La adecuada ubicación y formas de los depósitos de desmontes, relaves y escorias de las minas y establecimientos de beneficios de los minerales.	Como parte del PVA (**Anexo VI.1**), se aplicarán el Plan Integral de Manejo de Residuos (**Anexo VI.7**), el Plan de Manejo de Residuos Mineros, el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**), el Programa de Manejo de Emisiones Atmosféricas (**Anexo VI.4**), el Programa de Manejo de Agua (**Anexo VI.5**) y el Programa de Monitoreo Ambiental (**Anexo VI.6**), así como todas las medidas de mitigación y compensación a ellos asociadas que se describen en el Capítulo VI de esta MIA-R, y los términos y condicionantes que deriven de la Autorización de esta MIA-R. Al respecto de las NOM, como se describió en el apartado correspondiente, se atenderán las especificaciones que regulen el Proyecto por las normas que se enlistan en el **Cuadro III.4** al **Cuadro III.10**, como las que regulan en específico la actividad minera (NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009).
107 BIS	Para preservar y proteger los recursos no renovables y sus ecosistemas, las personas titulares de concesiones y asignaciones mineras deben presentar ante la Secretaría un Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre de minas para su evaluación y, en su caso, autorización, de conformidad con el reglamento que se elabore al respecto. ..... Una vez dictaminada la viabilidad del programa, la persona interesada deberá presentar como garantía un seguro, carta de crédito, depósito ante la Tesorería de la Federación, fideicomiso o cualquier otro vehículo financiero que resulte idóneo. Una vez calificada, se emitirá la autorización del programa.	Como parte del presente documento, se presenta las acciones conceptuales que integrarán el Programa de Cierre y Post-Cierre del Proyecto. En caso de que la MIA–R sea aprobada y una vez que sea dictaminada la viabilidad de dicho programa, el cual será entregado a SEMARNAT para su evaluación y aprobación al término de la etapa de Operación del Proyecto, el Promovente presentará la garantía que le sea requerida.
109	Las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior serán observadas por los titulares de concesiones, autorizaciones y permisos para el uso, aprovechamiento, exploración, explotación y beneficio de los recursos naturales no renovables.	En la ejecución del Proyecto, se dará cumplimiento a las NOM que son aplicables al Proyecto en materia de agua, suelo, flora, fauna y residuos, que se describen en este Capítulo III, en el **Cuadro III.4** al **Cuadro III.10**.

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
117	Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: **III.** El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas; **V.** La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.	Uno de los objetivos del Proyecto es el de "cero descargas" de agua de proceso (agua de contacto). Conforme a las disposiciones aplicables de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, los excedentes del agua de laboreo se pondrán a la disposición de CONAGUA. Para evitar la influencia del Proyecto, el agua pluvial y escorrentías de no contacto, serán captadas mediante obras que las reincorporarán a las cuencas hidrológicas. Las aguas del proceso permanecerán en circuitos cerrados, sin descargas en el ambiente. Se construirán obras de captación y recuperación de derrames en las áreas de proceso, evitando derrames en suelo y cauces cercanos a las áreas del Proyecto. Se implementará un Programa de Monitoreo Ambiental, que incluye el monitoreo periódico de agua superficial y subterránea, cuyos análisis de calidad serán realizados por una empresa y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA (**Anexo VI.6**). El Programa de Monitoreo se desarrollará bajo un esquema participativo con las comunidades dentro de la zona de influencia del Proyecto. Adicionalmente, se implementarán apoyos técnicos y de gestión para optimizar el uso del recurso hídrico bajo un esquema de corresponsabilidad. En caso de cualquier infiltración, se tomará como referencia las concentraciones de línea base ambiental de los elementos establecidos en la NOM-127-SSA1-2021, reportadas en el Capítulo IV de esta MIA-R, para evaluar su impacto potencial y, en su caso, aplicar las medidas de mitigación que sean necesarias.
120	Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local: **I.** Las descargas de origen industrial; **II.** Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas; **III.** Las descargas derivadas de actividades agropecuarias; **IV.** Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables; **V.** La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; **VI.** Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; **VII.** El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.	

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
122	Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir: **I.** Contaminación de los cuerpos receptores; **II.** Interferencias en los procesos de depuración de las aguas; **III.** Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.	Para evitar la influencia del Proyecto, el agua pluvial y escorrentías de no contacto, serán captadas mediante obras que las reincorporarán a las cuencas hidrológicas. Las aguas del proceso permanecerán en circuitos cerrados, sin descargas en el ambiente. Se construirán obras de captación y recuperación de derrames en las áreas de proceso, evitando derrames en suelo y cauces cercanos a las áreas del Proyecto. Para el manejo y tratamiento de aguas resultantes de uso público urbano en las instalaciones del proyecto, se instalarán y operarán plantas móviles de tratamiento de aguas residuales, así como sistemas de biodigestores. Se implementará un Plan de Monitoreo, que incluye el monitoreo periódico de agua superficial y subterránea, cuyos análisis de calidad serán realizados por una empresa y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA. En caso de cualquier infiltración, se tomará como referencia las concentraciones de línea base ambiental de los elementos establecidos en la NOM-127-SSA1-2021, reportadas en el Capítulo IV de esta MIA-R, para evaluar su impacto potencial y, en su caso, aplicar las medidas de mitigación que sean necesarias.
123	Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido.	Para evitar la influencia del Proyecto, el agua pluvial y escorrentías de no contacto, serán captadas mediante obras que las reincorporarán a las cuencas hidrológicas. Las aguas del proceso permanecerán en circuitos cerrados, sin descargas en el ambiente. Se construirán obras de captación y recuperación de derrames en las áreas de proceso, evitando derrames en suelo y cauces cercanos a las áreas del Proyecto. Se implementará un Plan de Monitoreo, que incluye el monitoreo periódico de agua superficial y subterránea, cuyos análisis de calidad serán realizados por una empresa y signatarios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA.

Versión Pública

Cuadro III.11 Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
151	La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de estas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó. Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley. En las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de residuos peligrosos, solo se incluirán los residuos que no puedan ser técnica y económicamente sujetos de reusó, reciclamiento o destrucción térmica o físico química, y no se permitirá el confinamiento de residuos peligrosos en estado líquido.	El Proyecto tendrá como política el manejo integral de los residuos a través de la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos (**Anexo VI.7**), así como de la presentación y registro ante las autoridades competentes del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos y del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial. El manejo de los residuos estará a cargo de empresas contratistas que estén autorizadas por la institución competente de orden federal (residuos peligrosos), estatal (residuos de manejo especial) o municipal (residuos sólidos urbanos), las cuales serán responsables de su manejo y disposición final, una vez que otorguen la documentación probatoria a través de las cadenas de custodia y manifiestos; esto mediante contratos de servicio establecidos entre la empresa promovente y los proveedores de servicios de manejo de residuos.
152 BIS	Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones de este, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.	El promovente se sujetará al presente Artículo, a través de la aplicación del Programa de Restauración de Suelos, así como del Plan de Manejo Integral de Residuos. En caso de que suceda algún evento fortuito o accidental de contaminación del suelo, se aplicará lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y su Reglamento, tomando como referencia los criterios de línea base ambiental para los elementos establecidos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 o las concentraciones máximas permisibles en el caso de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
155	Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica, luz intrusa y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud.	Por sus características de diseño y la distancia existente entre el AP y las comunidades más cercanas, la atenuación del ruido y de las vibraciones, así como la dispersión de la energía lumínica, evitarán que dichas comunidades sean afectadas. La construcción y operación del Proyecto se apegará a las disposiciones de las SSA y de la STPS que sean aplicables a sus características.

Versión Pública

III.5.2.1.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000 y su última reforma fue actualizada el 31 de octubre de 2014. El **Artículo 5**, Inciso L), de este reglamento, establece el tipo de obras de exploración, minado y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, que están sujetas a la autorización en materia de impacto ambiental. El Proyecto cae dentro de las obras reguladas en esta materia. Los procedimientos a seguir para la evaluación del impacto ambiental de este proyecto se definen en los Artículos de este reglamento de los cuales se desglosan en el **Cuadro III.12**.

Cuadro III.12 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de: evaluación de impacto ambiental.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
5	**Inciso K)**, de este reglamento, incluye en sus numerales II y III la construcción de subestaciones eléctricas y de obras de transmisión. **Inciso L),** de este reglamento, establece el tipo de obras de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, que están sujetas a la autorización en materia de impacto ambiental. **Inciso O),** de este reglamento, establece que se requiere cambio de uso del suelo para el establecimiento de instalaciones industriales o de servicios en predios con vegetación forestal.	Las subestaciones de potencia y de distribución, así como las líneas de transmisión de energía eléctrica, son parte integral del Proyecto. Por consiguiente, se incluyen dentro de esta MIA-R. El Proyecto requiere de la autorización en materia de Impacto Ambiental, puesto que pretende la exploración, minado y beneficio de minerales reservados a la federación (Inciso L), numeral I y II). Además, el Proyecto requiere para su desarrollo el CUSTF, ya que se encuentra en áreas con vegetación forestal primaria del tipo matorral desértico micrófilo, y matorral crasicaule, así como vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, por lo que requerirá la autorización en la materia; por lo tanto, se incluyen aquí los impactos asociados al CUSTF, así como las correspondientes medidas de prevención y mitigación.
9	Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que esta realice la evaluación del Proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del Proyecto.	Conforme a este Artículo se hizo uso de la Guía para la elaboración de la MIA-R (SEMARNAT, 2022), puesto que el Proyecto corresponde a un conjunto de obras y actividades: [i] extracción minera; [ii] depósitos de residuos mineros (tepetatera y presa de jales); [iii] beneficio de minerales (planta concentradora por flotación de minerales); y [iv] obras y servicios asociados (oficinas, laboratorios, talleres, caminos, etc.).

Versión Pública

Cuadro III.12 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de: evaluación de impacto ambiental.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo. La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.	
11	Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: **I.** Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; **II.** Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento; **III.** Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada; y **IV.** Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.	El Promovente presenta esta MIA-R, puesto que el Proyecto corresponde a un conjunto de obras y actividades, que por su interacción entre sí y con los componentes ambientales del SAR, se evalúan impactos acumulativos, sinérgicos y residuales.
13	La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: **I.** Datos generales del Proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; **II.** Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; **III.** Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; **IV.** Descripción del SAR y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;	La MIA-R del Proyecto cumple con la información requerida en la Guía para la Elaboración de MIA modalidad Regional preparada por DGIRA-SEMARNAT (2022), para cada uno de los capítulos a través de la presentación de este documento y sus anexos.

Versión Pública

Cuadro III.12 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de: evaluación de impacto ambiental.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del SAR; **VI.** Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del SAR; **VII.** Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas; y **VIII.** Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.	
14	Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.	En el Capítulo II de esta MIA-R se reportan las superficies con cobertura vegetal del AP que serán objeto de CUSTF, así como las acciones y medidas que se aplicarán como parte del CUSTF en la etapa de preparación del sitio. Como se indica en el Capítulo II, la superficie total que será objeto de CUSTF suma 1,406.8543 ha. En el Capítulo VI se describen las medidas de mitigación asociadas al CUSTF, y se incorporan como anexos el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (**Anexo VI.3**), y las acciones del programa de Restauración y Conservación de Suelos. Previa ejecución del CUSTF, se elaborará y presentará el correspondiente Estudio Técnico Justificativo para la autorización por SEMARNAT del CUSTF del Proyecto.
17	El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando: **I.** La manifestación de impacto ambiental; **II.** Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete; y **III.** Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes. Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo.	El Promovente anexa a esta solicitud de Autorización en materia de Impacto Ambiental, la información requerida.

Versión Pública

III.5.2.1.2. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas

El reglamento de la LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2000 y su última reforma fue actualizada el 21 de mayo de 2014. El Proyecto no se encuentra dentro de alguna ANP, por lo tanto, no se aplicarán las disposiciones del presente Reglamento. Sin embargo, el Proyecto sí considera las medidas de prevención y mitigación para asegurar la conservación de la biodiversidad en las áreas del Proyecto y su AI, tal como se describe en el Capítulo VI y sus correspondientes anexos, de esta MIA-R.

III.5.2.1.3. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

El reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988 y su última reforma fue actualizada el 31 de octubre de 2014. Las disposiciones de este reglamento que aplican al proyecto minero se muestran en el **Cuadro III.13**.

Versión Pública

Cuadro III.13 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
16	Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, con base en la determinación de los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que esta última determina.	Por la naturaleza del Proyecto, este constituye una fuente de emisiones a la atmósfera de jurisdicción federal desde la etapa de preparación del sitio y durante todo el desarrollo del Proyecto, por lo que se implementarán acciones, para que las emisiones que se produzcan sean controladas, dado que los valores de calidad de aire ambiental reportados en la línea base del SAR, presentan en algunos casos en temporadas específicas, para algunos parámetros y en algunos lugares, valores por arriba de los límites máximos permisibles establecidos por las normas aplicables (Capítulo IV). Para ello, se aplicará un Plan de Monitoreo Ambiental durante el desarrollo del Proyecto, que incluirá el monitoreo de calidad del aire ambiente, y que se ejecutará a través del análisis por empresas y signatarios acreditados por la EMA y aprobados por PROFEPA. En el

Cuadro III.13 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
		Anexo VI.6 se presenta el Programa de Monitoreo que será ejecutado durante el desarrollo del Proyecto.
17	Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a: **I.** Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que estas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes; **II.** Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría; **III.** Instalar plataformas y puertos de muestreo; **IV.** Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a esta los registros, cuando así lo solicite; **V.** Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaría; **VI.** Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control; **VII.** Dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados, y de inmediato en el caso de que éstos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación; **VIII.** Dar aviso inmediato a la Secretaría en el caso de falla del equipo de control, para que esta determine lo conducente, si la falla puede provocar contaminación; y **IX.** Las demás que establezcan la Ley y el Reglamento.	Una vez que se inicie el Proyecto se promoverán acciones para dar cumplimiento a la normatividad en materia de emisiones a la atmósfera y se reportarán dichos conceptos en la cédula de operación anual. En el Capítulo VI se describen las medidas de mitigación y control que serán aplicadas para el control de emisiones. Las medidas de mitigación consideradas por el Proyecto para controlar las emisiones atmosféricas incluyen lo siguiente: • Mantenimiento de caminos; • Riego de caminos con agua y con supresores de polvo químicos cuando sea necesario; • Control de polvo en puntos de transferencia de materiales; • Control de velocidad de vehículos en caminos; • Mantenimiento de la flota de camiones y equipos; • Uso de equipos eléctricos en algunas actividades de minado superficial; • Uso de combustible diésel con bajo contenido de azufre; • Voladuras controladas. Las medidas de monitoreo de calidad de aire están detalladas en el **Anexo VI.6** y se enfocan en la medición de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NO_2 en los centros poblados donde la modelación de calidad de aire indica que se producirían las mayores contribuciones del Proyecto. Adicionalmente, se aplicará un Programa de Monitoreo Ambiental que incluye el monitoreo de calidad del aire ambiente, el cual se ejecutará a través del análisis por empresas y signatarios acreditados por la EMA y aprobados por PROFEPA (**Anexo VI.6**). El registro, seguimiento y reporte de emisiones se presentará a la SEMARNAT mediante la

Versión Pública

Cuadro III.13 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
		presentación de la Cédula de Operación Anual (COA), así como a través de la presentación de los informes de cumplimiento de medidas de mitigación, y de términos y condicionantes que emanen del resolutivo de autorización de la MIA-R.
17 BIS	Para los efectos del presente Reglamento, se consideran subsectores específicos pertenecientes a cada uno de los sectores industriales señalados en el artículo 111 BIS de la Ley, como fuentes fijas de jurisdicción federal los siguientes: ... **D)** INDUSTRIA METALÚRGICA ... **IV.** Minería de zinc y plomo, solo incluye beneficio; **V.** Minería de cobre ..., solo incluye beneficio; **VII.** Minería de plata, solo incluye beneficio.	El Proyecto realizará actividades de extracción y beneficio de minerales con valores de cobre y zinc, por lo que de acuerdo con este artículo corresponde a una fuente fija de la industria metalúrgica.
18	Sin perjuicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades competentes, las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, requerirán licencia de funcionamiento expedida por la Secretaría, la que tendrá una vigencia indefinida.	Una vez que el Proyecto inicie operaciones se tramitará y obtendrá la Licencia Ambiental Única (LAU) y se dará seguimiento y cumplimiento a esta, a través de la presentación de la Cedula de Operación Anual (COA).
19	Para obtener la licencia de funcionamiento a que se refiere el artículo anterior, los responsables de las fuentes, deberán presentar a la Secretaría, solicitud por escrito acompañada de la siguiente información y documentación: **I.** Datos generales del solicitante; **II.** Ubicación; **III.** Descripción del proceso; **IV.** Distribución de maquinaria y equipo; **V.** Materias primas o combustibles que se utilicen en su proceso y forma de almacenamiento; **VI.** Transporte de materias primas o combustibles al área de proceso; **VII.** Transformación de materias primas o combustibles; **VIII.** Productos, subproductos y desechos que vayan a generarse;	El Promovente presentará la solicitud para obtener la Licencia Ambiental Única conforme con la información requerida en este Artículo, que sean de aplicación al Proyecto.

Versión Pública

Cuadro III.13 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	IX. Almacenamiento, transporte y distribución de productos y subproductos; **X.** Cantidad y naturaleza de los contaminantes a la atmósfera esperados; **XI.** Equipos para el control de la contaminación a la atmósfera que vayan a utilizarse; y **XII.** Programa de contingencias, que contenga las medidas y acciones que se llevaran a cabo cuando las condiciones meteorológicas de la región sean desfavorables; o cuando se presenten emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas extraordinarias no controladas.	
21	Los responsables de fuentes fijas de jurisdicción federal que cuenten con licencia otorgada por las unidades administrativas competentes de la Secretaría deberán presentar ante esta, una Cédula de Operación Anual dentro del periodo comprendido entre el 1°. de marzo y el 30 de junio de cada año, los interesados deberán utilizar la Cédula de Operación Anual a que se refiere el artículo 10 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.	El Promovente presentará la Cédula de Operación Anual una vez que el Proyecto entre en operación y que se haya otorgado la Licencia Ambiental Única.

Versión Pública

III.5.2.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La nueva Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 2021 y fue reformada el 28 de abril de 2022. Uno de los aspectos a considerar para el desarrollo del Proyecto es el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). Las principales disposiciones que se deben atender para llevar a cabo la solicitud de CUSTF se contemplan en los artículos de la LGDFS que se describen en el **Cuadro III.14**.

Cuadro III.14 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
3	Son objetivos específicos de esta Ley: **VII.** Recuperar y desarrollar bosques en terrenos forestales degradados y terrenos preferentemente forestales, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, además de dinamizar el desarrollo rural; **X.** Promover la conservación de los ecosistemas forestales, impulsando su delimitación y manejo sostenible, evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad; **XXVIII.** Contribuir al desarrollo socioeconómico de los pueblos y comunidades indígenas, así como de ejidatarios, comuneros, cooperativas, pequeños propietarios y demás poseedores de recursos forestales.	Para el desarrollo del Proyecto, se requerirá de la autorización, por excepción, de un CUSTF. En el Estudio Técnico Justificativo que se presentará para solicitar dicha autorización se incluirán las medidas que se implementarán para recuperar áreas degradadas mediante la restauración y/o reforestación. El arreglo general del Proyecto evitará desmontes innecesarios y maximizará la conservación de zonas vegetadas que se ubiquen dentro del AP. Adicionalmente, se apoyará a las comunidades aledañas mediante una capacitación que les permita mejorar sus prácticas silvícolas para que sean sostenible tanto ambiental como económicamente.
33	Son criterios obligatorios de política forestal de carácter económico, los siguientes: **III.** El fomento al desarrollo constante y diversificado de la industria forestal, de los servicios y comercios relacionados con este sector, el fortalecimiento de redes locales de valor, creando condiciones favorables para la inversión de grandes, medianas, pequeñas y microempresas, a fin de asegurar una oferta creciente de productos para el consumo interno y el mercado exterior; **XV.** La realización de las obras o actividades públicas o privadas que por ellas mismas puedan provocar deterioro de los recursos forestales, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, restauración y restablecimiento de los mismos.	Mediante el apoyo en capacitación que el Proyecto brinde a los productores silvícolas de las comunidades aledañas, actuará como coadyuvante en el fomento y diversificación de la actividad forestal. El ETJ que presentará para obtener la autorización del CUSTF incluirá las actividades pertinentes para restaurar y restablecer los recursos forestales que se pudieran ver afectados por la actividad minera.
54	Las autorizaciones, avisos, informes y otros actos previstos en esta Ley, solo se otorgarán a los propietarios y poseedores de los terrenos que legalmente tengan derecho a ello. Cuando la solicitud de una autorización o aviso en materia forestal sobre terrenos propiedad de un ejido o comunidad agraria, comunidad indígena o afromexicana sea presentada por un tercero, éste deberá acreditar el consentimiento del núcleo agrario o de la comunidad indígena o afromexicana mediante el acuerdo de asamblea que lo autorice, de conformidad con la Ley Agraria y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en lo que	El promovente ha adquirido los terrenos particulares que requerirá para el desarrollo de sus actividades. Adicionalmente, ha formalizado los acuerdos de ocupación temporal, para los terrenos ejidales o comunales necesarios para el desarrollo del Proyecto, mediante el cual se le otorgará el derecho de usufructo. En su oportunidad, exhibirá los documentos que le sean requeridos para acreditar la posesión o el derecho de usufructo incluidos los correspondientes acuerdos de asamblea que cumplan con las disposiciones de la Ley Agraria y las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que, en su caso, sean aplicables.

Versión Pública

Cuadro III.14 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	corresponde a comunidades indígenas y afromexicanas. Las disposiciones de este capítulo serán aplicables para la Comisión en los procedimientos que realice, así como para otras autoridades que en el marco de esta Ley asuman atribuciones de la Federación en materia forestal. La Secretaría, con la participación del Consejo correspondiente, podrá habilitar mecanismos de apoyo al dictamen de las solicitudes, avisos y atención de contingencias conforme a lo que establezca el Reglamento, incluyendo la conformación de cuerpos colegiados multidisciplinarios e interinstitucionales que apoyen estos procesos. De igual forma, la Secretaría, con el apoyo de la Comisión, proporcionarán la información de campo, cartográfica y estadística con la que cuenten para agilizar el análisis. El Reglamento de esta Ley establecerá los documentos con los que se considerará acreditada la posesión o derecho para realizar las actividades señaladas en los artículos 68 y 69 de esta Ley.	
61	Cuando una autorización u otros actos previstos en la ley puedan afectar los derechos colectivos, de alguna comunidad indígena o afromexicana, la Secretaría en coordinación con otras instancias competentes, deberá verificar que por parte de los interesados se han establecido los procedimientos para consultas de manera previa, libre, informada y culturalmente adecuada en los términos de esta Ley y su Reglamento a fin de llegar a un acuerdo y obtener el consentimiento mutuamente acordado de las comunidades. La Secretaría, en coordinación con la Comisión verificará que los aprovechamientos de recursos forestales se realicen garantizando los derechos de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en el mercado de los mecanismos de implementación y cumplimiento de los derechos y salvaguardas contenidos en esta Ley. De manera expresa para inscribir en el Registro información relacionada al conocimiento tradicional, que se señala en el artículo 38 de esta Ley, la Secretaría deberá atender de manera previa lo señalado en este artículo.	Con relación a la población indígena, en el SAR, de acuerdo con la información pública obtenida en el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), fueron registradas 4 localidades con presencia de población indígena consistente en un total de 14 personas, lo que representa el 0.03% respecto a la población total de estas localidades. Las 14 personas que fueron identificadas y hablan alguna lengua indígena están distribuidas en las siguientes comunidades: • Santa Elena (Francisco Zarco); • El Saucito (El Horno); • Estancia de Ánimas; • Villa González Ortega. De acuerdo con el Catálogo de Localidades Indígenas publicado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI, 2010), para el año 2010, habitaban en las localidades del SAR, un total de 171 personas, distribuidas en diversas localidades en el SAR, incluyendo el AI. En el análisis comparativo de los últimos 10 años se observa una disminución de población indígena de 171 a

Versión Pública

Cuadro III.14 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	En el Reglamento y las demás normas que resulten aplicables, la Secretaría establecerá los protocolos y demás lineamientos para atender esta disposición.	solo 14 personas que se registran dentro del SAR y el AI del Proyecto. A partir de la revisión realizada en el Catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México, con sus auto denominaciones y referencias geoestadísticas del Instituto Nacional de Lenguas Indígenas, en las localidades identificadas dentro del SAR, se determina que no existe presencia de hablantes de alguna variante lingüística. La zona en donde se desarrollará el Proyecto (área de influencia y área del Proyecto), no se encuentra en ninguna región indígena.
67	Las autorizaciones y actos previstos en de la presente Ley, podrán ser modificados cuando varíen las condiciones que la autoridad consideró al momento de su otorgamiento, independientemente de que el titular haya dado lugar a dichas variaciones.	Aunque la solicitud de autorización para el CUSTF se basará en el diseño final del Proyecto, el promovente estará preparado para solicitar la modificación de la autorización que, en su caso, sea otorgada si se llegara a necesitar.
93	La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate. Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas	El promovente presentará el Estudio Técnico Justificativo para el trámite de Autorización del CUSTF) debidamente fundada y motivada, donde se demuestre que no se pondrá en riesgo la biodiversidad de los ecosistemas, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. En la solicitud de Autorización del CUSTF se propondrán las medidas de mitigación necesarias para cumplir con los requerimientos de este artículo. En lo que se refiere al mantenimiento de la capacidad de almacenamiento de carbono de los ecosistemas afectados, dichas medidas se ajustarán a los lineamientos que la autoridad estipule en la materia. El Estudio Técnico Justificativo incluirá el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, los cuales también se presentan a autorización como parte de esta MIA-R en el **Anexo VI.2** y el **Anexo VI.3**, respectivamente. El Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, estará destinado a la protección de 1

Versión Pública

Cuadro III.14 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.	especie listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como de un porcentaje de individuos sanos de especies endémicas y de lento crecimiento y difícil regeneración, del grupo de las cactáceas, que se encuentren en las áreas que serán objeto de CUSTF para el desarrollo del Proyecto. Adicionalmente, y en caso de requerirse, participará como coadyuvante de la autoridad en la instrumentación de la consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe en los términos que sean aplicables.
95	La Secretaría podrá autorizar la modificación de una autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o bien, la ampliación del plazo de ejecución del cambio de uso de suelo establecido en la autorización respectiva, siempre que lo solicite el interesado, en los términos que se establezcan en el Reglamento de la presente Ley.	Como se indicó, el promovente estará preparado para solicitar la modificación de la autorización que, en su caso, sea otorgada si se llegara a necesitar. Los plazos de ejecución para el cambio de uso de suelo que se presenten en el Estudio Técnico Justificativo estarán basados en el plan de ejecución del Proyecto. Sin embargo, se solicitaría su ampliación en caso de que se llegara a experimentar un retraso en su instrumentación.
97	No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales donde la pérdida de cubierta forestal fue ocasionada por incendio, tala o desmonte sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.	El promovente ha implementado las medidas de control de contingencias necesarias para evitar la ocurrencia de incendios dentro de los terrenos bajo su control. Asimismo, ha constatado que los propietarios de los terrenos adquiridos o negociados en ocupación temporal, donde se hayan ejecutado cambios de uso de suelo, hayan cumplido con las disposiciones aplicables en materia agraria.
98	Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del Proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.	Una vez que el ETJ sea aprobado y se le notifique al promovente del monto a pagar al Fondo Forestal Mexicano, esta procederá a realizar el pago correspondiente dentro del plazo otorgado para ello. Adicionalmente, coadyuvará con las autoridades locales competentes para que los recursos pagados al Fondo Forestal Mexicano sean, preferentemente, aplicables dentro de la cuenca hidrológica donde se ubica el Proyecto.

Versión Pública

III.5.2.2.1. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

El nuevo Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2020. En el **Cuadro III.15**, se presenta la vinculación del Proyecto con este Reglamento.

Cuadro III.15 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
139	Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: I. Nombre o denominación o razón social, como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios; y; IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: I. Copia simple de la identificación oficial del solicitante; II. Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, como copia simple para su cotejo; III. Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, como copia simple para su cotejo; IV. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria	El AP presenta superficie con vegetación forestal del tipo matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule y vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo, por lo que la empresa ingresará el Estudio Técnico Justificativo (ETJ) para solicitar la Autorización del CUSTF; y contar así con la Autorización correspondiente, expedida por esta Secretaría para las áreas con vegetación forestal para el desarrollo del Proyecto. La presentación de este ETJ cumplirá los requerimientos establecidos en este artículo del Reglamento. Asimismo, el promovente exhibirá las copias certificadas de los títulos de propiedad de los terrenos adquiridos, debidamente inscritos en el Registro Público de la Propiedad, así como las correspondientes copias certificadas de las actas de asamblea para acreditar la posesión o el derecho de usufructo de los terrenos ejidales debidamente inscritos en el Registro Agrario Nacional. En caso sea necesario, se presentará copia del folio de inscripción ante el Registro Agrario Nacional.

Versión Pública

Cuadro III.15 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo; y V. El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.	
141	Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente: I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georreferenciados y expresados en coordenadas UTM; III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos; IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna; V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales; VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal; VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo; IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar	En su momento, se realizará y presentará ante SEMARNAT el Estudio Técnico Justificativo considerando cada uno de los apartados del presente artículo. El Proyecto considera la aplicación de las siguientes acciones: • Programa de Rescate y Reubicación de Flora silvestre. • Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna silvestre. • Programa de Restauración y Conservación del Suelo. • Ejecutar las medidas de prevención y mitigación, así como los términos y condicionantes que emanen del resolutivo de autorización de la presente MIA-R y del correspondiente Estudio Técnico Justificativo. Estos programas acompañan esta MIA-R como parte de las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VI. El diseño del ETJ se basará en el contenido de las Guías publicadas por la SEMARNAT en la materia. Adicionalmente, y en lo que se refiere al mantenimiento de la capacidad de almacenamiento de carbono de los ecosistemas afectados, dichas medidas se ajustarán a los lineamientos que la autoridad estipule en la materia en cumplimiento con lo estipulado en el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Versión Pública

Cuadro III.15 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo; X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; XI. Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto. XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que deberá a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y; XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente articulo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento. Para efectos de lo previsto en la fracción XIV del presente artículo, los interesados identificarán los criterios de los programas de ordenamiento ecológico que emitan las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, atendiendo al uso que se pretende dar al Terreno forestal.	
144	La Secretaría o la ASEA determinarán el monto económico de Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 152 de este Reglamento y notificará al solicitante para que realice el Depósito respectivo ante el Fondo, en un plazo que no exceda de treinta días hábiles siguientes a que surta efectos dicha notificación.	El promovente depositará el monto económico de compensación ambiental que, en su caso, le haya sido determinado y lo notificará a la SEMARNAT dentro del plazo estipulado para ello.

Versión Pública

Cuadro III.15 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	Una vez que el solicitante haya comprobado que realizó el Depósito a que se refiere el párrafo anterior, mediante copia simple de la ficha de depósito o del comprobante de transferencia electrónica, la Secretaría o la ASEA, expedirán la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que se expida la autorización, esta se entenderá concedida. La solicitud de autorización será negada en caso de que el interesado no acredite ante la Secretaría o la ASEA haber realizado el Depósito en los términos previstos en el presente artículo.	
154	Los Servicios forestales comprenden las siguientes actividades: II. Elaborar los estudios técnicos, incluyendo la propuesta de rescate y reubicación de especies, a que se refiere el artículo 141, fracción IX del presente Reglamento; III. Firmar los Programas de manejo, estudios técnicos y demás documentación señalada en el presente artículo y ser responsable de la información contenida en los mismos, así como ser responsable solidario con el Titular del aprovechamiento forestal, de las Plantaciones forestales comerciales o de la autorización de Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales en la ejecución y evaluación de los Programas de manejo y estudios correspondientes.	Como parte del contenido del ETJ, se propondrá al Prestador de Servicios Forestales, debidamente acreditado, para que elabore los estudios técnicos; los programas de rescate y reubicación de especies de flora y de fauna, para que presente los informes requeridos en la eventual autorización para el cambio de uso de suelo y para que sea responsable solidario de su contenido y de su ejecución.
160	El Titular del aprovechamiento forestal, Plantación forestal comercial o de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, deberá dar aviso a la Secretaría de la terminación de la prestación de Servicios forestales, mediante escrito libre, dentro de los treinta días hábiles siguientes. Los avisos de cambio de Prestador de Servicios forestales deberán presentarse a la Secretaría y contener nombre o denominación o razón social y datos de inscripción en el Registro del nuevo Prestador de Servicios forestales, así como la fecha de inicio de la prestación de los Servicios forestales, dentro de los quince días hábiles siguientes a la fecha de contratación.	Si el promovente decidiera cambiar de Prestador de Servicios Forestales, lo notificará a la autoridad en los términos previstos en el presente artículo y solicitará la aprobación del Prestador de Servicios Forestales que se haya considerado para reemplazarlo.

Versión Pública

III.5.2.3. Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000, con su última reforma actualizada al 20 de mayo de 2021. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. En el **Cuadro III.16**, se presenta la vinculación del Proyecto con esta Ley:

Cuadro III.16 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
31	Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	Se realizará el rescate y reubicación de fauna silvestre durante las etapas de preparación de sitio y de construcción, por lo que se ejecutará el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, como medida de protección de la vida silvestre. El Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, será ejecutado con la supervisión de especialistas en el manejo de fauna silvestre, asegurando las condiciones de manejo de la fauna que las proteja. En el **Anexo VI.3** de esta MIA-R, se presenta el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre diseñado para la protección de la fauna silvestre durante el desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

III.5.2.4. Ley de Aguas Nacionales

La Ley de aguas Nacionales y su Reglamento fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día primero de diciembre de 1992 con su última reforma actualizada al 8 de mayo de 2023 y su Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y con su última reforma actualizada al 11 de mayo de 2022. El Proyecto atenderá las disposiciones de esta Ley, como se señala en el **Cuadro III.17**.

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
3, Inciso I	"Aguas Nacionales": Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	Una contribución importante al volumen de agua que utilizará la mina lo constituye el agua de contacto definida como la que se genera por eventos de precipitación sobre la superficie de las obras e instalaciones en el AP, incluyendo el área de minado superficial, la presa de jales, la Tepetatera y la planta de procesamiento y que será captada y almacenada en piletas para su uso en las actividades del beneficio de minerales. Al no estar clasificadas como aguas nacionales, se consideran como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos y no requieren de concesión para ser utilizadas.
7, Inciso VII	Se declara de utilidad pública: El mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales.	La construcción y operación del sistema para captar, almacenar y utilizar el agua de contacto minimiza la contaminación del suelo y recicla un agua que se podría definir como residual. Por consiguiente, se alinea con el concepto definido en este apartado de la Ley de Aguas Nacionales.
20	De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por esta cuando así le compete, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión".	El Proyecto no requerirá de fuentes externas de recursos hídricos, dado que los requerimientos operativos se cubren por el empleo del agua de laboreo y por agua de contacto que se colectará de la precipitación y escurrimientos superficiales directos sobre las áreas operativas e instalaciones del Proyecto.
37	Queda prohibida la transmisión, para uso industrial en la minería, de los derechos para explotar, usar o aprovechar aguas nacionales de cualquier otro uso.	El suministro de agua para cubrir los requerimientos del proyecto se originará, exclusivamente, del agua de laboreo de mina cuya definición aparece en el Artículo 3, Fracción III BIS de la Ley de Aguas Nacionales. Por consiguiente, no requerirá de transmitir los derechos de

Versión Pública

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
		extracción de aguas subterráneas de pozos propiedad de terceros.
81 BIS 1	Los concesionarios de aguas nacionales para uso industrial en la minería, además de las establecidas en el artículo 29 de la presente Ley, tienen la obligación de medir el volumen de agua explotada, usada o aprovechada que se extraiga de las cuencas y acuíferos, así como las aguas provenientes de laboreo de las minas para uso industrial o de servicios, conforme a lo dispuesto en la presente Ley.	Una vez que sean autorizado el Proyecto y los pozos para extraer el agua de laboreo, MDSN instalará los medidores telemétricos que le sean especificados por la Comisión Nacional del Agua y efectuará la medición volumétrica de los volúmenes de agua extraídos.
86 BIS 2	Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	El Proyecto implementará un Plan de Manejo Integral de Residuos que asegurará el manejo y disposición adecuados de los residuos para evitar la contaminación de las aguas de los cuerpos receptores. Adicionalmente, y en coordinación con CONAGUA, emprenderá la delimitación de las zonas federales de ribera para limitar el desarrollo de actividades a aquellas que estén autorizadas para dichas zonas.
88	Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.	El Proyecto no tendrá descargas de aguas residuales ni de proceso, ya que contará con sistemas de manejo en circuito cerrado.
88 BIS, V BIS	Para el uso industrial en la minería, presentar ante "la Autoridad del Agua" un reporte mensual de las mediciones diarias que contenga los análisis cronológicos e indicadores de calidad del agua de las descargas realizadas en aguas superficiales y subterráneas, garantizando su calidad de conformidad con los parámetros que al efecto establezca dicha autoridad.	El Proyecto está diseñado para reciclar, íntegramente, el agua de proceso. En caso de que hubiese necesidad de tener descargas, solicitaría el permiso correspondiente y presentaría las mediciones y los análisis de calidad del agua que le fuesen requeridos por la autoridad competente.

Versión Pública

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
88 BIS	Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la presente Ley, deberán: **I.** Contar con el permiso de descarga de aguas residuales mencionado en el Artículo anterior; **II.** Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando sea necesario para cumplir con lo dispuesto en el permiso de descarga correspondiente y en las Normas Oficiales Mexicanas; **III.** Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes de propiedad nacional como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales; **IV.** Instalar y mantener en buen estado, los aparatos medidores y los accesos para el muestreo necesario en la determinación de las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga; **V.** Hacer del conocimiento de "la Autoridad del Agua" los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados en las condiciones particulares de descarga fijadas; **VI.** Informar a "la Autoridad del Agua" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales contenidas en el permiso de descarga correspondiente; **VII.** Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores; **VIII.** Conservar al menos por cinco años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen; **IX.** Cumplir con las condiciones del permiso de descarga correspondiente y, en su caso, mantener las obras e instalaciones del sistema de tratamiento en condiciones de operación satisfactorias.	El Proyecto considera poner a disposición de CONAGUA los excedentes de agua de laboreo. El agua de proceso será manejada en circuito cerrado, sin descargas, recuperando el agua de las colas de flotación para su reúso en el proceso. Se construirán y operarán obras de colección de derrames en las áreas del Proyecto. Se aplicará adicionalmente un Plan de Monitoreo que incluye el monitoreo periódico de agua superficial y de agua subterránea. Todos los análisis (de descargas, de agua superficial y de agua subterránea) serán realizados por contratistas que cuenten con las correspondientes acreditaciones de la EMA y aprobación por PROFEPA. En cuanto a las autorizaciones, registros, informaciones y documentaciones, el Proyecto cumplirá con lo correspondiente a la calidad química de las descargas, y demás preceptos señalados en este artículo, que sean aplicables al Proyecto.

Versión Pública

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
97	Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por sí o por terceros, cualquier obra de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento. La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que formen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.	El Proyecto incluye estructuras y estrategias para el manejo de agua subterránea y superficial como son: construcción de pozos, canales de desvío, piletas y alcantarillas, según se describe en el Capítulo II de esta MIA-R.
98	Cuando con motivo de dichas obras se pudiera afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces o vasos propiedad nacional o de las zonas federales correspondientes, así como en los casos de perforación de pozos en zonas reglamentadas o de veda, se requerirá de permiso en los términos de los Artículos 23 y 42 de esta Ley y de sus reglamentos. Para este efecto la Autoridad competente expedirá las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan. "La Autoridad del Agua" supervisará la construcción de las obras, y podrá en cualquier momento adoptar las medidas correctivas necesarias para garantizar el cumplimiento del permiso y de dichas normas.	El promovente desarrollará los estudios hidrológicos e hidráulicos necesarios para determinar las características de los arroyos dentro del AP para saber si existen o no cauces o zonas federales. De ser el caso, se solicitarían las concesiones para la ocupación de zonas federales y los permisos que sean aplicables.
118	"La Autoridad del Agua" tiene prohibido otorgar concesiones sobre cauces o vasos y sus zonas federales para la disposición final de residuos mineros o depósitos de aguas residuales de uso minero.	En el AP al igual que en el SAR, se distinguen solo cauces de carácter intermitente de Orden 1 a Orden 4, de acuerdo con el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) de INEGI-CONAGUA. En el AP no existen arroyos permanentes, únicamente intermitentes durante la temporada de lluvias, con pérdida de agua por infiltración y evaporación de manera rápida como se describe en el Capítulo IV.
	TÍTULO TERCERO. Política y Programación Hídricas. Capítulo Único. Sección Primera. Política Hídrica Nacional. Artículo 14 BIS 5. Los principios que sustentan la política hídrica nacional son: I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económica y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional; …V. La atención de las necesidades de agua provenientes de la sociedad para su bienestar, de la economía para su desarrollo. XII. El aprovechamiento del agua	El Proyecto requiere del recurso agua, para lo cual, el insumo llega exclusivamente del agua de laboreo y del agua de contacto de la precipitación que caerá directamente en las áreas operativas e instalaciones del Proyecto. Adicionalmente, toda el agua será manejada en circuito cerrado, aprovechándose su reúso y optimización del recurso al reducir el requerimiento de agua fresca para el proceso. En el **Anexo VI.5** de esta MIA-R, se presenta el Plan de Manejo de Agua que resume el uso y consumos de agua en el Proyecto.

Versión Pública

Cuadro III.17 Vinculación del Proyecto con la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación.	
	TÍTULO SEXTO. Usos del agua. Capítulo IV. Uso en otras actividades productivas. Artículo 82. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales en actividades industriales, se podrá realizar por personas físicas o morales previa la concesión respectiva otorgada por "la Autoridad del Agua", en los términos de la presente Ley y sus reglamentos.	El Promovente cuenta con la concesión minera para hacer uso del agua de laboreo de mina que es necesaria para realizar el proceso de beneficio de minerales conforme a lo señalado en el Artículo 19, Fracción V de la Ley de Minería. Respecto al uso del agua de laboreo, el promovente hará los trámites que correspondan.
	TÍTULO SÉPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental. Capítulo I. Prevención y Control de la Contaminación del Agua. Artículo 86. BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	El Proyecto contará con un Plan de Manejo Integral de Residuos, en el cual se propone el adecuado manejo, transporte y disposición de todos los residuos generados en el desarrollo del mismo, además de que no se afectarán cuerpos de agua superficiales.

Versión Pública

III.5.2.4.1. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales fue publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 12 de enero de 1994. Su última reforma, consignada en el Diario Oficial de la Federación, data del 25 de agosto de 2014. Los artículos más relevantes que pueden aplicar al proyecto minero son los descritos en el **Cuadro III.18**.

Cuadro III.18 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
2, Incisos II, VII y XI	Para los efectos de este "Reglamento", se entiende por: II. Aguas residuales: las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso; VII. Cuerpo receptor: la corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos; XI. Descarga: la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.	El contacto de la precipitación pluvial con las zonas o residuos mineros puede considerarse como agua residual debido a que su composición original varía. El Plan de Manejo Hidráulico propone la construcción de obras de captación, almacenamiento y manejo del agua de contacto para minimizar su infiltración al suelo evitando afectar los terrenos superficiales, bajo el control de la mina, y que constituyen un cuerpo receptor con potencial de contaminación del suelo o los acuíferos.
124	Para la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de las aguas en zonas de veda o reglamentadas, distintas a las provenientes del laboreo de las minas, así como respecto de las aguas superficiales comprendidas dentro del lote que ampare una concesión minera, se estará a lo establecido por los artículos 42, 43 y 82 de la "Ley". Se entiende por aguas provenientes del laboreo de las minas, aquéllas del subsuelo que necesariamente deban extraerse para permitir la realización de obras y trabajos de exploración y explotación. Los titulares de concesiones mineras o sus causahabientes, que aprovechen las aguas a que se refiere el párrafo anterior, estarán obligados a: **I.** Obtener el permiso de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean bienes nacionales; **II.** Cumplir con las normas oficiales mexicanas para presas de jales, y **III.** Poner a disposición de "La Comisión" el agua sobrante o disponible después del uso o aprovechamiento que se realice, con base en los derechos que confieren tales concesiones.	El Proyecto contempla la extracción, uso o aprovechamiento de las aguas provenientes del laboreo de la mina para permitir la realización de obras y trabajos de minado y beneficio de minerales, por lo que el Proyecto se sujetará a su cumplimiento de las obligaciones de los titulares de concesiones mineras que la presente Ley dicta.
151	Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos.	El Proyecto contará con un Plan de Manejo Integral de Residuos, en el cual se propone el adecuado manejo, transporte y disposición de todos los residuos generados en el desarrollo del mismo, además de que no se afectarán cuerpos de agua superficiales.

Versión Pública

III.5.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003 con su última reforma actualizada al día 8 de mayo de 2023. El Proyecto atenderá el correcto manejo de los residuos generados por lo que se deberán considerar los artículos que se presentan en el **Cuadro III.19**.

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
1	La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, sólidos urbanos, de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para: **I.** Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterio de eficiencia ambiental. **V.** Regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, los residuos mineros y los residuos metalúrgicos, así como establecer las disposiciones que deben considerar los gobiernos locales en la regulación de los residuos que conforme a esta Ley sean de su competencia	El Proyecto considera la aplicación de los principios establecidos en este Artículo durante todas sus etapas, mediante la aplicación del Plan de Manejo Integral de Residuos (**Anexo VI.7**). Asimismo, presentará a registro el Plan de Manejo de Residuos Mineros conforme a las disposiciones legales que sean aplicables.
2	En la formulación y conducción de la política en materia gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según	El Proyecto considera la aplicación de los principios establecidos en este Artículo, mediante la implementación y ejecución del Plan de Manejo Integral de Residuos (**Anexo VI.7**), así como la supervisión de su ejecución, mediante la aplicación del PVA (**Anexo VI.1**).

Versión Pública

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	corresponda, se observarán los siguientes principios: **I.** El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano adecuado para su desarrollo y bienestar; **III.** La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas; y **IV.** Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños.	
16	La clasificación de un residuo como peligroso, minero o metalúrgico, se debe establecer en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	MDSN aplicará la normatividad que se hubiese establecido para determinar las características y los límites máximos de concentración de los residuos mineros que genere.
17	Los residuos mineros provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los metalúrgicos provenientes de los procesos de fundición, refinación y transformación de metales, que se definan en forma genérica en el reglamento según lo estipulado en el artículo 7, fracción III, de esta Ley, son de regulación y competencia federal y están sujetos a los planes de manejo previstos en esta Ley y demás instrumentos jurídicos de gestión ambiental. Se exceptúan de esta clasificación los referidos en el artículo 19, fracción I, de este ordenamiento. Los residuos mineros y metalúrgicos, según sea el caso, pueden disponerse finalmente en el sitio de su generación; su peligrosidad y manejo integral se determina conforme a la presente Ley y las disposiciones jurídicas aplicables. Queda prohibida la disposición final de los residuos mineros y residuos metalúrgicos en áreas naturales protegidas, humedales, cauces y zonas federales de aguas nacionales o en	El Proyecto contempla la generación de residuos mineros metalúrgicos, que serán dispuestos como jales y tepetate. El manejo de este tipo de residuos se detalla en el Capítulo II, y su ejecución se realizarán conforme al Plan de Manejo de Residuos Mineros que será presentado ante la DGGIMAR-SEMARNAT para su registro, así como también se cumplirá con las especificaciones que apliquen de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y la NOM-157-SEMARNAT-2009 (**Anexo II.12** y **Anexo II.13**, respectivamente). El Proyecto no se encuentra en un ANP, ni humedales, ni han sido determinados hasta el momento cauces o zonas federales de aguas nacionales.

Versión Pública

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	lugares que por el trayecto que seguirían los residuos ante su ruptura afecten núcleos de población.	
18	Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	El Proyecto generará residuos sólidos urbanos, mismos que serán manejados adecuadamente y dispuestos en sitios de disposición final autorizados, y en apego al Plan de Manejo Integral de Residuos (**Anexo VI.7** de esta MIA-R).
19	Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: **VII.** Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general; **X.** Los neumáticos usados.	El Proyecto generará residuos de manejo especial (RME), mismos que serán manejados adecuadamente, valorizados y/o dispuestos en sitios de disposición final autorizados. Se contará con un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial, el cual será presentado y registrado ante la autoridad competente.
22	Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si estos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	El Proyecto generará residuos clasificados como peligrosos, los cuales serán manejados con base a lo que establece este Artículo y las normas ambientales vigentes. Se contará con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el cual será presentado y registrado ante la SEMARNAT.
28	Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda: III. Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.	En todas las etapas del Proyecto se podrán generar residuos sólidos urbanos y de manejo especial. El Proyecto se ajustará a lo establecido en esta Ley ya que se elaborará y se presentará ante la autoridad correspondiente el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial para su registro.
31	Establece que "Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente: La Secretaría determinará, junto con las partes interesadas, otros residuos peligrosos que serán sujetos a planes de manejo, cuyos listados específicos serán incorporados en la	En las actividades del Proyecto que generen o manejen residuos peligrosos se les almacenará en recipientes identificados, que cumplan con las características técnicas en función de la peligrosidad de los residuos, así como serán almacenados temporalmente en función de su incompatibilidad, en apego al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el cual será presentado y registrado ante la SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	norma oficial mexicana que establece las bases para su clasificación.	
33	Las empresas o establecimientos responsables de los planes de manejo deben presentar, para su registro a la Secretaría, los relativos a los residuos peligrosos, a los residuos mineros y a los residuos metalúrgicos; y para efectos de su conocimiento a las autoridades estatales los residuos de manejo especial, y a las municipales para el mismo efecto los residuos sólidos urbanos, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y según lo determinen su Reglamento y demás ordenamientos que de ella deriven.	De ser autorizado el Proyecto, en materia de impacto ambiental, MDSN presentará para su registro los planes de manejo respectivos, particularmente, el aplicable a los residuos mineros conforme a la normatividad que les fuese aplicable.
40	Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.	El promovente generará procedimientos en los que incluya: identificación de residuos, bitácoras de control de residuos peligrosos generados, etiquetado de los contenedores y almacenamiento temporal, en apego al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el cual será presentado y registrado ante la SEMARNAT. Se contratarán prestadores de servicios autorizados para el manejo y disposición final de residuos peligrosos.
41	Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	El Proyecto generará residuos peligrosos, que serán manejados con base a lo que establece este Artículo y las normas ambientales vigentes a través de una empresa subcontratista autorizada. Se contará con el registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.
42	Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas autorizadas. El manejo y disposición final de los residuos mineros y metalúrgicos es responsabilidad de quien los genera, por lo que debe presentar evidencia verificable de que opera bajo el estricto cumplimiento de la normativa aplicable.	En el Proyecto se generarán residuos peligrosos, que serán manejados a través de una empresa subcontratista autorizada con base a lo que establece este Artículo, en apego al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos que sea registrado. En caso de ser autorizado y una vez que inicie operaciones, MDSN presentará la evidencia verificable de cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Mineros cuyo registro le sea autorizado.
43	Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.	El Proyecto considera la aplicación de los principios establecidos en este Artículo. Se contará con el registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.

Versión Pública

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
44	Los generadores de residuos peligrosos tendrán las siguientes categorías: **I.** Grandes generadores; **II.** Pequeños generadores; y **III.** Microgeneradores.	El Promovente obtendrá el registro como generador de residuos peligrosos ante la autoridad correspondiente, bajo la clasificación que le corresponda.
45	Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.	Durante todas las etapas del Proyecto, se mantendrá un almacén temporal de residuos peligrosos el cual operará en cumplimiento a la normatividad ambiental mexicana. Al cierre del Proyecto, está contemplada su desinstalación en el plan de clausura y remediación.
46	Los grandes generadores de residuos peligrosos, están obligados a registrarse ante la Secretaría y someter a su consideración el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, así como llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos de acuerdo con los lineamientos que para tal fin se establezcan en el Reglamento de la presente Ley, así como contar con un seguro ambiental, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.	Como generador de residuos peligrosos, se tramitará el Registro como Generador de Residuos Peligrosos, así como su respectivo Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.
54	Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos, para no contaminarlos y no provocar reacciones que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	En el Proyecto se generarán residuos peligrosos los cuales serán manejados a través de una empresa subcontratista con base a lo que establece el Artículo 54, buscando no mezclarlos para evitar la contaminación a otros residuos. Además de supervisar que su almacenaje no exceda el periodo que señala el Artículo 56, y de requerir una prórroga se atenderá según lo señalado. Como parte del desarrollo del Proyecto se tendrá dentro del sitio un lugar asignado para el almacén temporal de residuos peligrosos, que será construido bajo las disposiciones de los lineamientos que al efecto establece el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en su artículo 82; así como bajo las disposiciones de la normatividad vigente, con contenedores especialmente diseñados
56	Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses a partir de su generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de	

Versión Pública

Cuadro III.19 Vinculación del Proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	almacenamiento. Procederá la prórroga para el almacenamiento cuando se someta una solicitud al respecto a la Secretaría cumpliendo los requisitos que establezca el Reglamento.	para facilitar su manejo durante las operaciones de entrega a la empresa especializada para su manejo, transporte y disposición final.
64	En el caso del transporte y acopio de residuos que correspondan a productos desechados sujetos a planes de manejo, en términos de lo dispuesto por el artículo 31 de esta Ley, se deberán observar medidas para prevenir y responder de manera segura y ambientalmente adecuada a posibles fugas, derrames o liberación al ambiente de sus contenidos que posean propiedades peligrosas.	En el Proyecto se generarán residuos peligrosos, los cuales serán manejados a través de una empresa subcontratista, que cuente con las autorizaciones aplicables y cumpla con las medidas necesarias para prevenir y responder de manera segura a cualquier tipo de contingencia.
68	Quienes resulten responsables de la contaminación de un sitio, así como de daños a la salud como consecuencia de esta, estarán obligados a reparar el daño causado, conforme a las disposiciones legales correspondientes.	En caso de existir la contaminación de suelo, el Promovente asumirá la responsabilidad con base a lo que establece la Ley.
70	Los propietarios o poseedores de predios de dominio privado y los titulares de áreas concesionadas, cuyos suelos se encuentren contaminados, serán responsables solidarios de llevar a cabo las acciones de remediación que resulten necesarias, sin perjuicio del derecho a repetir en contra del causante de la contaminación.	El Promovente adquirió los terrenos donde se ubica una mina abandonada denominada El Salvador. Esta área será sujeta a cambio de uso de suelo como parte del desarrollo del Proyecto. El promovente propone remediar las áreas de suelo que se encuentren contaminadas en concentraciones por arriba de la línea base, como parte de las acciones de remediación de suelo que forman parte del Plan de Cierre del Proyecto. Respecto a los residuos mineros (tipo tepetate) que aún puedan estar existentes en este pasivo ambiental minero, se propone por compatibilidad, su disposición final en el área de la presa de jales o de la tepetatera, como parte de las acciones de remediación.

Versión Pública

III.5.2.5.1. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006 con su última reforma actualizada al 31 de octubre de 2014. Las disposiciones que se considerarán de este instrumento son los que se señalan en el **Cuadro III.20**.

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
16	**Artículo 16.-** Los planes de manejo para residuos se podrán establecer en una o más de las siguientes modalidades: Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser: a) Privados, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos, o b) Mixtos, los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias.	Se elaborarán y registrarán los planes de manejo que aplican en materia de residuos: Plan de Manejo Integral de Residuos, Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y Plan de Manejo de Residuos Mineros. Estos planes serán establecidos en modalidad Privados.
17	Los sujetos obligados a formular y ejecutar un plan de manejo podrán realizarlo en los términos previstos en el presente Reglamento o las normas oficiales mexicanas correspondientes, o bien adherirse a los planes de manejo establecidos. La adhesión a un plan de manejo establecido se realizará de acuerdo con los mecanismos previstos en el propio plan de manejo, siempre que los interesados asuman expresamente todas las obligaciones previstas en él.	Se elaborarán y registrarán los planes de manejo que aplican en materia de residuos, en los términos previstos en el Reglamento de la LGPGIR, así como en las NOM que los vinculan. El Proyecto, gestionará el registro previsto para los siguientes planes de manejo de residuos: Plan de Manejo Integral de Residuos, Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y Plan de Manejo de Residuos Mineros.
24	Las personas que conforme a lo dispuesto en la Ley deban registrar ante la Secretaría los planes de manejo de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: **I.** Incorporarán al portal electrónico de la Secretaría, a través del sistema establecido para ese efecto, la siguiente información: **a)** Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante, nombre de su representante legal; **b)** Modalidad del plan de manejo; **c)** Residuos peligrosos objeto del plan, especificando sus características físicas, químicas o biológicas y el volumen estimado de manejo; **d)** Formas de manejo; y **e)** Nombre, denominación o razón social de los responsables de la ejecución del plan de manejo. Cuando se trate de un plan de manejo colectivo, los datos a que se refiere el inciso a) de la presente	El Proyecto elaborará y registrará su Plan de Manejo de Residuos Peligrosos conforme a lo establecido en el Reglamento de la LGPGIR, atendiendo los mecanismos que para tal efecto se establecen en este Reglamento.

Versión Pública

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	fracción corresponderán a los de la persona que se haya designado en el propio plan de manejo para tramitar su registro.	
33	Los residuos minero-metalúrgicos se manejarán de acuerdo con los planes de manejo que elaboren los responsables de los procesos que los generen. Estos planes de manejo podrán elaborarse en las modalidades previstas en el presente Reglamento y contendrán: **I.** Los residuos objeto del plan de manejo, así como la cantidad que se estima manejar de cada uno de ellos; **II.** Las actividades a realizar para el manejo integral de dichos residuos, incluyendo los requisitos de manejo ambiental, su gestión administrativa y su forma de verificación por parte de la Secretaría; **III.** La forma de aprovechamiento o valorización, cuando esta sea posible; y **IV.** Los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.	El Plan de Manejo de Residuos Mineros se elaborará conforme a lo estipulado en la NOM-157-SEMARNAT-2009, el cual será presentado ante la SEMARNAT para su registro; así como la reglamentación que fuese aplicable.
34	Para los efectos del artículo 17 de la Ley, por sitio de generación debe atenderse tanto el predio en el que se desarrolla el proceso que da origen a los residuos como aquel en donde se encuentran las instalaciones, en términos de la fracción X del artículo 2 de este reglamento. La disposición final de residuos de la industria minera se efectuará de conformidad con la norma oficial mexicana correspondiente. Los generadores podrán disponer los residuos mineros en minas subterráneas utilizando el proceso de relleno hidráulico o cualquier otro proceso, conforme a lo establecido en las normas oficiales mexicanas que para tal efecto expida la Secretaría. En todo caso, las normas oficiales mexicanas relativas a la disposición final de los residuos señalados en el presente artículo establecerán condiciones de construcción, operación, cierre y, en su caso, almacenamiento temporal que requieran los proyectos.	La disposición final de los residuos mineros se llevará a cabo de acuerdo con lo que especifican las NOM en materia de residuos, vinculadas al presente proyecto. Los residuos mineros objeto de la aplicación del Plan de Manejo de Residuos Mineros que será elaborado y registrado por el Proyecto, corresponden a jales y tepetate, cuya disposición final controlada se realizará respectivamente, en la presa de jales y en la tepetatera, diseñadas y operadas conforme a las NOM que aplican (NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, respectivamente (**Anexo II.14** y **Anexo II.15**).
46	Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán: **I.** Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;	La gestión de residuos generados por el Proyecto se ejecutará mediante la implementación del Plan de Manejo Integral de Residuos; y en el caso de los residuos peligrosos, su manejo y disposición final se

Versión Pública

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	II. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial; **III.** Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes; **IV.** Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables; **V.** Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el artículo 82 del presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley; **VI.** Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable; **VII.** Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley, en este Reglamento y las normas oficiales mexicanas correspondientes; **VIII.** Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando estas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos; y **IX.** Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.	apegarán a los lineamientos del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, conforme al presente artículo establece. El Plan de Manejo Integral de Residuos estará integrado por el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y el Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos. En el caso de los residuos mineros, el manejo y disposición final de los jales se hará conforme a las especificaciones de la NOM-141-SEMARNAT-2003; mientras que el manejo del tepetate se realizará según lo indica la NOM-157-SEMARNAT-2009. Ambos tipos de residuos serán manejados conforme al Plan de Manejo de Residuos Mineros, que será presentado ante la DGGIMAR-SEMARNAT para su registro. La peligrosidad de los residuos mineros (jales y tepetates) ha sido determinada por los procedimientos y criterios normativos citados en la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, respectivamente. En el **Anexo II.10** de esta MIA-R, se presenta el Informe de la caracterización geoquímica del mineral, de la peligrosidad de los jales conforme anexos normativos de la NOM-141-SEMARNAT-2003, y de la peligrosidad del tepetate conforme anexos normativos de la NOM-157-SEMARNAT-2009, los cuales fueron realizados por laboratorios acreditados por EMA y autorizados por PROFEPA.

Versión Pública

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
68	Trata de los requerimientos para dar aviso de suspensión de generación de residuos peligrosos y/o cierre de las instalaciones.	El promovente notificará a la autoridad la suspensión como generador de residuos durante su etapa de cierre y abandono.
71	Establece los datos que deben contener las bitácoras.	El manejo de residuos se apegará a los datos que deban llevar las bitácoras según lo establecido en el presente artículo una vez que se comiencen a generar residuos.
73	La presentación de informes a través de la Cédula de Operación Anual se sujetará al siguiente procedimiento. **I.** Se realizará dentro del periodo comprendido entre el 1 de enero al 30 de abril de cada año, debiendo reportarse la información relativa al periodo del 1 de enero al 31 de diciembre del año inmediato anterior; **II.** Se presentarán en formato impreso, electrónico o través del portal electrónico de la Secretaría o de sus Delegaciones Federales. La Secretaría pondrá a disposición de los interesados los formatos a que se refiere la presente fracción para su libre reproducción; **III.** La Secretaría contará con un plazo de veinte días hábiles, contados a partir de la recepción de la Cédula de Operación Anual, para revisar que la información contenida se encuentre debidamente requisitada y, en su caso, por única vez, podrá requerir al generador para que complemente, rectifique, aclare o confirme dicha información, dentro de un plazo que no excederá de quince días hábiles contados a partir de su notificación; **IV.** Desahogado el requerimiento, se tendrá por presentada la Cedula de Operación Anual y, en consecuencia, por rendido el informe; y **V.** En caso de que el generador no desahogue el requerimiento a que se refiere la fracción anterior, se tendrá por no presentada la Cédula de Operación Anual y, en consecuencia, por no rendido el informe a que se refiere el artículo 46 de la Ley.	Las fechas de entrega de información a la Secretaría como la forma de presentarla se estipulará en el correspondiente Plan de Manejo de Residuos apegándose a las indicaciones del presente artículo.
75	La información y documentación que conforme a la Ley y el presente Reglamento deban conservar los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos y los prestadores de servicios de manejo de este tipo de residuos se sujetará a lo siguiente:	El manejo de la documentación en materia de residuos ligada al Proyecto se archivará en los periodos de tiempo que el presente artículo dicta.

Versión pública

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	I. Las bitácoras de los grandes y pequeños generadores se conservarán durante cinco años; **II.** El generador y los prestadores de servicios de manejo conservarán el manifiesto durante un periodo de cinco años contados a partir de la fecha en que hayan suscrito cada uno de ellos. Se exceptúa de lo anterior a los prestadores de servicios de disposición final, quienes deberán conservar la copia que les corresponde del manifiesto por el término de responsabilidad establecido en el artículo 82 de la Ley; **III.** El generador debe conservar los registros de los resultados de cualquier prueba, análisis u otras determinaciones de residuos peligrosos durante cinco años, contados a partir de la fecha en que hubiere enviado los residuos al sitio de tratamiento o de disposición final; y **IV.** Las bitácoras para el control del proceso de remediación de sitios contaminados se conservarán durante los dos años siguientes a la fecha de liberación del sitio.	
82	Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberá, cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular: **I.** Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento: **II.** Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados; **III.** Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones; **IV.** Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados; **V.** Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de	El almacén temporal de residuos peligrosos se diseñará con las características señaladas en el Artículo 82.

Versión Pública

Cuadro III.20 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño; **VI.** Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia; **VII.** Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados; **VIII.** Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles; **IX.** El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y la altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.	
84	Establecen las condiciones de áreas de almacenamiento de residuos peligrosos, así como los criterios de operación en el manejo integral de los residuos.	El Proyecto contempla un almacén de residuos peligrosos donde se consolidarán embarques para disposición, considerando las condiciones básicas mencionadas en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

Versión Pública

III.5.2.6. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012 y con su última reforma actualizada al 11 de mayo de 2022. Esta ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y zonas sobre las cuales la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. En el **Cuadro III.21** se presenta su vinculación con el Proyecto.

Cuadro III.21 Vinculación del Proyecto con la Ley General de Cambio Climático.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
88	Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del registro.	El promovente dará cumplimiento a estos artículos a través de la entrega de una Cédula de Operación Anual (COA), tramite ante SEMARNAT que sirve para reportar las emisiones. Con la entrega de los registros, se proporciona la información que requiere la SEMARNAT para integrar el registro de emisiones, como señala el Artículo 87 que es de competencia exclusiva de la Secretaría.
89	Las personas físicas o morales que lleven a cabo proyecto o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones, podrán inscribir dicha información en el Registro, conforme a las disposiciones reglamentarias que al efecto se expidan.	

Cabe destacar que esta Ley General de Cambio Climático, en la mayoría de sus artículos corresponden o tratan de atribuciones exclusivas de diferentes niveles de gobierno, con apoyo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), por lo que su vinculación con el Proyecto no le es aplicable ya que solamente se limitaría a acatar las disposiciones que dicha política nacional señale como obligatorias para sus actividades. Por ello, la operación del Proyecto contempla medidas, entre otras, para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, que son responsables del calentamiento global, dichas acciones van encaminadas a controlar las fuentes de las emisiones, que incluirán, entre otras, el plan de acciones de mantenimiento de instalaciones y de vehículos automotores y el uso de diésel UBA producido por PEMEX, u otro similar o superior si fuera el caso, con el propósito de reducir las emisiones de SO_2, que si bien el SO_2 no es un gas con efecto invernadero, su presencia en la atmósfera si tiene influencia en el clima al ser un precursor de aerosoles. El promovente se compromete a seguir con las líneas de acción de estas políticas de mitigación para contribuir al combate nacional y global del cambio climático, las propuestas tecnológicas y el presente estudio donde se vislumbra ya el cierre y abandono luego de la vida útil del Proyecto, son muestras de esto.

Versión Pública

III.5.2.6.1. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático

El Reglamento de la Ley General de Cambio Climático fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014. Este reglamento es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y zonas sobre las cuales la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, tal como se señala en el **Cuadro III.22**.

Cuadro III.22 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
3	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifica como sectores y subsectores en los que se agrupan los Establecimiento Sujetos a Reporte.	El Proyecto entra en la categoría de estos artículos al tratarse de una actividad en la Fracción III Sector industrial, e) subsector industria minera, 3.1. Minería de minerales metálicos, por lo tanto, es un establecimiento sujeto a reporte.
4	Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior.	
5	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento.	Las actividades por desarrollar en el Proyecto incluyen emisiones de compuestos incluidos en la presente norma tales como: • Bióxido de carbono.
6	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente.	La cantidad estimada de emisiones que el Proyecto producirá es mayor a 25,000 toneladas anuales, por lo tanto, entra en la categoría de presentar reporte de emisiones.

Versión Pública

III.5.2.7. Ley de Minería

La Ley Minera fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992 y con su última reforma, actualizada al 8 de mayo de 2023, cambia su denominación a Ley de Minería. Es la Ley reglamentaria del Artículo 27 en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia de todo el territorio nacional. Se sujetarán a las disposiciones de esta Ley, la exploración, el minado y el beneficio de los minerales o sustancias que, en vetas, o mantos, o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos (**Cuadro III.23**). Entre las disposiciones de esta Ley y su Reglamento, se determina la necesidad de disponer y administrar la concesión que otorga la Secretaría de Economía para el minado y beneficio de minerales o rocas y sus productos. El Promovente, ya cuenta con las concesiones pertinentes para llevar a cabo el Proyecto, cuya distribución geográfica se muestra en la **Figura III.5**, mientras que en el **Anexo III.2** se reportado el listado de estas Concesiones con su vigencia.

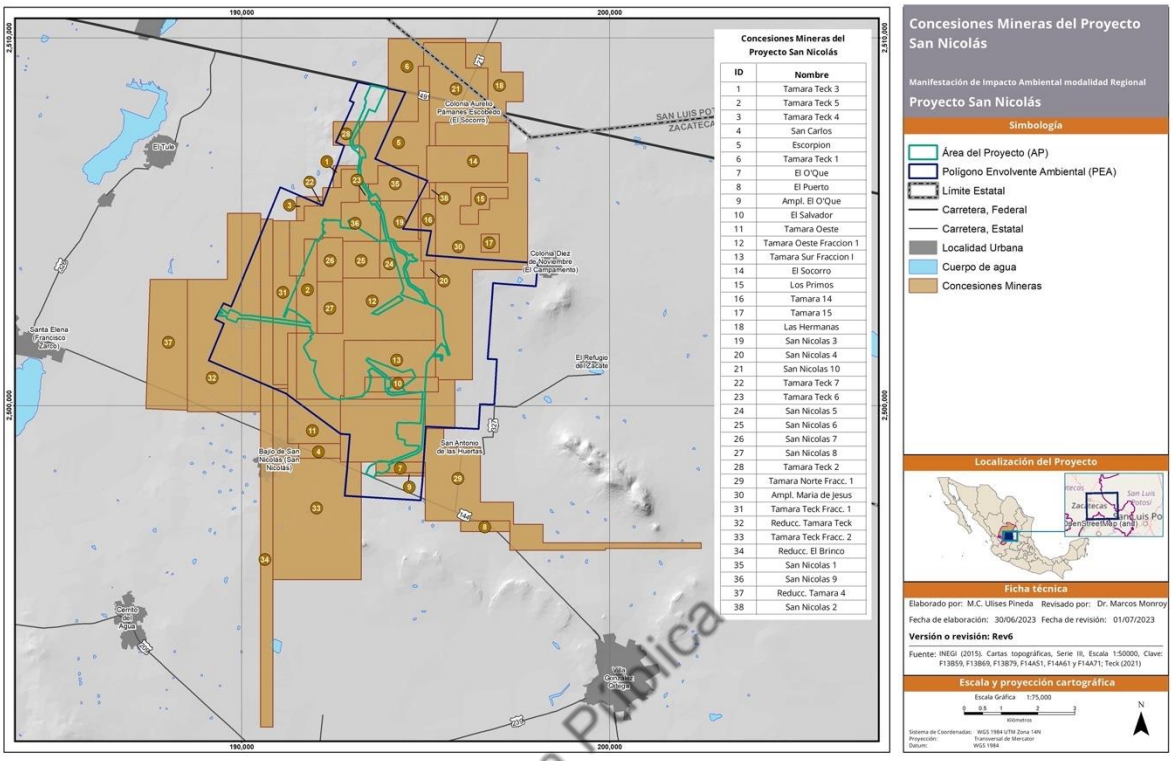


Figura III.5 Concesiones mineras vigentes otorgadas al Promovente para el desarrollo del proyecto San Nicolás.

Versión Pública

Cuadro III.23 Vinculación del Proyecto con la Ley de Minería.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
4	Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes: **I.** Minerales o sustancias de los que se extraigan antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, bromo, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, escandio, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, germanio, hafnio, hierro, indio, iridio, itrio, lantánidos, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niobio, níquel, oro, osmio, paladio, plata, platino, plomo, potasio, renio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, sodio, talio, tantalio, telurio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, zirconio y yodo.	El Proyecto contemplará el minado y beneficio de minerales contenidos en el listado anterior (cobre y zinc), por lo que se considera de jurisdicción federal.

Cuadro III.23 Vinculación del Proyecto con la Ley de Minería.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
13	La Secretaría solo otorgará concesiones mineras mediante concurso de licitación pública que garantice al Estado las mejores condiciones económicas y de beneficio para la población, así como la realización de acciones para preservar, restaurar y mejorar el ambiente, prevenir y controlar la contaminación del aire, agua, suelo y subsuelo, de conformidad con las disposiciones aplicables.	MDSN ya cuenta con las concesiones mineras vigentes (**Figura III.5**) que, en caso de ser autorizado el proyecto, le permitirán entrar en su etapa de extracción de minerales. Esta MIA–R incorpora planes sociales en beneficio de las comunidades, así como medidas de prevención, mitigación, control y compensación para atenuar los impactos ambientales que genere el desarrollo de sus actividades.
19	Las concesiones mineras confieren derecho a: **I.** Realizar obras y trabajos de exploración y de explotación dentro de los lotes mineros que amparen. **V.** Aprovechar las aguas provenientes del laboreo de las minas para la explotación y beneficio de los minerales o sustancias que se obtengan y el uso doméstico del personal empleado en las mismas, siempre que se dé aviso a la Comisión Nacional del Agua y se paguen los derechos por la misma.	El beneficio de minerales del Proyecto demanda la utilización de un volumen de agua, la cual provendrá exclusivamente de las fuentes del agua de laboreo y del agua de contacto que caerá por precipitación directamente sobre las áreas operativas e instalaciones en el AP. Para aprovechar las aguas del laboreo de minas, el Promovente dará aviso a la Comisión Nacional del Agua; e instalará los medidores que le sean requeridos y pagará por el consumo que utilice en sus actividades.
27	Los titulares de concesiones mineras, independientemente de la fecha de su otorgamiento, están obligados a: **IV.** Sujetarse a las disposiciones generales y a las normas oficiales mexicanas aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente. **XIX.** No construir depósitos o sitios de disposición final de terreros, jales, escorias, graseros de las minas y establecimientos de beneficios de los minerales en áreas naturales protegidas, humedales, vasos, cauces, zonas federales, zonas de protección y demás bienes nacionales o en lugares que, por el trayecto que sigan los residuos ante su ruptura, afecten núcleos de población. **XX.** Contar con la autorización del Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre de minas, previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.	El Promovente se sujetará al presente Artículo promoviendo las mejores prácticas en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente. El Proyecto no se encuentra en un ANP, ni humedales ni han sido determinados hasta el momento cauces o zonas federales de aguas nacionales. Además, los depósitos de residuos fueron diseñados con altos estándares de estabilidad estructural, habiéndose concluido la no existencia de un escenario de falla creíble. Su ubicación fue establecida considerando la no afectación a poblaciones humanas o ecosistemas sensibles. Esta MIA–R incluye acciones conceptuales de las etapas de Cierre y Post-Cierre de la mina. Su autorización conlleva a la aprobación de un Programa de Cierre que será presentado por el Promovente a SEMARNAT una vez concluidas las actividades de la etapa de Operación. Adicionalmente y una vez que sea aprobada, se le incorporarán las correcciones y adecuaciones que sean requeridas por la SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro III.23 Vinculación del Proyecto con la Ley de Minería.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
		Adicionalmente, el Proyecto incluye un periodo de monitoreo Post-Cierre durante un periodo de 10 años para dar seguimiento a todas las medidas de mitigación y compensación implementadas al cierre del Proyecto.
39	En las actividades de exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de minerales o sustancias, las personas concesionarias o asignatarias deben preservar, restaurar y mejorar el ambiente, prevenir y controlar la contaminación del aire, agua, suelo y subsuelo, y respetar los derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas, de conformidad con las disposiciones aplicables a la materia.	El Proyecto se ajusta a este Artículo y se procurará el cuidado del medio ambiente y la protección ecológica mediante el adecuado manejo ambiental incluido dentro del Capítulo VI. En su desarrollo, el Promovente será respetuoso de los derechos de las comunidades que pudieran verse afectadas por sus actividades.
61	Corresponde a las personas titulares de las concesiones mineras realizar el cierre de su operación minera en las áreas, labores e instalaciones en que operen, aun cuando éstas se encuentren en posesión de terceros, a través del Plan de Cierre de Mina. Corresponde a la Secretaría la aprobación del Plan de Cierre de Mina, con la opinión de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con relación al Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre correspondiente. El Plan de Cierre tiene por objeto establecer las obligaciones, procedimientos y acciones que deben realizar las personas concesionarias y asignatarias para la reparación, restauración, rehabilitación o remediación ambiental y mitigación o compensación social, una vez que las operaciones mineras concluyan	El Promovente presentará a la consideración de SEMARNAT para su aprobación el Programa de Restauración, Cierre y Post-cierre conforme a los lineamientos actualmente vigentes. En su oportunidad, presentará el Plan de Cierre al que se hace referencia en este ordenamiento y asumirá las obligaciones que le sean aplicables.
62	La persona titular de la concesión debe presentar ante la Secretaría el Plan de Cierre de Mina dentro de los dos años y hasta un año previos al cierre de operaciones.	MDSN presentará ante la Secretaría de Economía el Plan de Cierre de Mina dentro de los plazos previstos en el presente artículo.

Versión Pública

III.5.2.7.1. Reglamento de la Ley Minera

El Reglamento de la Ley Minera fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de octubre de 2012 y su última reforma fue actualizada el 31 de octubre de 2014. Tiene por objeto regular el otorgamiento y administración de las concesiones mineras, y la forma en que se ejercerán y cumplirán los derechos y obligaciones que de ellas deriven (**Cuadro III.24**).

Cuadro III.24 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley Minera.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
25	Quienes estén realizando la exploración o explotación de minerales o sustancias que el Ejecutivo Federal determine como concesibles, podrán ejercer el derecho preferente que confiere el artículo 4, párrafo final de la Ley conforme a lo siguiente: **II.** Deberán acreditar derechos vigentes para llevar a cabo la exploración o explotación de minerales o sustancias de que se traten, conforme al derecho común, así como la realización de estos.	El promovente cuenta con 38 concesiones mineras dentro del AP, las cuales se encuentran al corriente en sus obligaciones.
42	Para el aprovechamiento de las aguas distintas a las provenientes del laboreo de las minas, así como respecto de las aguas superficiales comprendidas dentro del lote minero que ampare la concesión, se estará a lo establecido por la ley de la materia.	El Proyecto utilizará mayormente agua de laboreo para su operación. En menor volumen, utilizará agua de contacto superficial, que recuperará en las obras e instalaciones del Proyecto.

III.5.2.8. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento

Versión Pública

La Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1972 y su última reforma fue actualizada al 19 de febrero de 2021 (**Cuadro III.25**).

Cuadro III.25 Vinculación del Proyecto con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
41	Las disposiciones de este título son aplicables a todas las actividades relacionadas con las armas, objetos y materiales que a continuación se mencionan: **III.** Pólvoras y Explosivos **a.** Pólvoras en todas sus composiciones; **b.** Ácido pícrico; **c.** Dinitrotolueno; **d.** Nitroalmidones; **e.** Nitroglicerina; **f.** Nitrocelulosa: Tipo fibrosa, humectada en alcohol, con una concentración de 12. 2% de nitrógeno como máximo y con 30% de solvente como mínimo. Tipo cúbica (densa-pastosa), con una concentración del 12.2% de nitrógeno como máximo y hasta el 25% de solvente como mínimo; **g.** Nitroguanidina; **h.** Tetril; **i.** Pentrita (P.E.T.N.) o Penta Eritrita Tetranitrada;	El Proyecto contempla voladuras, por lo tanto, se usarán explosivos al iniciar su operación para el descapote y operación de mina. Si fuese necesario, el uso puntual de explosivos durante la construcción (cortes en roca o material tipo c), el subcontratista de movimiento de tierras deberá proveer con el material y el especialista para el manejo de las voladuras. Para este efecto, el promovente obtendrá de manera previa los permisos correspondientes, así como las disposiciones reglamentarias que estos permisos obliguen.

Cuadro III.25 Vinculación del Proyecto con la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	j. Trinitrotolueno; **k.** Fulminato de mercurio; **l.** Nitruros de plomo, plata y cobre; **m.** Dinamitas y amatoles; **n.** Estifanato de plomo; **o.** Nitrocarbonitratos (explosivos al nitrato de amonio); **p.** Ciclonita (R.D.X.). **q.** En general, toda substancia, mezcla o compuesto con propiedades explosivas. **IV.** Artificios **a.** Iniciadores; **b.** Detonadores; **c.** Mechas de seguridad; **d.** Cordones detonantes; **e.** Pirotécnicos. **f.** Cualquier instrumento, máquina o ingenio con aplicación al uso de explosivos. **V.** Substancias Químicas Relacionadas con Explosivos **a.** Cloratos; **b.** Percloratos; **c.** Sodio metálico; **d.** Magnesio en polvo; **e.** Fósforo. **f.** Todas aquellas que por sí solas o combinadas sean susceptibles de emplearse como explosivos.	

Versión Pública

El Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos se publicó en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de mayo de 1972; a la fecha, no han sido publicadas reformas ni actualizaciones a su versión original. Consta de 12 capítulos enfocados, fundamentalmente, al control de armas de fuego. En materia de explosivos, el reglamento los refiere en su Capítulo VII De la Compraventa y sus disposiciones son aplicables a los mineros en pequeño (Artículos 56 a 58). Por esa razón se hace innecesaria su vinculación al Proyecto.

III.5.2.9. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos

La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972 y su última reforma fue actualizada el 16 de febrero de 2018 (**Cuadro III.26**).

Cuadro III.26 Vinculación del Proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
42	En las zonas de monumentos y en el interior y exterior de éstos, todo anuncio, aviso, carteles; las cocheras, sitios de vehículos, expendios de gasolina o lubricantes; los postes e hilos telegráficos y telefónicos, transformadores y conductores de energía eléctrica, e instalaciones de alumbrados; así como los kioscos, templetes, puestos o cualesquiera otras construcciones permanentes o provisionales, se sujetarán a las disposiciones que al respecto fije esta Ley y su Reglamento:	El Proyecto ha realizado el trámite bajo formato INAH-05-001 ante el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) para evaluar la existencia de monumentos históricos y obtener la autorización previa del INAH a la realización de cualquier obra temporal o permanente del Proyecto. El trámite se encuentra actualmente bajo evaluación del INAH y toda actividad del Proyecto será realizada una vez obtenida la autorización y liberación por parte del INAH.
43	En las zonas de monumentos, los Institutos competentes autorizarán previamente la realización de obras, aplicando en lo conducente las disposiciones del Capítulo I.	

III.5.2.10. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas

La Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas fue publicada en el Suplemento del Periódico Oficial del Estado de Zacatecas el 31 de marzo de 2007 y su última reforma fue actualizada el día 9 de enero de 2021 (**Cuadro III.27**).

Versión Pública

Cuadro III.27 Vinculación del Proyecto con la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
14	**V.** Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique, reinvirtiendo los recursos en la propia restauración del daño; **IX.** Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo sustentable, evitando su agotamiento, la generación de efectos ecológicos adversos y contemplando la utilización de tecnología adecuada y que evite la contaminación.	El Proyecto está contemplando las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para el uso de los recursos no renovables sin afectación significativas al medio ambiente durante las diferentes etapas de desarrollo. En el Capítulo VI se presentan el conjunto de medidas de mitigación que serán objeto de aplicación por el Proyecto, así como los Programas y Planes asociados al Programa de Vigilancia Ambiental (ver del **Anexo VI.1** al **Anexo VI.7**).
58	La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría, con la intervención de los Ayuntamientos correspondientes, establecerá las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o	En el caso del aprovechamiento de material pétreo de préstamo de las áreas de obras permanentes del AP, para ser utilizado como material agregado en la construcción de las obras, el Promovente presentará

Cuadro III.27 Vinculación del Proyecto con la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	rebasar los límites y condiciones previstos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, quienes pretendan llevar a cabo algunas de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: ... **III.** Exploración, extracción y procesamiento de minerales o sustancias que constituyen depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su descomposición que puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamento de obras y que no estén reservados a la Federación.	ante la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA) del Gobierno del Estado de Zacatecas, la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente para su evaluación y aprobación.
59	La Secretaría vigilará que las actividades relacionadas con la extracción de minerales se lleven a cabo sin causar daños al equilibrio ecológico y al medio ambiente procurando que: **I.** El aprovechamiento sea racional; **II.** Se eviten daños o afectaciones al bienestar o al patrimonio de las personas; **III.** Se eviten daños o afectaciones a los suelos, flora y fauna silvestre; **IV.** Se eviten graves alteraciones topográficas, o **V.** Se evite la contaminación de las aguas que en su caso sean utilizadas, así como de la atmósfera.	
64	Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 58 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente	

Versión Pública

III.5.2.11. Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas

La Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas fue publicada en el Suplemento al Periódico Oficial del Estado de Zacatecas el 16 de octubre de 2010 y su última reforma fue actualizada el 23 de marzo de 2013 (**Cuadro III.28**).

Cuadro III.28 Vinculación del Proyecto con la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
28	Serán responsables de la formulación y ejecución de los planes de manejo integral de residuos, según corresponda: **I.** Los generadores de residuos de manejo especial; **II.** Los grandes generadores de residuo sólidos urbanos; **III.** Los productores, importadores, exportadores, comercializadores y distribuidores de los productos que, al desecharse, se convierten en residuos sujetos a planes de manejo, de conformidad con la legislación ambiental; **IV.** Los centros de acopio de residuos sólidos urbanos y de manejo especial; y **V.** Los establecimientos dedicados a proporcionar el servicio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	El Promovente al ser generador de residuos de manejo especial y generador de residuos sólidos urbanos, formulará y elaborará un Plan de Manejo Integral de Residuos, que integrará además de los residuos mencionados, a los residuos peligrosos.
30	El plan de manejo además de contar con lo previsto por la Ley General de Residuos deberá cubrir como mínimo los siguientes aspectos: **I.** Diagnóstico básico para sustentar la planeación del desarrollo de sistemas de gestión integral de residuos: Situación de la generación y manejo de los residuos; Infraestructura disponible para el manejo de los residuos y capacidad instalada, y Problemática vinculada al manejo inadecuado de estos residuos, y alternativas de manejo, minimización de generación de residuos y valorización de los mismos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el diagnóstico básico. **II.** Delimitación clara y especifica de los residuos que forman parte del plan de manejo; **III.** Procedimientos ambientalmente adecuados de acopio, almacenamiento, transporte y disposición final adecuada de productos y residuos de un mismo tipo o compuestos de los mismos materiales para su envío a reciclado o tratamiento de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y demás normatividad aplicable; **IV.** Estrategias y medios a través de los cuales se comunicará a los consumidores de productos que al desecharse se someten a los planes de manejo integral de residuos, las	El promovente se da por enterado del presente artículo para el contenido del Plan de Manejo Integral de Residuos y del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial. Los planes se apegarán totalmente a las Normas y reglamentos que aplican, para tener su registro por las entidades estatales y federales que corresponden.

Versión Pública

Cuadro III.28 Vinculación del Proyecto con la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	acciones que deben realizar para devolverlos a los proveedores, a los centros de acopio destinados para tal fin o a los servicios de limpia, según corresponda; **V.** Instrumentos económicos que, en su caso, se aplicarán para sustentar los planes, ya sean instrumentos fiscales, financieros o de mercado; **VI.** Listado de las partes que intervengan en su formulación e instrumentación, y **VII.** Obligaciones y facultades de cada uno de los integrantes del plan de manejo.	
33	Los planes de manejo serán presentados por los generadores, a la Secretaría, quien contará con un plazo de 30 días hábiles a partir de la recepción, para someter la propuesta a la aprobación del Ayuntamiento correspondiente a fin de que ambas autoridades realicen comentarios u observaciones sobre su contenido. Párrafo reformado POG 23-03-2013. El Ayuntamiento contará con 10 días hábiles para presentar sus observaciones a la Secretaría y consultarán grupos interdisciplinarios e interinstitucionales, para la evaluación de los planes de manejo integral de residuos sujetos a su aprobación. Párrafo reformado POG 23-03-2013 Si transcurrido el plazo señalado en el párrafo anterior, las autoridades no entregan sus observaciones, se entenderá que el plan de manejo integral fue aprobado.	El Plan de manejo se presentará ante la SAMA del Estado de Zacatecas en los tiempos que el presente artículo establece para su aprobación y registro.
34	Las personas obligadas a presentar el plan de manejo integral de residuos serán las que se encuentren dentro de la siguiente clasificación: **IV.** Gran generador. - Persona física o moral que genera una cantidad de 500 o más kilogramos de residuos sólidos urbanos y de manejo especial al año o su equivalente en otra unidad de medida.	El Proyecto se define como Gran generador por lo tanto se presentará un Plan de Manejo y Gestión de Residuos como el presente artículo lo indica.
58	Los establecimientos para el reciclado, tratamiento y disposición final de residuos deberán: **I.** Obtener registro para realizar dichas actividades ante el Instituto; **II.** Ubicarse en zonas apropiadas de conformidad con lo dispuesto en el ordenamiento territorial y planes de desarrollo urbano, y en lugares que reúnan los criterios que establezcan la normatividad aplicable; **III.** Contar con la infraestructura y programas para prevenir y responder a contingencia o emergencias ambientales y accidentes; **IV.** Contar con personal capacitado y continuamente actualizado; **V.** Contar, en su caso, con garantías financieras para asegurar que al cierre de las operaciones sus instalaciones queden	El Proyecto gestionará los residuos de manejo especial de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011, presentando para estos propósitos un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial para su Registro ante la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA) del Estado de Zacatecas; el cual estará en apego a lo establecido por esta Ley.

Versión Pública

Cuadro III.28 Vinculación del Proyecto con la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	libres de residuos y no presenten niveles de contaminación que puedan representar un riesgo para la salud y el ambiente.	

III.5.2.11.1. Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas

El Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas fue publicado en su Última reforma, mediante Decreto Gubernativo, publicado en el suplemento 22 al 105 del Periódico Oficial del Gobierno del Estado, correspondiente al día 31 de diciembre de 2014 (**Cuadro III.29**).

Cuadro III.29 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas.

Versión Pública

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
41	Los residuos de manejo especial comprenden las categorías que se indican a continuación: **Categoría I.** Residuos de procesos: Los generados en el conjunto de actividades productivas relativas a la extracción, producción, obtención elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, ensamblado, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de materias primas, productos y servicios; y **Categoría II**. Residuos de consumo: Los derivados de la eliminación de materiales, productos y de sus envases y embalajes, que corresponden a los residuos sólidos urbanos generados por grandes generadores.	Por las características del Proyecto, aplicará la Categoría I, a la cual pertenecen los residuos de manejo especial que genere.

Cuadro III.29 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
42	Las personas físicas o morales que de acuerdo con la Ley General son consideradas como grandes generadoras de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para los efectos de este Reglamento se clasifican como sigue: **I.** Categoría A. Quienes generen más de 1 tonelada por día o más de 366 toneladas por año; **II.** Categoría B. Quienes generen más de 250 kilogramos hasta 999.99 kilogramos por día o más de 91 hasta 366 toneladas por año; y **III.** Categoría C. Quienes generen más de 27.5 hasta 250 kilogramos por día o más de 10 hasta 91.00 toneladas por año.	El Proyecto, en su momento, determinará la categoría a la cual pertenece considerando la generación estimada de los residuos de manejo especial. Se elaborará y registrará el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial.
65	Los generadores de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y de residuos peligrosos competencia del Estado, están obligados a entregarlos a los servicios públicos o privados autorizados a llevar a cabo su recolección y manejo integral, salvo que se trate de residuos sujetos a un plan de manejo notificando a la Secretaría en el cual se sometan a intercambio, donación o valorización aprobado por esta.	El Proyecto presentará los correspondientes planes de manejo de residuos de manejo especial y de manejo integral de residuos para su registro en la modalidad que corresponda. Durante la aplicación de estos planes, el promovente firmará convenios o contratos con empresas privadas autorizadas para el manejo, transporte y disposición final de los residuos; así como también será responsable de presentar los correspondientes informes a las dependencias de gobierno.
67	Los grandes generadores de residuos sólidos urbanos como edificios multifamiliares, condominios, rastros, mercados y demás establecimientos comerciales, industriales y de servicios, deberán contar con contenedores con tapa y sitios de acopio accesibles a los servicios de recolección de los residuos, en los cuales se prevenga la entrada de animales o desarrollo de fauna nociva.	El Proyecto tiene contemplado una serie de procedimientos de almacenamiento de residuos los cuales se incluyen en el Plan de Manejo Integral de Residuos.

Versión Pública

III.5.3. Planes y Programas

III.5.3.1. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019. Este día también se publicó el Acuerdo por el cual se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. El Plan establece los objetivos y estrategias nacionales que son la base de los programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales.

El Proyecto se vincula con lo que dicta el Eje General 3, que se refiere al Desarrollo Económico y cuyo objetivo general es:

> *Incrementar la productividad y promover un uso eficiente y responsable de los recursos para contribuir a un crecimiento económico equilibrado que garantice un desarrollo igualitario, incluyente, sostenible y a lo largo de todo el territorio.*

El siguiente Objetivo de este Eje 3, menciona:

> ***Objetivo 3.2*** *Propiciar un ambiente que incentive la formalidad y la creación de empleos y que permita mejorar las condiciones laborales para las personas trabajadoras.*

Versión Pública

Es importante mencionar que este Objetivo en particular se encuentra vinculado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que dicta lo siguiente:

> ***ODS 8****. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.*

La actividad minera ha sido históricamente promotora del crecimiento económico de algunos estados y regiones. En el caso del Proyecto, se estima que también será un promotor del desarrollo económico de su área de influencia económica y social, a través de la generación de empleos directos y los correspondientes indirectos asociados, así como del incremento del número de habitantes con seguridad social. Con el desarrollo del Proyecto se tendrá la contratación entre 700 y 900 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años) y un promedio de 450 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación y mantenimiento. Este número de empleos directos representa el número de familias que incrementan con acceso a servicios de salud en la región.

A este número de empleos directos, se asocian los empleos indirectos en una tasa de al menos 4 empleos indirectos por cada empleo directo. Con el empleo directo se incrementarán los beneficios por el salario neto que recibirán los empleados, que será de mayor beneficio que el

ingreso promedio actual por las labores relacionadas en el campo. Tomando como base la información obtenida en el trabajo de campo, durante el año 2019, el promedio de ingresos mensuales oscila entre $2,400 y $4,700 por persona ocupada. La localidad con mayor ingreso mensual, según los entrevistados, corresponde a Bajío de San Nicolás con $4,690, el menor ingreso mensual es para El Refugio del Zacate con $3,000 pesos, la Colonia los Rivera con $2,465 y Colonia Aurelio Pámanes Escobedo con $2,527 pesos.

Debe señalarse que, en referencia a los ingresos de la población, las fuentes de ingresos responden a diversas actividades y medios de vida, principalmente como producto del trabajo en el campo, con el 58% de las familias dentro del SAR dependientes del ingreso del principal proveedor familiar, es decir una persona.

Cabe destacar que el índice de rezago social (IRS) en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera se ha mantenido en un nivel bajo a muy bajo durante los últimos 20 años, lo cual expresa un grado de pobreza bajo, coincidiendo con el porcentaje de población en situación de pobreza y de pobreza extrema, que ha disminuido en cerca de 5 puntos porcentuales durante los últimos 15 años. Específicamente haciendo referencia a los municipios ubicados en el SAR, para el año 2015, los porcentajes de la población que se ubicaba por debajo de la línea de la pobreza eran: 85% en Villa Ramos; 72% en General Pánfilo Natera; 69% en Villa González Ortega; 66% en Salinas y 63% en Ojocaliente.

Versión Pública

Además de la mejora de la calidad de vida asociado al incremento del ingreso económico mensual por familia, se tendrá el beneficio del contar con la adscripción a la seguridad social y con ello, a servicios de salud oficiales.

El desarrollo del Proyecto incluye acciones para la protección de la biodiversidad, a través de la ejecución de los programas de rescate y de reubicación de la flora y de la fauna silvestres, así como la aplicación de acciones y medidas de mitigación a los impactos en recursos como aire, suelo y agua.

Por el tipo de Proyecto, en los costos de inversión y de operación, se han incluido los costos asociados a la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación a los impactos provocados por el Proyecto, durante el aprovechamiento de los recursos minerales, implementando las mejores prácticas nacionales e internacionales.

El Proyecto también estima tener una influencia favorable en el desarrollo económico local y regional, a través del consumo de bienes y servicios locales y regionales, particularmente durante las etapas de preparación del sitio y de construcción.

[redacted], está comprometida con prácticas responsables en todas sus actividades. Las políticas de sostenibilidad de la empresa están alineadas a través, entre otros, de los siguientes documentos:

- Política de cambio climático; que incluye la reducción de emisiones, la adaptación a los impactos físicos y la promoción de una acción global para limitar el calentamiento global a 1.5 ° C.
- Código de Conducta Sustentable; enfocándose en el desempeño comunitario y ambiental.
- Código de ética; caracterizado por altos estándares morales y éticos, mediante la conducta y el comportamiento empresarial básico.
- Política de salud y seguridad; proporcionar liderazgo y recursos para afianzar el valor fundamental de la seguridad.
- Política de derechos humanos; respetar los derechos de los empleados, de las comunidades locales en los sitios de los proyectos y de otras personas afectadas por las actividades de la empresa.
- Política de pueblos indígenas; el respeto de los derechos, culturas, intereses y aspiraciones de los pueblos indígenas.
- Política de inclusión y diversidad; apoyo al lugar de trabajo inclusivo y diverso que reconoce y valora la diferencia.
- Política de agua; protección del agua y de la vida que sustenta manteniéndose como líder de la industria minera en la administración del agua.

Versión Pública

III.5.3.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020 – 2024

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020–2024 (PROMARNAT) se deriva del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019–2024 y fue publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 7 de julio de 2020. El PROMARNAT pretende contribuir a los objetivos establecidos en el PND como parte del Segundo Eje de Política Social relativo al Desarrollo Sostenible. Para ello, ha establecido cinco objetivos prioritarios:

1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.

2. Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.
3. Promover el agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.
4. Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.
5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

Cabe destacar que, para el desarrollo del Proyecto, se tiene contemplado implementar acciones y programas que se vinculan con los objetivos prioritarios 2, 3, 4 y 5 establecidos en el PROMARNAT 2020–2024. Esta vinculación se explica en los siguientes párrafos:

Versión Pública

> ***Objetivo PROMARNAT 2020 – 2024 2.-*** *Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.*

El Proyecto considera el uso de algunos equipos, para el minado propulsados por energía eléctrica, tal como perforadoras y palas retroexcavadoras. Durante el desarrollo de la Fase de Factibilidad (FS), se definirán estos equipos. Con ello, se reduce el consumo de diésel con la consecuente disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

> ***Objetivo PROMARNAT 2020 – 2024 3.-*** *Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.*

El diseño del Proyecto optimiza el uso del recurso hídrico mediante el aprovechamiento del agua de laboreo y del agua de contacto como únicas fuentes del suministro para su desarrollo. El sistema de recuperación del agua de proceso y de captación eficiente del agua de contacto, así como la implementación del sistema de manejo de agua en piletas, minimizará el volumen de agua de reposición, así como evitará la descarga de aguas de proceso, manteniendo un circuito cerrado eficiente. La implementación del Programa Social de Acceso al Agua está conceptualizada para

asegurar, a las comunidades, el suministro y distribución del recurso hídrico de manera confiable, suficiente, salubre, aceptable y asequible.

> ***Objetivo PROMARNAT 2020 – 2024 4.-*** *Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.*

Las medidas de prevención, control, monitoreo y mitigación de los impactos ambientales, que se pudieran derivar del Proyecto se han diseñado para preservar las condiciones del entorno determinadas con relación a la calidad de los medios en los estudios de línea base ambiental y social.

> ***Objetivo PROMARNAT 2020 – 2024 5.-*** *Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.*

El Proyecto ha implementado y mantenido un proceso informativo y de diálogo participativo, con las comunidades incluidas dentro de su AI, así como con diversos grupos de interés. Algunos de los resultados de este proceso se muestran en otras secciones del presente documento. Adicionalmente, buscará coordinar con las autoridades competentes para implementar medidas de consulta y participación social en los términos de la legislación aplicable.

Versión Pública

III.5.3.3. Programa Nacional Hídrico 2020–2024

El Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020–2024, es un programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019–2024 encaminado a enfrentar los problemas del agua que permitirán reducir las brechas de inequidad y avanzar en la seguridad hídrica del país con un enfoque de derechos humanos que coloca en el centro de las prioridades a las personas; bajo las perspectivas territorial, multisectorial y transversal. Fue publicado en el Diario Oficial de la Federación mediante el Acuerdo de fecha 30 de diciembre de 2020. El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020–2024 (PROMARNAT) orienta la visión del sector hídrico a partir de la política ambiental. La vinculación de la política hídrica con la política ambiental se considera prioritaria para el aprovechamiento de la riqueza natural en beneficio de las comunidades marginadas y para el combate a la pobreza.

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, la CONAGUA desempeña sus funciones a través de 13 Organismos de Cuenca, cuyos ámbitos de competencia son las 13 Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA). El Proyecto se ubica dentro de la RHA VII Cuencas Centrales del Norte que se considera con un grado de presión alto (48%) respecto a la disponibilidad del recurso hídrico.

El PNH 2020–2024 busca atender los 5 problemas públicos que se describen a continuación:

1. Acceso a los servicios de agua potable y saneamiento insuficiente e inequitativo.
2. Uso ineficiente del agua que afecta a la población y a los sectores productivos.
3. Pérdidas humanas y materiales por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
4. Deterioro cuantitativo y cualitativo del agua en cuencas y acuíferos.
5. Condiciones institucionales y de participación social insuficientes para la adecuada toma de decisiones y el combate a la corrupción.

El PNH 2020–2024 privilegia una visión en la que deberán coexistir los enfoques de transversalidad y territorialidad y establece 5 objetivos prioritarios para atender la problemática identificada:

1. Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable.
2. Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos.
3. Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y afromexicanos.
4. Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos.
5. Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción.

Versión Pública

Cada uno de estos objetivos prioritarios se traducen en Estrategias Prioritarias y Acciones Específicas. El Proyecto se vinculará a estas estrategias y acciones conforme se indica a continuación:

> ***Estrategia prioritaria 1.1 Proteger la disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos para la implementación del derecho humano al agua.***
>
> ***Acción Puntual 1.1.2*** *Regularizar concesiones y asignaciones otorgadas a comunidades marginadas, en particular pueblos indígenas y afromexicanos, para proteger sus derechos.*

Como parte de las actividades iniciales de campo del Proyecto, se levantó un censo preliminar de los aprovechamientos existentes. Esta información se completará y se tendrá disponible garantizando los derechos de las comunidades.

Estrategia prioritaria 1.2 Abatir el rezago en el acceso al agua potable y al saneamiento para elevar el bienestar en los medios rural y periurbano.

Acción Puntual 1.2.1: *Reconocer y fortalecer a las organizaciones comunitarias de agua y saneamiento, en particular pueblos indígenas y afromexicanos, buscando la participación activa y paritaria de las mujeres.*

El Proyecto, como parte de sus acciones de relacionamiento con las comunidades, ha establecido alianzas con las Organizaciones Comunitarias de Servicio de Aguas y Saneamiento (OCSAS) de las comunidades adyacentes al AP. Dichas acciones han conducido al establecimiento de convenios de apoyo que refuerzan su accionar.

Estrategia prioritaria 1.4 Atender los requerimientos de infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades presentes y futuras.

Acción Puntual 1.4.1 *Identificar los requerimientos de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales en los centros de población.*

Una parte esencial del Programa Social de Acceso al Agua que el Proyecto pretende implementar es la identificación de las necesidades de infraestructura hidráulica que garanticen dicho acceso en condiciones de equidad y asequibilidad. A partir de esta identificación se estructurarán convenios de cooperación con las comunidades y con las autoridades municipales y estatales competentes, para ejecutar las mejoras a la infraestructura hidráulica que sean requeridas y acordadas como parte del Programa Social de Acceso al Agua.

Versión Pública

Estrategia prioritaria 2.2 Fortalecer a las asociaciones de usuarios agrícolas a fin de mejorar su desempeño.

Acción Puntual 2.2.3 *Fomentar la capacitación de los usuarios agrícolas para el uso de mejores prácticas y nuevas tecnologías.*

Como parte de su Plan de Inversión Social, el Proyecto ha iniciado con la implantación consensuada de capacitación para la mejora en las prácticas silvícolas, agrícolas y ganaderas de las comunidades dentro de su área de influencia. Una vez que se cuente con la autorización del proyecto, en materia de impacto ambiental, se intensificará el esfuerzo relacionado con la optimización en el uso del recurso hídrico ya que se estima que, con las prácticas agrícolas actuales, se pueden tener pérdidas de hasta el 40% de este recurso.

Estrategia prioritaria 4.1 Conservar cuencas y acuíferos para mejorar la capacidad de provisión de servicios hidrológicos.

Acción Puntual 4.1.5 *Impulsar la protección de las zonas de recarga de acuíferos e incentivar la recarga inducida.*

En cumplimiento con los ordenamientos aplicables, el Proyecto pondrá a la disposición de CONAGUA los excedentes de la extracción del agua de laboreo que no sean utilizados por la mina. En este documento se proponen los sitios de descarga del agua de laboreo excedente recomendados dentro del PEA del Proyecto; En coordinación con esta dependencia, se definirán los puntos de descarga a cauces naturales que promuevan la recarga de acuíferos y optimicen su aprovechamiento.

Estrategia prioritaria 5.1 Garantizar el acceso a la información para fortalecer el proceso de planeación y rendición de cuentas.

Acción Puntual 5.1.5 *Fortalecer y socializar el sistema de gestión de proyectos del sector hídrico orientado a que la población que será beneficiaria de un proyecto pueda tener un rol vigilante.*

Desde el inicio de sus actividades, el Proyecto ha impulsado un esquema participativo con las comunidades, en principio, en lo que se refiere al censo de aprovechamientos existentes y a los puntos de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas. Una vez que el Proyecto sea autorizado, este esquema se ampliará para que, en la toma de decisiones relativas a las mejoras de la infraestructura hidráulica, participen activamente las comunidades que serían beneficiadas, como parte del Programa Social de Acceso al Agua.

Versión Pública

III.5.3.4. Programa Hídrico Regional 2021 – 2024; Región Hidrológica Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte

En cumplimiento con el artículo 15 de la Ley de Aguas Nacionales, se han elaborado los Programas Hídricos Regionales 2021-2024 (PHR) que se conciben como instrumentos participativos, normativos y congruentes con una estrategia nacional para administrar el agua de acuerdo con las necesidades específicas de cada región. Los PHR se alinean con el Programa Nacional Hídrico 2020-2024 (PNH), con el Programa de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT) y con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND), por lo que sus objetivos generales contribuyen al cumplimiento de los objetivos prioritarios establecidos en el PNH, guardando un enfoque regional y por cuenca, a fin de acotar la aportación que cada una de las 13 Regiones Hidrológico Administrativas realice para contribuir al bienestar nacional. En este sentido, la Comisión Nacional del Agua, con fecha 27 de mayo de 2022, puso a disposición del público los PHR correspondientes a las 13 Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA) en las que se ha dividido al país.

El Proyecto se ubica dentro de la RHA VII Cuencas Centrales del Norte que se considera con un grado de presión alto (48%) respecto a la disponibilidad del recurso hídrico. El PHR 2021-2024 de la Región Hidrológico-Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte establece como prioridades en la gestión hídrica el derecho humano al agua y la seguridad hídrica de la población

residente en las cuencas Nazas-Aguanaval y El Salado, el cuidado de los ecosistemas naturales asociados al recurso agua y la continuidad de las actividades económicas que se realizan en esta región. Este PHR se fundamenta en 4 ejes de planeación para establecer los objetivos, las estrategias, acciones y actividades colectivas que lo integran. Dichos ejes son los siguientes:

- Eje 1 Derecho Humano al Agua para avanzar plenamente a este Derecho en toda la Región, previsto en el artículo 4 constitucional.
- Eje 2. Productividad del agua buscando la seguridad hídrica y sostenibilidad de las actividades productivas.
- Eje 3 Sustentabilidad del agua considerando el ciclo del agua y los efectos del cambio climático.
- Eje 4 Partes interesadas para fomentar la gestión incluyente y la gobernanza del agua.

El principal elemento integrador en una cuenca hidrológica es el agua. Para su planificación y manejo, las cuencas son subdivididas en Unidades de Planeación (UP) con el objeto de focalizar esfuerzos y encauzar recursos hacia áreas con criterios de demanda, orden, dimensiones y complejidad. Por su ubicación, el Proyecto pudiera incidir sobre las UP Cuenca El Salado SLP y Cuenca El Salado Zacatecas. Es por ello que, se vinculará con los objetivos, estrategias y líneas de acción del PHR de la RHA VII Cuencas Centrales del Norte conforme se describe en los párrafos siguientes:

Versión Pública

> ***Objetivo VI.1:*** *Garantizar los derechos humanos al agua mediante el suministro de agua de calidad, identificación de fuentes alternas y al saneamiento especialmente a la población más vulnerable de la región CCN.*
>
> ***Estrategia VI.1.1.*** *Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable.*
>
> ***Línea de Acción VI.1.1.1.*** *Construir, Ampliar y/o Rehabilitar la red de infraestructura necesaria para otorgar el servicio de Agua Potable.*

La medida de compensación principal que se plantea en el Capítulo VI, para garantizar el acceso al agua en las comunidades que pudieran resultar afectadas, incluye la identificación de las necesidades de la infraestructura hidráulica pública. A partir de esta identificación participativa, se plantearán soluciones que sean aceptables tanto para las autoridades como para las comunidades. El seguimiento a su implementación se llevará a cabo de manera conjunta mediante la consolidación de alianzas y la firma de los convenios que sean requeridos.

> ***Objetivo VI.2:*** *Lograr un aprovechamiento más eficiente conforme a las disponibilidades y a los Objetivos del Desarrollo Sostenible.*

Estrategia VI.2.3. *Utilizar sustentablemente el agua para impulsar el desarrollo en zonas con o sin disponibilidad.*

Línea de Acción VI.2.3.2. *Promover la reconversión de cultivos en función de la disponibilidad de agua y propiciar su valoración económica en el riego.*

Como parte de su estrategia de relacionamiento comunitario, el Proyecto San Nicolás ha involucrado a expertos locales para que, con la aceptación de los habitantes de las comunidades, se busquen opciones rentables y productivas para las actividades tanto agrícolas como ganaderas. De ser aprobado el Proyecto, se intensificará este esfuerzo, en conjunto con las autoridades e instituciones competentes, para coadyuvar en la implementación de la Estrategia VI.2.3.

Objetivo VI.4: *Ejecutar acciones integrales en cuencas y acuíferos.*

Estrategia VI.4.1. *Mejorar la calidad del agua en cuencas y acuíferos.*

Línea de Acción VI.4.1.1. *Fortalecer la medición a tiempo real y la evaluación de la calidad de las aguas superficial y subterráneas y sus principales fuentes de contaminación.*

Versión Pública

El establecimiento de la red de monitoreo para aguas superficiales y para aguas subterráneas, propuesta por el Proyecto, junto con el Programa de Monitoreo que forma parte del Programa de Vigilancia Ambiental podrán contribuir a la implementación de la Línea de Acción VI.4.1.1. Es por ello que, su desarrollo se llevaría a cabo de manera participativa y coordinada con las autoridades y con las comunidades.

Objetivo VI.5: *Mejorar la gobernanza del agua conforme a la nueva legislación a fin de fortalecer la toma de decisiones y el combate a la corrupción.*

Estrategia VI.5.4. *VI.5.4. Dar continuidad a los programas de inspección y vigilancia en las zonas geohidrológicas de la Región VII.*

Línea de Acción VI.5.4.1. *Diseñar e instrumentar redes Piezométricas en los acuíferos, principalmente en los sobreexplotados.*

La red piezométrica que el Proyecto propone para el monitoreo de los niveles estáticos del Acuífero La Blanca podría complementar al sistema que CONAGUA tiene establecido en el AI del Proyecto. De ser aprobado, se establecería la coordinación necesaria con esta dependencia para optimizar el uso de la información recabada.

III.5.3.5. Estrategia Nacional de Cambio Climático

El Acuerdo mediante el cual se expide la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) fue publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 3 de junio de 2013. Es el instrumento de

planeación que define la visión de largo plazo y que rige y orienta la política nacional con una ruta a seguir para establecer prioridades nacionales de atención y para definir criterios de identificación de las prioridades regionales. Debido a su carácter orientador, la ENCC no define acciones concretas ni responsables particulares, sino que establece los pilares de la política nacional de cambio climático que sustentan los ejes estratégicos en materia de adaptación que dirigen hacia un país resiliente y los de mitigación que conducen hacia un desarrollo bajo en emisiones.

La ENCC define seis Pilares de la política nacional de cambio climático (P), tres Ejes Estratégicos en el tema de adaptación (A) que nos dirigen hacia un país resiliente y cinco Ejes Estratégicos en materia de mitigación (M) que nos llevan a un desarrollo bajo en emisiones. Para el caso del Proyecto, su desarrollo se ajusta, genérica y específicamente, a las disposiciones de la ENCC mediante la vinculación que se presenta a continuación:

> ***Eje Estratégico de Adaptación A3:*** *Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.*
>
> ***Línea de Acción A3.11:*** *Garantizar la protección ambiental de los ecosistemas ante proyectos de obra pública y servicios industriales y productivos (mineros, textiles, cementeros, energéticos, agropecuarios, turísticos, entre otros) mediante la incorporación de criterios de cambio climático en instrumentos de planeación y el ordenamiento ecológico del territorio.*

Versión Pública

En la evaluación de los impactos ambientales, asociados al desarrollo del Proyecto, se han incorporado los posibles escenarios derivados del cambio climático tomando como referencia las proyecciones desarrolladas por la Red Mexicana de Modelación del Clima. Adicionalmente, y en las medidas de mitigación que se proponen en el Capítulo VI de este documento, se han ponderado los escenarios propuestos en el Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático (IMTA–2015) para coadyuvar con medidas adaptativas que mantengan el grado de riesgo social e hídrico, dentro del AI del Proyecto, en niveles aceptables.

III.5.3.6. Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2021–2024 se deriva del PND 2019–2024 y fue publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 8 de noviembre de 2021. Conforme a los dispuesto en el Artículo 66 de la LGCC, el PECC debe de ser elaborado por la SEMARNAT con la participación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). La LGCC, también, señala la necesidad de contar con instrumentos de planeación de corto, mediano y largo plazo para la dirección de la acción climática. Para esto indica que deben existir cinco instrumentos de planeación: 1) la Estrategia Nacional; 2) el Programa Especial; 3) la Política Nacional de Adaptación; 4) las contribuciones determinadas a nivel nacional; y los Programas de las entidades federativas.

Para el caso del Proyecto, su desarrollo contribuirá a los objetivos del PECC 2021–2024 mediante la vinculación que se presenta a continuación:

> ***Estrategia prioritaria 1.2.-*** *Promover la gestión integrada de los recursos hídricos del país considerando aspectos de cantidad y calidad de agua que aseguren el acceso equitativo de la población y sectores productivos, así como el mantenimiento de los servicios ambientales.*
>
> ***Acción Puntual 1.2.3*** *Delimitar cauces y cuerpos de agua de propiedad nacional y sus zonas federales.*
>
> ***Acción Puntual 1.2.5*** *Identificar los requerimientos de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales en los centros de población.*

Como parte de la etapa de investigación y estudios de campo, no existen cauces permanentes ni cuerpos de agua perennes, en seguimiento a la información pública obtenida a través de SIATL se han identificado cauces de carácter intermitente de orden 1 a 4 en el Área del Proyecto.

Una parte esencial del Programa Social de Acceso al Agua que el Proyecto pretende implementar, es la identificación de las necesidades de infraestructura hidráulica que garanticen dicho acceso en condiciones de equidad y asequibilidad. A partir de esta identificación se estructurarán convenios de cooperación, con las comunidades y con las autoridades competentes, para ejecutar las mejoras a la infraestructura hidráulica que sean requeridas y acordadas como parte de este Programa Social de Acceso al Agua.

Versión Pública

> ***Estrategia prioritaria 1.6.-*** *Generar e integrar conocimiento científico, así como diseñar metodologías y herramientas que apoyen la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático.*
>
> ***Acción Puntual 1.6.3*** *Fomentar el intercambio de información relativa al agua con las diferentes dependencias de la administración pública y con la sociedad.*

Como parte de la infraestructura que el Proyecto instaló para el desarrollo de la línea base, se cuenta con una estación meteorológica dentro del Polígono Envolvente Ambiental (PEA). Una vez que se cuente con la autorización del Proyecto, en materia de impacto ambiental, se analizará, con CONAGUA, la posibilidad de ligar dicha estación a su sistema para que pueda aportar datos adicionales al monitoreo de variaciones climáticas.

> ***Estrategia prioritaria 2.1.-*** *Impulsar la transición energética justa con énfasis en fuentes limpias, bajo un enfoque de derechos humanos para promover su generación y uso sustentable e incluyente.*
>
> ***Acción Puntual 2.1.10*** *Impulsar la colaboración de las instituciones de educación superior hacia un proyecto de transición energética de alcance nacional, que incluya el desarrollo e instalación de*

paneles solares en todos los planteles, el reciclaje de la basura orgánica y la instalación de sistemas de ahorro y el aprovechamiento de agua de lluvia.

Como parte de su Programa de Inversión Social y en acuerdo con las comunidades aledañas y los Comités Escolares, el Proyecto ha implementado diversas acciones para fomentar la educación y colaborar con diversas mejoras en sus planteles educativos. De ser autorizado el Proyecto, se estudiará la posibilidad de coadyuvar en la ejecución de esta acción puntual.

Estrategia prioritaria 3.3.- *Incorporar un enfoque integral de calidad del aire y cambio climático para el desarrollo de políticas y acciones que potencien beneficios en la salud pública y ambiental.*

Acción Puntual 3.3.1 *Promover y apoyar técnicamente a los gobiernos locales en la elaboración y aplicación de los ProAire y cuantificar su contribución a la mitigación del cambio climático, correspondiente a la reducción de CCVC: $PM_{2.5}$, Óxidos de nitrógeno y Compuestos orgánicos volátiles.*

Acción Puntual 3.3.6 *Verificar e impulsar el cumplimiento de la normativa en materia de estaciones de monitoreo de la calidad del aire.*

Una vez que el Proyecto obtenga la autorización en materia de impacto ambiental, la red de monitoreo de calidad del aire actualmente instalada podrá contribuir a la implementación de la Acción Puntual 3.3.1.

Versión Pública

Estrategia prioritaria 4.6.- *Fomentar la difusión, divulgación y educación ambiental para generar una cultura climática en el país y ciudadanizar la política pública frente al cambio climático.*

Acción Puntual 4.6.4 *Desarrollar campañas de difusión y sensibilización con contenidos generales y específicos sobre cambio climático, con énfasis en los conceptos de resiliencia, mitigación y adaptación con el fin de contribuir y fortalecer la conciencia social y brindar herramientas para enfrentar estos retos.*

Dentro de su estrategia de relacionamiento con las comunidades, el Proyecto ha desarrollado pláticas informativas y talleres de capacitación para sensibilizar a las comunidades en temas ambientales. Por consiguiente, se tendrían las herramientas necesarias para apoyar al y coadyuvar con el desarrollo de las campañas relativas a la sensibilización de la problemática asociada al cambio climático, particularmente las relacionadas con la vulnerabilidad de la producción agrícola y pecuaria por el estrés hídrico provocado por el cambio climático.

III.5.3.7. Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027, Zacatecas

El Plan Estatal de Desarrollo 2022–2027 fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas en fecha 25 de diciembre de 2021, Tomo CXXXI, Número 103. La conformación de este Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027 (PED) se fundamenta en los artículos 43, fracción III

de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas; 1, 2, 3, 4, 7, segundo párrafo; 8, 9, 10, 11, 18, fracción IV; 20, 21, fracciones I, II, y III; 25, apartado A, fracción I; 39, fracción I; 40, 41, 42, fracción II; 43, 44 y demás relativos y aplicables de la Ley de Planeación del Estado de Zacatecas y sus Municipios, así como 5, 10, 24, fracción II, de la Ley de Disciplina Financiera y Responsabilidad Hacendaria del Estado de Zacatecas y sus Municipios. El PED 2022-2027 fue presentado a la consideración de la LXIV Legislatura del Estado de Zacatecas, con fecha 21 de noviembre de 2021, y aprobado con fecha 20 de diciembre de 2021. Está pendiente de ser publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas.

El PED 2022-2027 se cimienta en tres principios rectores: Hacia una Nueva Gobernanza, Bienestar para Todos y Ecosistema Socioeconómico Sólido e Inclusivo, que plasman las aspiraciones manifestadas en diferentes espacios de consulta y participación ciudadana. El PED 2022-2027 vincula sus prioridades con las del PND 2019-2024 y con el Programa General Prospectivo Zacatecas 2033, que perfila el rumbo del progreso a largo plazo. Siguiendo las consideraciones generales planteadas por la ONU en su Agenda de Desarrollo 2030, se han detectado como áreas económicas estratégicas en el estado las siguientes: el campo, la industria y minería, comercio y servicios, y el turismo, las cuales fueron elegidas considerando las vocaciones del estado y los últimos indicadores de empleo proporcionados por el INEGI, actualizados al primer trimestre de 2021.

Versión Pública

La minería es una de las actividades más rentables y que más contribuyen al Producto Interno Bruto (PIB) estatal. Del total de ingresos generados por las unidades económicas en la entidad (194,522 millones de pesos), 31.5% corresponde a minería (61,281 millones) y este sector también representa la tercera parte de las exportaciones estatales. La importante concentración de recursos naturales, financieros y técnicos hacen de la minería un área estratégica que podría convertirse fácilmente en un gran motor económico y un eje dinamizador de la industria zacatecana, pero, hasta la fecha, este enorme potencial no se ha aprovechado al máximo para generar proveedores locales y vínculos con otras Pymes estatales.

PRINCIPIO RECTOR 1. HACIA UNA NUEVA GOBERNANZA

Objetivo. Construir un nuevo modelo de gobierno que impulse el ejercicio pleno de los derechos humanos, la gobernabilidad y el fortalecimiento de las instituciones del Estado en aras de una nueva gobernanza. En la **POLÍTICA PÚBLICA 1.5 PARTICIPACIÓN SOCIAL EN LA GESTIÓN PÚBLICA**, se marca como objetivo el transitar hacia un gobierno ciudadano con una sociedad plenamente vinculada y participativa en todos los procesos de la gestión pública y establece 6 estrategias de las cuales la siguiente se vincula con el Proyecto:

1.5.5 *Implementar y fortalecer la participación social en todos los ámbitos de la gestión pública.*

Como se ha indicado, el Proyecto ha implementado y mantenido un proceso informativo y de diálogo participativo, con las comunidades incluidas dentro de su AI. Los resultados de este proceso se muestran en otras secciones del presente documento. Adicionalmente, buscará coordinarse, con las autoridades competentes, para implementar medidas de consulta y participación social en los términos de la legislación aplicable.

PRINCIPIO RECTOR 2. BIENESTAR PARA TODOS

Objetivo: Generar condiciones para la construcción de un entorno de bienestar con oportunidades de desarrollo para toda la población. La **POLÍTICA PÚBLICA 2.1 EDUCACIÓN PARA UNA SOCIEDAD IGUALITARIA Y CON IDENTIDAD** tiene como objetivo garantizar el derecho a la educación como un factor indispensable para el ejercicio de la libertad, la igualdad, la convivencia armónica de la sociedad y el amor a la patria por medio de 7 estrategias dentro de las cuales la siguiente presenta una posibilidad de vinculación con el Proyecto:

> ***2.1.2.*** *Dignificar la infraestructura educativa para mejorar el sentido de la pertenencia y el bienestar de la comunidad escolar.*

Versión Pública

El Proyecto ha establecido convenios de colaboración para la mejora de la infraestructura educativa. De ser autorizado el Proyecto, se podría considerar la ampliación de esta colaboración mediante un proceso participativo con las autoridades y las comunidades para apoyar en la implementación de esta estrategia.

El PED 2022-2027 incluye la **POLÍTICA PÚBLICA 2.2 SALUD PARA EL BIENESTAR**. Tiene como objetivo asegurar el derecho humano a la protección de la salud y atención médica para contribuir al pleno ejercicio de las capacidades de todos los zacatecanos. Se implementará por medio de 8 estrategias de las cuales la siguiente se podría asociar al Proyecto:

> ***2.2.5.*** *Incrementar la cobertura de salud, fortaleciendo la infraestructura y equipamiento de las unidades, centros de salud, hospitales y casas de salud.*

Con la entrada en operación del Proyecto, en caso de ser autorizado, se incrementará el número de personas con empleos formales, tanto directos como indirectos. Ello implicará el aumento de derechohabientes con acceso a los servicios del IMSS y la posibilidad de mejorar las clínicas, dentro de la zona de influencia del Proyecto, utilizando las cuotas que pague tanto el Proyecto como sus proveedores locales.

La **POLÍTICA PÚBLICA 2.8 SOSTENIBILIDAD DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE** se enfoca en el objetivo de garantizar la protección del medio ambiente y el aprovechamiento racional de los

recursos naturales, así como la gestión integral del recurso hídrico, promoviendo su uso de manera eficiente en el ámbito rural y urbano.

2.8.6 *Fortalecer la gestión eficiente del agua para maximizar la producción en el campo.*

Durante las etapas preliminares de desarrollo del Proyecto, se implementó un programa piloto tendiente a optimizar el uso del agua en las actividades agrícolas y ganaderas. Una vez que se autorice el Proyecto, dicho programa se podría vincular al desarrollo de esta estrategia dentro de su zona de influencia.

PRINCIPIO RECTOR 3. ECOSISTEMA SOCIOECONÓMICO SÓLIDO E INCLUSIVO

Objetivo. Promover el desarrollo armónico de los habitantes en todos los sectores económicos, con el propósito de mejorar las condiciones de vida de la población.

En este principio rector se engloba la **POLÍTICA PÚBLICA 3.2 ENCADENAMIENTO PRODUCTIVO PARA LA INDUSTRIA Y LA MINERÍA** y reconoce que la minería es una de las actividades más rentables y que más contribuyen al PIB estatal. De acuerdo con los Censos Económicos 2019, la minería en Zacatecas es la segunda actividad económica en producción bruta con el 22.4% (30,408 millones de pesos), representa el 15.6% de los ingresos (30,118 mdp), y concentra 37% de todos los activos fijos del estado (39,158 mdp). En 2018 y 2019 esta actividad representó el 11.3% y 9.9% del PIB estatal, respectivamente (el promedio nacional de aportación al PIB de la minería no petrolera es de solo 1%). Además, en 2019 las exportaciones por minería representaron el 26.1% en el estado, y en 2020 alcanzaron casi la mitad del total, 47.2% equivalentes a 1,728.7 millones de dólares. Sin embargo, y en cuanto al número de empleos, los datos de la ENOE al primer trimestre de 2021 indican que la industria extractiva solo representa el 2% del personal ocupado en el estado, con 13,063 puestos de trabajo, aunque sus salarios se encuentran por arriba de la media.

Versión Pública

La importante concentración de recursos naturales, financieros y técnicos hacen de la minería un área estratégica que podría convertirse en un gran motor económico y un eje dinamizador de la industria zacatecana, pero hasta la fecha, este enorme potencial no se ha aprovechado al máximo para generar proveedores locales y vínculos con otras Pyme de la entidad. La preocupación por una minería responsable con el medio ambiente, nos indica que si bien, la minería es un área estratégica para el crecimiento de nuestra economía, se requiere de una profunda revisión al sector para transitar de un modelo extractivista a uno de mayor complejidad y vinculación como clúster minero con tecnologías respetuosas del medio ambiente e inclusividad económica. Por consiguiente, esta Política Pública tiene como objetivo impulsar la industrialización del estado consolidando un ecosistema industrial capaz de generar productos de alto valor

agregado con énfasis en el fortalecimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) y el sector minero.

Dentro de las 10 estrategias que se utilizarán para implementar esta Política Pública, el Proyecto se vincula con las siguientes:

> ***3.2.2*** *Impulsar proyectos para la generación de cadenas de valor y proveeduría local entre pequeñas y medianas empresas.*
>
> ***3.2.8*** *Promover el desarrollo de una industria minera respetuosa del medio ambiente y las comunidades.*
>
> ***3.2.9*** *Implementar un programa del primer empleo en la minería.*

Durante el desarrollo de su etapa de exploración avanzada, el Proyecto ha privilegiado la contratación de bienes y servicios con las empresas establecidas dentro de las comunidades de su AI. En caso de que el Proyecto sea autorizado, y como parte de la estrategia de inversión social, se estructurará un programa de desarrollo de proveedores locales que puedan suministrar bienes y servicios que sean requeridos para la construcción y operación de la mina. El diseño del Proyecto incluye el uso de tecnologías que minimizarán el consumo de agua e incorpora medidas de mitigación, de control y de compensación de sus impactos ambientales potenciales que reducirán los efectos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades en cumplimiento con las regulaciones aplicables y los principios, valores y políticas de la empresa. Desde sus primeras etapas de desarrollo, el Proyecto ha privilegiado la contratación de la mano de obra local para cubrir sus necesidades de personal. Dicha política ha incluido programas de capacitación tendientes a poder contar con operadores especializados. En caso de ser aprobado el Proyecto, esta política continuará en las etapas subsecuentes de construcción y de operación.

Versión Pública

III.5.4. Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012

El **Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012** es un instrumento técnico que establece las disposiciones y lineamientos para avanzar en la distribución equilibrada de la población y de las actividades económicas en la entidad, conforme al Sistema Estatal de Centros de Población (SECP). Las microrregiones funcionales han sido definidas y delimitadas a partir de la distribución territorial de las localidades integrantes del SECP, de la movilidad cotidiana que existe entre ellas, de la estructura económica local y de las tendencias de crecimiento económico y poblacional recientes. Las ocho microrregiones definidas son las siguientes: I. Noreste (Concepción del Oro), II. Noroeste (Río Grande, Juan Aldama, Miguel Auza), III. Oeste (Sombrerete), IV. Centro (ZM-ZG, Fresnillo, Víctor Rosales), V. Suroeste (Valparaíso), VI.

Centro-Sur (Jerez, Villanueva), VII. Sur (Tlaltenango, Nochistlán, Jalpa), y VIII). Sureste (Ojocaliente, Loreto).

El Proyecto se encuentra dentro de la microrregión funcional del PEDUyOTZ en el Sureste (Ojocaliente, Loreto). Los objetivos específicos por cada tema que el plan maneja por líneas de acción ligados a esta región son los siguientes:

> ***IV. Generación de empleo:*** *Promover la actividad económica de las localidades del Sistema Estatal de Centros de Población, a partir del aprovechamiento de sus vocaciones productivas, y procurar la difusión de sus beneficios hacia las micro-regiones funcionales.*

El establecimiento del Proyecto representará una oportunidad para generar empleo a beneficio de las comunidades dentro del AI del Proyecto. Se contratarán entre 700 y 900 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años) y un promedio de 450 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación/mantenimiento. Este número de empleos directos representa el número de familias que incrementan con acceso a servicios de salud en la región. A este número de empleos directos, se asocian los empleos indirectos en una tasa de al menos 4 empleos indirectos por cada empleo directo.

Versión Pública

> ***V. Desarrollo económico:*** *Promover la convergencia regional, igualar el acceso a satisfactores colectivos y elevar la calidad de los servicios públicos, a partir del aumento de la infraestructura productiva, el equipamiento social y la promoción de las actividades económicas.*

El establecimiento del Proyecto representa un aporte al desarrollo económico de la región.

Para mitigar y compensar los impactos asociados al manejo de agua en el Proyecto, el promovente establecerá y ejecutará el Programa Social de Acceso al Agua (**Anexo VI.8**), que incluye acciones directas de compensación, entre las que destacan:

- Mejora de la infraestructura de pozo de agua profunda (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Antonio de las Huertas).
- Mantenimiento y mejora de tuberías de la red principal de distribución (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Antonio de las Huertas).
- Rehabilitación y ampliación del tanque principal de distribución de agua (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña, San Martín y San Antonio de las Huertas).
- Mejora de la red de distribución doméstica en los diferentes sectores (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña).

- Mantenimiento y conexión de las norias públicas tradicionales a la red de distribución de agua potable (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña).
- Promover el desuso de norias de traspatio. Suministro, instalación y conexión a la red pública de cisternas domésticas en sustitución de las norias de traspatio privado (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Martín).
- El Programa además maneja un Índice de Criticidad Ambiental debido al impacto del crecimiento poblacional sobre el medio físico representado heurísticamente por la pérdida de cobertura vegetal y los cambios en el uso del suelo. A partir de este índice define 3 grandes regiones.

La **subregión 3** de la **Región 2** le correspondería al Municipio de Villa González Ortega (**Figura III.6**), donde se encuentra ubicado el Proyecto, y cuyas políticas territoriales dicen lo siguiente:

- *Subregión fuertemente perturbada, como se observa pues el Índice de Criticidad Ambiental en el 2007 va de "En Peligro" a "Crítico". Además de que más de 50% del territorio está ocupado por agricultura, predominando la de temporal sobre la de riego.*
- *Estrategias de corto plazo: programas de conservación de suelos.*
- *Estrategias de mediano plazo: programa de extracción de recursos no maderables de las áreas de Matorral Xerófilo. Además, realizar estudios a mayor detalle para determinar áreas susceptibles de restauración.*
- *Conservación: Uso condicionado de las áreas con Matorral Xerófilo.*
- *Aprovechamiento de las áreas actualmente bajo agricultura, con las restricciones propias de las regiones con estrés hídrico.*

Versión Pública

Como parte del PVA del Proyecto, se incluirá un Programa de Restauración y Conservación de Suelos, el cual presentará acciones para mitigar el impacto al suelo en las áreas objeto del CUSTF. Además, como parte de las acciones de protección de la biodiversidad, se ejecutará el rescate y reubicación de flora silvestre en las áreas destinadas al CUSTF, mayormente ubicadas en vegetación de matorral desértico micrófilo y crasicaule, mientras que el material maderable y no maderable producto de las acciones de desmonte y despalme, será preferentemente utilizado para acciones de restauración de suelos. Toda aquella área que no sea objeto de trámite de Autorización de CUSTF, será conservada en su uso y tipo de suelo actual. Estas acciones se apegan, por tanto, a las políticas territoriales de la Subregión 3 de la Región 2. El desarrollo del Proyecto en todas sus etapas influye de manera positiva en las líneas de acción para la región Ojocaliente.

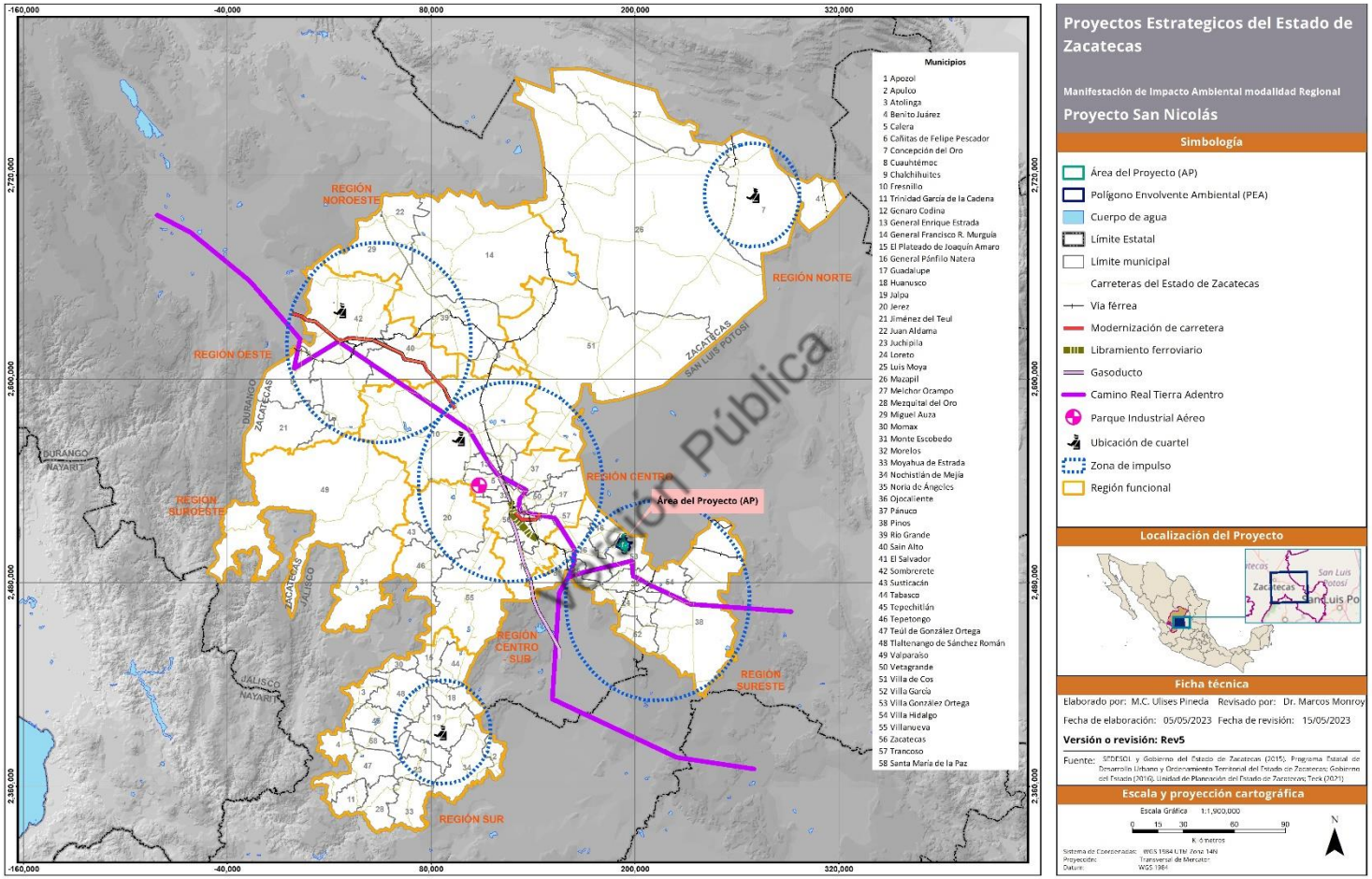


Figura III.6 Ubicación del Proyecto San Nicolás respecto a la zonificación de Proyectos Estratégicos señalados en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012.

III.5.5. Convenios o Tratados Internacionales

III.5.5.1. Sitios Ramsar

En México, la Convención de Ramsar fue aprobada por la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión el 20 de diciembre de 1984 y fue publicada en el Diario Oficial de la Federación los días 24 de enero y 18 de julio del año 1985. En 1986 se designó el primer Sitio Ramsar del país: "Humedal de importancia Especialmente para la Conservación de Aves Acuáticas Reserva Ría Lagartos".

Para el caso de sitios decretados en la Convención de Ramsar, el Proyecto no se encuentra sujeto a alguna condicionante de estos humedales, dado que no se encuentra en un área decretada como tal en la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas". A continuación, se menciona el sitio Ramsar más cercano al Proyecto y la distancia en la que se ubica.

El AP no se encuentra ubicada en ningún sitio Ramsar, lo más cercano es (**El Jaguey**) **Buenavista de Peñuelas** ubicada a una distancia aproximada de 99 km (**Figura III.7**), por lo que no es vinculable este Convenio Internacional con el Proyecto.

Versión Pública

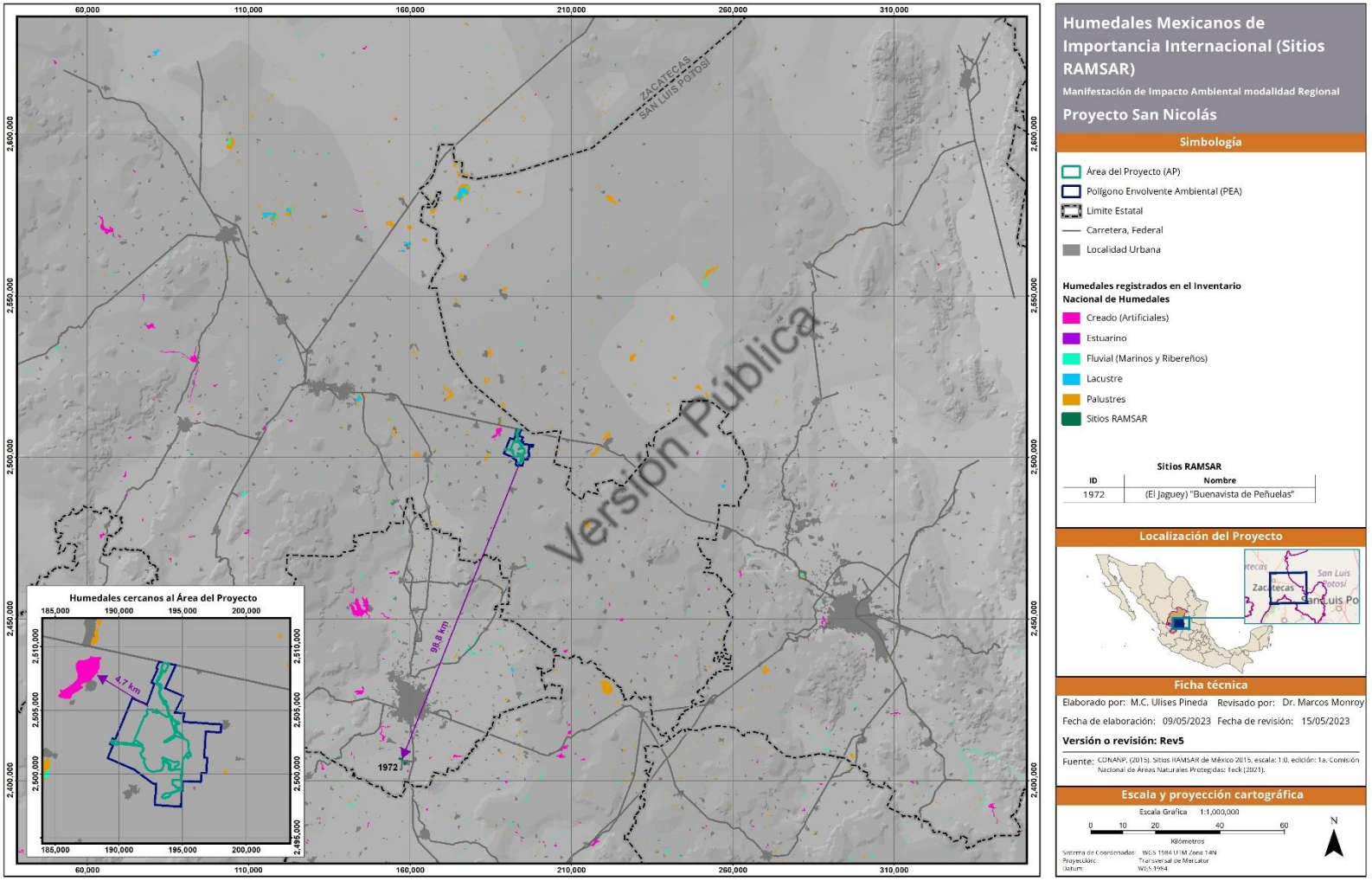


Figura III.7 Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Ramsar.

III.5.5.2. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres

La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos. Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia.

La CITES es un acuerdo internacional al que los Estados y organizaciones de integración económica regional se adhieren voluntariamente. Los Estados que se han adherido a la Convención se conocen como Partes. Aunque la CITES es jurídicamente vinculante para las Partes, en otras palabras, tienen que aplicar la Convención- no por ello suplanta a las legislaciones nacionales. Por el contrario, ofrece un marco que ha de ser respetado por cada una de las Partes, las cuales han de promulgar su propia legislación nacional para garantizar que la CITES se aplica a escala nacional. La CITES cuenta con apéndices donde categorizan a las especies de flora y fauna los cuales regulan el comercio internacional de especies que pueden estar en peligro de extinción sin ninguna regulación comercial.

Versión Pública

Dentro del AP según la información de los inventarios faunísticos presentada en el Capítulo IV de esta MIA-R, se tienen especies enlistadas en alguno de estos apéndices, que son consideradas en el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre y que se reporta como **Anexo VI.3** de esta MIA-R. En el AP, 13 especies se ubican dentro de los apéndices del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre), 12 de ellas se ubican dentro del apéndice II, pertenecientes al grupo de las aves con 10 y dos de mamíferos, tales como: el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el gavilán rastrero (*Circus hudsonius*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), el aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), el caracará quebrantahuesos (*Caracara cheriway*), el cernícalo americano (*Falco sparverius*), halcón mexicano (*Falco mexicanus*) y el búho cornudo (*Bubo virginianus*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y el lince (*Lynx rufus*); y una especie se ubica dentro del Apéndice I, tal es el caso del ave halcón peregrino (*Falco peregrinus*).

III.5.5.3. Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para la Protección de Aves Migratorias y de Mamíferos Cinegéticos

Este convenio fue firmado el 7 de febrero de 1936 por los, entonces, presidentes Lázaro Cárdenas del Río y Franklin D. Roosevelt. Desde esa fecha, ha tenido diversas modificaciones, básicamente, enfocadas a revisar el listado de especies incluidas en el alcance del convenio y a acordar modificaciones en el establecimiento de vedas.

El Artículo I del Convenio define su objetivo como se indica a continuación: Las Altas Partes Contratantes declaran que es justo y conveniente proteger las aves llamadas migratorias, cualquiera que sea su origen, que en sus viajes habiten temporalmente en los Estados Unidos Mexicanos y en los Estados Unidos de Norteamérica, por medio de procedimientos adecuados.

Durante el levantamiento de la línea base ambiental del Proyecto, se registró la presencia de aves migratorias tanto en el SAR como en el AP. Dicha presencia está declarada en el Capítulo IV de esta MIA-R. Por consiguiente, el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre que se reporta como **Anexo VI.3** del presente documento incluye a las especies motivo del convenio. Se actuará con apego a las disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre en la implementación de este programa. Adicionalmente, y como parte del proceso de relacionamiento con las comunidades, se organizarán sesiones informativas, con las comunidades aledañas, para concientizarlas de la importancia de la conservación de las especies de fauna silvestre, incluidas las especies migratorias y sus hábitats.

Versión Pública

III.5.5.4. Acuerdos internacionales de Cambio Climático

Posterior a la entrada en vigor de la Ley General de Cambio Climático, México ha dado seguimiento a los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) desde su primer informe en 1990 hasta su quinto informe en 2014. Asimismo, México ha emitido sus comunicaciones presentándolas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

La primera comunicación nacional de México sobre Cambio Climático se presentó en la CMNUCC en 1997 tres años después de que este instrumento entrara en vigor para el país. El documento incluyó:

- Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para 1990.
- Primeros estudios de la vulnerabilidad potencial del país al cambio en el clima.

En su Segunda comunicación Nacional durante el año 2000, año en que se ratificó el protocolo de Kioto, este documento incluyó:

- La actualización del inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el periodo 1994–1998.
- Políticas de mitigación y variabilidad y cambio climáticos.

En la tercera comunicación nacional en el año 2006, se presentó:

- La actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero al año 2002.
- Estudios de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Materiales educativos de divulgación del tema.

En la cuarta comunicación nacional de México sobre el cambio climático en 2009, durante la Décimo Quinta COP celebrada en Copenhague Dinamarca México, presentó:

- La actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero al 2006.
- Principales acciones de adaptación consideradas en programas nacionales y sectoriales de México.
- Diagnóstico de impactos, vulnerabilidad y adaptación y programas para mitigar el cambio climático por sector.

Versión Pública

En la quinta comunicación nacional en el año 2012, México actualizó los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2012. Estos presentan avances de los programas para mitigar el cambio climático y avances de la integración del tema de cambio climático en las políticas sociales, ambientales y económicas en México.

Este mismo año da a conocer los alcances de Ley General de Cambio Climático publicada el mismo año a la par, se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Esta ley es la que establece la aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos del efecto invernadero, con su última reforma publicada en el DOF el 11 de mayo de 2022. Los compromisos que México asume se apegan a los objetivos de esta Ley, así como los acuerdos asumidos en la CMNUCC.

El promovente atenderá las disposiciones señaladas a través de la entrega de una Cedula de Operación Anual (COA) en donde se registran las emisiones atmosféricas que inciden sobre el

cambio climático a nivel regional de nuestro país. El Promovente se compromete, como parte de sus políticas de sustentabilidad, a promover acciones que contribuyan al combate del cambio climático.

El 12 diciembre de 2015, en la COP21 de París, las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono, denominado el **Acuerdo de París**, que quedó abierto a la firma el 22 de abril de 2016 – Día de la Tierra – en la sede de la Organización de las Naciones Unidas. El acuerdo fue ratificado, por el Senado de la República, con fecha 14 de septiembre de 2016.

El Acuerdo de París exige a todas las Partes que hagan todo lo que esté en su mano por medio de contribuciones determinadas a nivel nacional. Esto incluye la obligación de que todas las Partes informen periódicamente sobre sus emisiones y sobre sus esfuerzos de aplicación.

Bajo este escenario, el diseño del Proyecto incluye provisiones para minimizar el uso de combustibles fósiles y, con ello, la generación de gases de efecto invernadero (GEI). El Proyecto reportará sus emisiones de GEI conforme a las disposiciones reglamentarias estipuladas en la Ley General de Cambio Climático, cuya última enmienda fue publicada en el Diario Oficial de la Federación del 11 de mayo de 2022, y su reglamento. En sus optimizaciones posteriores, se buscará una reducción adicional, en las emisiones del GEI, que sea técnica y económicamente viable.

Versión Pública

III.5.5.5. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Es un plan de acción derivado de la resolución aprobada por la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas (ONU) el 25 de septiembre de 2015 a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Esta Agenda propone 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Al adoptarla, los Estados se comprometen a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables.

México participó activamente en la definición de la Agenda, presentando propuestas para incorporar los principios de igualdad, inclusión social y económica, e impulsó que la universalidad, sustentabilidad y los derechos humanos fuesen los ejes rectores de la Agenda 2030; además de abogar por la adopción de un enfoque multidimensional de la pobreza que, además de considerar el ingreso de las personas, tomara en cuenta su acceso efectivo a derechos básicos como la alimentación, educación, salud, seguridad social y servicios básicos en la vivienda.

El Proyecto se alinea con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se definen en la Agenda 2030:

3. Salud y Bienestar: se crearán oportunidades laborales (empleos directos e indirectos) que incrementarán la afiliación a los servicios formales de salud para los empleos directos y sus familias, dentro del AI social del Proyecto.

5. Igualdad de Género: las políticas de contratación de personal y de servicios del Proyecto establece igualdad de oportunidades para hombres y mujeres. Bajo las mismas circunstancias, no se discriminará a persona alguna por su raza, sus preferencias sexuales ni por incapacidades físicas.

6. Agua Limpia y Saneamiento: la medida de compensación, propuesta a través del Programa Social de Acceso al Agua (**Anexo VI.8**), tienen el compromiso de asegurar a las comunidades un suministro de servicios de agua y de drenaje confiable, saludable y asequible.

8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico: la implementación del Proyecto creará empleos directos con remuneraciones competitivas y con las prestaciones de ley. Los bienes y servicios que requerirá la mina contribuirán a detonar el crecimiento económico de la región donde se pretende desarrollar el Proyecto.

Versión Pública

III.5.5.6. Convenio de la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), es el primer tratado multilateral que aborda la biodiversidad como un asunto de importancia mundial, que demuestra la preocupación ante su deterioro y reconoce su importancia para la viabilidad de la vida en la Tierra y el bienestar humano. El Convenio sobre la Diversidad Biológica entró en vigor el 29 de diciembre de 1993. A la fecha cuenta con 196 Partes Firmantes, incluyendo a México. La Vinculación de este Convenio con el Proyecto se reporta en el **Cuadro III.30**.

Cuadro III.30 Vinculación del Proyecto con el Convenio de la Diversidad Biológica.

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
7	**Identificación y Seguimiento**. a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que figura en el anexo I del CBD; b) Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible;	En el Capítulo IV de esta MIA-R, se identifican y enlistan las especies de flora y de fauna silvestre presentes en el AP y en su AI, sujetas a algún régimen de protección. En los **Anexos VI.2** y **VI.3**, se presentan respectivamente los Programas de rescate y Reubicación de Flora y de Fauna Silvestre, cuyas actividades están orientadas a la preservación de la biodiversidad.
13	**Educación y conciencia pública.** a) Promoverán y fomentarán la comprensión de la importancia de la conservación de la diversidad biológica y de las medidas necesarias a esos efectos, así como su propagación a través de los medios de información, y la inclusión de esos temas en los programas de educación;	Como parte de la estrategia de relacionamiento con las comunidades, se emprenderán campañas de educación ambiental, en colaboración con instituciones educativas, enfocadas a la conservación de la diversidad biológica.
14	**Evaluación del Impacto y Reducción al Mínimo del Impacto Adverso.** a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos.	El presente documento incluye una evaluación integral del impacto ambiental del Proyecto y propone las medidas para su minimización. El promovente fomentará la participación de las comunidades de interés en el conocimiento del Proyecto y atenderá las propuestas que se deriven de dicha participación.

Versión Pública

III.5.5.7. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe

Fue aprobado por el Senado de la República en el Diario Oficial de la Federación del 9 de diciembre de 2020. Entró en vigor el 22 de abril de 2021. En su Artículo 7: Participación Pública en los Procesos de Toma de Decisiones Ambientales, se incluyen las siguientes disposiciones:

1. *Cada Parte deberá asegurar el derecho de participación del público y, para ello, se compromete a implementar una participación abierta e inclusiva en los procesos de toma de decisiones ambientales, sobre la base de los marcos normativos interno e internacional.*

2. *Cada Parte garantizará mecanismos de participación del público en los procesos de toma de decisiones, revisiones, reexaminaciones o actualizaciones relativos a proyectos y actividades, así como en otros procesos de autorizaciones ambientales que tengan o puedan tener un impacto significativo sobre el medio ambiente, incluyendo cuando puedan afectar la salud.*

3. *La difusión de las decisiones que resultan de las evaluaciones de impacto ambiental y de otros procesos de toma de decisiones ambientales que involucran la participación pública deberá realizarse a través de medios apropiados, que podrán incluir los medios escritos, electrónicos u orales, así como los métodos tradicionales, de forma efectiva y rápida. La información difundida deberá incluir el procedimiento previsto que permita al público ejercer las acciones administrativas y judiciales pertinentes.*

En apego a la legislación ambiental mexicana, así como a las mejores prácticas reconocidas en la industria, el Proyecto diseñó el Proceso Informativo y de Diálogo Participativo para fomentar la participación pública, cuyo objetivo es informar los resultados del estudio de evaluación de impacto ambiental, recabar y documentar la retroalimentación y la opinión de las partes interesadas, e incorporar los resultados del diálogo en los planes y programas. Este proceso está sustentado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992), particularmente en el Principio 10, el cual establece el compromiso con los derechos de acceso a la información, a la participación y a la justicia en asuntos ambientales.

Asimismo, durante el diseño del Proceso Informativo y de Diálogo Participativo, se ha dedicado particular esfuerzo en seguir los principios de las Normas de Desempeño de la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en Inglés) particularmente lo que atañe a la norma número 1, relativa a la Participación Informada de las Comunidades, la cual establece que se deberán recabar las opiniones de hombres y mujeres, reflejando las preocupaciones y prioridades acerca del Proyecto en cuestión, los impactos y el diseño de los mecanismos de mitigación, así como los beneficios resultantes en los planes y programas.

Versión Pública

El Promovente se ajustará a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental y en su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental relativo a la participación pública y al derecho a la información. Estas disposiciones cumplen con los requerimientos de este Acuerdo Regional.

III.5.5.8. Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)

El Convenio número 169, sobre Pueblos Indígenas y Tribales, fue adoptado en Ginebra, Suiza, por la 76a. Conferencia Internacional del Trabajo, en junio de 1989. Este Convenio entró en vigor el 6 de septiembre de 1991, 12 meses después de que las ratificaciones de los dos primeros Estados (Noruega y México) fueron registradas. Para México, después de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) es el instrumento legal más importante que señala los derechos mínimos que tienen los pueblos indígenas. La Vinculación del Convenio 169 de la OIT con el Proyecto, se reporta en el **Cuadro III.31**.

Cuadro III.31 Vinculación del Proyecto con el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
6	1. Al aplicar las disposiciones del presente Convenio, los gobiernos deberán: a) consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente; b) establecer los medios a través de los cuales los pueblos interesados puedan participar libremente, por lo menos en la misma medida que otros sectores de la población, y a todos los niveles en la adopción de decisiones en instituciones electivas y organismos administrativos y de otra índole, responsables de políticas y programas que les conciernan; c) establecer los medios para el pleno desarrollo de las instituciones e iniciativas de esos pueblos, y en los casos apropiados proporcionar los recursos necesarios para este fin. 2. Las consultas llevadas a cabo en aplicación de este Convenio deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas.	Se organizará un Proceso Informativo y de Diálogo Participativo para promover la consulta y la participación pública que buscará preservar y fomentar el respeto a los derechos humanos de las comunidades, potencialmente, equiparables ubicadas dentro del AI del Proyecto. Este proceso de participación pública será, previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe en los términos que sean aplicables. Adicionalmente, se tomarán en consideración las solicitudes viables de cambios y adecuaciones al Proyecto resultantes del proceso de consulta. De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se detectaron algunos individuos dispersos que se identifican como personas descendientes afromexicanos (341 personas, lo que corresponde al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, lo que corresponde al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.
7	1. Los pueblos interesados deberán tener el derecho de decidir sus propias prioridades en lo que atañe al proceso de desarrollo, en la medida en que éste afecte a sus vidas, creencias, instituciones y bienestar espiritual y a las tierras que ocupan o utilizan de alguna manera, y de controlar, en la medida de lo posible, su propio desarrollo económico, social y cultural. Además, dichos pueblos deberán participar en la formulación, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo nacional y regional susceptibles de afectarles directamente. 2. El mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo y del nivel de salud y educación de los	Se promoverá la organización de un foro de consulta que buscará preservar y fomentar el respeto a los derechos humanos de las comunidades, potencialmente, equiparables ubicadas dentro del AI del Proyecto. Dicha consulta será, previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe en los términos que sean aplicables. Adicionalmente, se tomarán en consideración las solicitudes viables de cambios al Proyecto resultantes del proceso de consulta.

Versión Pública

Cuadro III.31 Vinculación del Proyecto con el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Art.#	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	pueblos interesados, con su participación y cooperación, deberá ser prioritario en los planes de desarrollo económico global de las regiones donde habitan. Los proyectos especiales de desarrollo para estas regiones deberán también elaborarse de modo que promuevan dicho mejoramiento. 3. Los gobiernos deberán velar por que, siempre que haya lugar, se efectúen estudios, en cooperación con los pueblos interesados, a fin de evaluar la incidencia social, espiritual y cultural y sobre el medio ambiente que las actividades de desarrollo previstas puedan tener sobre esos pueblos. Los resultados de estos estudios deberán ser considerados como criterios fundamentales para la ejecución de las actividades mencionadas. 4. Los gobiernos deberán tomar medidas, en cooperación con los pueblos interesados, para proteger y preservar el medio ambiente de los territorios que habitan.	El Plan Multianual de Inversión y Desarrollo Comunitario del Proyecto está sustentado en el impulso de acciones que se traduzcan en beneficios reales para la población ubicada dentro del AI y el SAR. Las líneas de acción e inversión de este plan son: i) Salud y Seguridad Comunitaria; ii) Promoción de Oportunidades Educativas; iii) Impulso al Desarrollo Económico Local Sustentable; iv) Agua y Medio Ambiente; v) Participación en Iniciativas de Interés Humano; vi) Fomento al empleo local, proveeduría local, entrenamiento, capacitación y desarrollo de habilidades. Estas acciones estarán enfocadas siempre bajo el principio de orientarse a la población en situación de vulnerabilidad y culturalmente adecuado. El Proyecto ha impulsado un estudio etnográfico y de línea base social en el SAR, constatando los elementos identitarios que cohesionan las redes sociales entre las comunidades. Han sido identificados elementos y tradiciones que denotan el valor de la cultura regional, y bajo este enfoque se promoverán siempre los valores locales y las tradiciones de la gente. De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se detectaron algunos individuos dispersos que se identifican como personas descendientes afromexicanos (341 personas, lo que corresponde al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, lo que corresponde al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.

Versión Pública

III.5.5.9. De la Ley y de las Recomendaciones de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH)

En línea con lo establecido en el artículo 102 apartado "B" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y el decreto que promulga la Ley de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, el 29 de junio de 1992, el Proyecto reconoce la importancia de este organismo autónomo, cuyo objeto esencial es la protección, observancia, promoción, estudio y divulgación de los derechos humanos amparados por el orden jurídico mexicano.

De igual manera, el Proyecto observa la importancia de la formulación de recomendaciones públicas ante las autoridades respectivas, en los términos del artículo constitucional antes referido.

En línea con el reconocimiento de la importancia del respeto a los derechos humanos, el Proyecto ha diseñado y puesto en marcha un Plan de Acción en Derechos Humanos, cuyo objetivo estriba en la identificación de todas aquellas acciones que se entrelazan con el ámbito de acción de los derechos humanos, y promover y difundir su observancia, de forma tal que se respeten y también se promuevan desde los diversos ámbitos y campos de acción.

Versión Pública

Finalmente, es preciso mencionar que este proyecto minero observa y reconoce la importancia de las Recomendaciones emitidas por la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, particularmente las Recomendaciones 037 y 056 ambas del año 2012, en el ámbito de su competencia y aplicación. Tal como puede verse en el **Cuadro III.32**.

Cuadro III.32 Vinculación del Proyecto con las Recomendaciones de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

Recomendación	Disposición	Vinculación con el Proyecto
Recomendación 37/2012	Recomendaciones a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda: derecho de acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico. Tercera: Tomar en cuenta los criterios y estándares internacionales que en materia de derechos humanos se han emitido para la salvaguarda de los derechos de los grupos en mayor vulnerabilidad. Quinta: Que en las manifestaciones de impacto ambiental se implementen medidas para que se consulte y se tomen	Se promoverá la organización de un Proceso Informativo y de Diálogo Participativo para promover la consulta y la participación pública que buscará preservar y fomentar el respeto a los derechos humanos de las comunidades, potencialmente, equiparables ubicadas dentro del AI del Proyecto. Este proceso de participación pública será, previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe en los términos que sean aplicables. Adicionalmente, se tomarán en consideración las solicitudes viables de cambios y adecuaciones al Proyecto resultantes del proceso de consulta. Para reconocer y respetar los derechos humanos de las personas en situación de

Cuadro III.32 Vinculación del Proyecto con las Recomendaciones de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

Recomendación	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	en cuenta opiniones de la sociedad que va a ser afectada.	vulnerabilidad, la empresa ha definido el Plan de Acción en Derechos Humanos cuya función es la de identificar y promover aquellas acciones que fomenten el respeto y la observancia, así como la promoción de los mismos. El Proyecto ha diseñado un Plan Social de Acceso al Agua el cual reconoce el agua como un derecho humano y bajo este precepto establece una serie de acciones y medidas que buscarán atender y conservar la calidad y suficiencia en el acceso al agua en aquellas comunidades ubicadas en el AI y que potencialmente serían afectadas por las actividades de la operación del Proyecto.
Recomendación 056/2012	Recomendaciones a la Secretaría de Economía. Cuarta: que se realicen las gestiones necesarias a efecto de que en la normatividad aplicable en materia minera se busque incluir expresamente el proceso de consulta a los pueblos indígenas. Recomendaciones a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda: cumplir con lo previsto en el Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en países independientes de la Organización Internacional del Trabajo para que antes de la emisión de cualquier autorización, concesión o permiso que incida sobre las tierras y los territorios indígenas se incluya el procedimiento de consulta a los pueblos y comunidades que puedan verse afectados por la realización de determinadas obras o actividades.	Se organizará un Proceso Informativo y de Diálogo Participativo para promover la consulta y la participación pública que buscará preservar y fomentar el respeto a los derechos humanos de las comunidades, potencialmente, equiparables ubicadas dentro del AI del Proyecto. De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se observaron algunos individuos dispersos que se identifican como personas descendientes afromexicanos (341 personas, lo que corresponde al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, lo que corresponde al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.

Versión Pública

III.5.5.10. Consideraciones Generales en relación con la Participación Ciudadana

México posee una larga tradición vinculada a la participación ciudadana, principalmente vinculada a procesos electorales y de la democracia, sin embargo, este no ha sido el único ámbito destacable (Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, "Antecedentes", en *Participación Ciudadana,* CESOP, 2006).

La reforma constitucional en derechos humanos acontecida en el año 2011 representó la modificación de 11 artículos con una amplia repercusión en el sistema jurídico mexicano, incorporando la perspectiva de derechos humanos, así como el establecimiento de principios fundamentales para la interpretación de los mismos, tales como el principio *propersona*.

En este sentido, uno de los elementos fundamentales del enfoque de derechos está relacionado con la participación. Este derecho está entrelazado con los principios democráticos fundamentales, vinculándose en consecuencia no solo en las políticas públicas adecuadas para ello, sino también desde un enfoque del desarrollo. Es así que surge un marco de sustento necesario para dar respuesta a las transformaciones propias de la globalización, enfocándose en la colaboración entre distintas partes involucradas, es decir: la sociedad, los estados, las empresas, las comunidades, los sindicatos, las organizaciones de la sociedad civil, entre otros.

Versión Pública

Uno de los ámbitos de la jurisprudencia internacional donde los derechos humanos han tenido mayor avance en los asuntos relacionados con la participación y consulta es el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales. Otro documento de relevancia es la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas que, aunque por su carácter declarativo no es considerado vinculante, sí incorpora criterios avanzados en la materia de la participación.

Tras la reforma en derechos humanos, y los cambios en el artículo 1 constitucional, el catálogo de derechos de las personas se amplió a todos aquellos reconocidos en tratados de derechos humanos ratificados por el estado mexicano. Por tanto, todos aquellos que reconocen el derecho a la participación y a la consulta previa pueden entenderse como preceptos legales de rango constitucional. Además, el artículo quinto, fracción XVI, establece la facultad de la Federación para promover la participación de la sociedad en materia ambiental. El artículo séptimo, fracción XIV, establece como obligación de los gobiernos estatales, la promoción de la participación social en materia ambiental.

La Ley Federal de Consulta Popular, reglamentaria de la fracción VIII del artículo 35 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es el mecanismo encargado de regular el

procedimiento para la convocatoria, organización, desarrollo, cómputo y declaración de resultados de consultas populares, así como para promover la participación ciudadana en las consultas.

Se consideran temas objeto de consulta popular aquellos de trascendencia nacional o regional y que son competencia de la Federación. Serán temas de trascendencia nacional aquellos que: i) repercutan en la mayor parte del territorio nacional, y ii) que impacten en una parte significativa de la población. Por su parte, se entienden temas de trascendencia regional aquellos que repercuten en una o más entidades federativas, y que impacten significativamente en los habitantes de la entidad o las entidades federativas que se trate.

En lo concerniente a la consulta pública ambiental, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente contempla un procedimiento de consulta pública, garantizando el derecho a la participación de las comunidades relacionadas con proyectos de desarrollo. Se trata de un mecanismo concedido a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, destinándose a la solicitud o iniciación por parte de algún ciudadano o ciudadana interesada que lo solicite, programándose una Reunión Pública de Información en la que los participantes tendrán la posibilidad de intercambiar puntos de vista.

Versión Pública

La Ley Agraria representa también un espacio amplio para la participación, de acuerdo con su concepción y aplicación. Este documento legal otorga facultades de decisión a las comunidades ejidales y agrarias a través de sus órganos de representación. La Asamblea Ejidal puede participar e intervenir en diversos asuntos tales como aprobación de contratos y convenios para uso de tierras comunales, distribución de ganancias, delimitación y destino de tierra, así como definir regímenes de uso, entre otros aspectos.

Otras iniciativas de ley de reciente publicación deben considerarse y destacarse como fuentes importantes del derecho, tanto la Ley de Energía, Ley de Energías Renovables, Ley de Consulta Indígena como la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, establecen los criterios y procedimientos para garantizar el derecho a la consulta y el consentimiento libre, previo e informado de los pueblos y comunidades indígenas, afromexicanas y equiparables, en los asuntos de su interés y trascendencia.

De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se identificaron algunos individuos dispersos que se consideran personas descendientes afromexicanos (341 personas, lo que corresponde al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, lo que corresponde al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.

De la misma manera, el estado mexicano ha implementado diversos mecanismos para hacer valer la participación pública y que a la fecha se consideran referentes de importancia, entre otros destaca el Protocolo para la implementación de consultas a pueblos y comunidades indígenas de conformidad con estándares del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, publicado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI).

En conclusión, el Proyecto valora y reconoce la importancia de la participación de la sociedad en materia ambiental, así como en otros asuntos de importancia para las comunidades ubicadas dentro del AI, e identifica que esta posibilidad lejos de representar un obstáculo a su desarrollo se concibe como un principio fundamental que fortalece los vínculos entre el Proyecto y la sociedad. Tomando en cuenta asuntos de interés, escuchando y conociendo los puntos de vista de las partes interesadas, diseñando e implementado medidas adecuadas para que sean significativas para las personas. No solo se fortalecerán los lazos, la confianza y la transparencia entre el Proyecto y las comunidades, y autoridades competentes, sino que también se podrá avanzar en el desarrollo de planes y programas que se traduzcan en experiencias positivas para todas las partes involucradas.

Versión Pública

Capítulo IV

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

IV. Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región 23

IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el Proyecto 23

IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR) 30

IV.3. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR 33

IV.3.1. Medio abiótico 42

IV.3.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos 42
IV.3.1.1.1. Temperatura 44
IV.3.1.1.2. Precipitación y evaporación promedio mensual 46
IV.3.1.1.3. Vientos dominantes 48
IV.3.1.1.4. Fenómenos meteorológicos 48

IV.3.1.2. Geomorfología 49
IV.3.1.2.1. Geomorfología regional 49
IV.3.1.2.2. Geomorfología y Fisiografía 50
IV.3.1.2.3. Estratigrafía 51
IV.3.1.2.4. Condiciones geotécnicas 58
IV.3.1.2.5. Presencia de fallas y fracturas 63
IV.3.1.2.6. Susceptibilidad a sismos, deslizamiento y derrumbes 64

IV.3.1.3. Suelo 67
IV.3.1.3.1. Estado de degradación y erosión del suelo 73
IV.3.1.3.2. Estado de la calidad química del suelo 80

IV.3.1.4. Agua 85
IV.3.1.4.1. Hidrología Superficial 86
IV.3.1.4.2. Hidrogeología 110

IV.3.1.5. Aire 136
IV.3.1.5.1. Evaluación de la calidad del aire 136
IV.3.1.5.2. Evaluación del ruido (presión sonora) 140

IV.3.2. Medio biótico 143

IV.3.2.1. Vegetación 144
IV.3.2.1.1. Caracterización de la vegetación en el SAR 144
IV.3.2.1.2. Perfil de vegetación en el SAR 167

IV.3.2.2. Fauna 217
IV.3.2.2.1. Regiones faunísticas 218
IV.3.2.2.2. Registros por grupo taxonómico 221
IV.3.2.2.3. Metodología y trabajo de campo ejecutado para el registro de la fauna silvestre 222
IV.3.2.2.4. Fauna silvestre del Sistema Ambiental Regional 224
IV.3.2.2.5. Fauna silvestre del Área del Proyecto (AP) 248
IV.3.2.2.6. Análisis comparativo de los índices de diversidad y abundancia en el SAR, AI y AP 266

IV.3.2.3. Servicios Ambientales 278

IV.3.3. Medio socioeconómico 281

Versión Pública

IV.3.3.1. Descripción socioambiental del semidesierto Zacatecano 281
IV.3.3.1.1. Comprensión socioambiental del semidesierto zacatecano 281
IV.3.3.1.2. Territorio y sociedad: vivir en el semidesierto zacatecano. Patrones y pautas de subsistencia regional 282
IV.3.3.2. Descripción General del Área de Influencia Social y de los Indicadores Sociodemográficos 284
IV.3.3.2.1. Descripción del Área de Influencia Social en el SAR 284
IV.3.3.2.2. Descripción de los Indicadores Sociodemográficos y Enfoques de Análisis 293
IV.3.3.2.3. Presencia indígena 391
IV.3.3.2.4. Cultura, historia y tradiciones 399
IV.3.3.2.5. Seguridad y Justicia 405
IV.3.3.2.6. Percepción social y grado de aceptación del desarrollo del Proyecto 417
IV.3.3.3. Plan de gestión social del Proyecto San Nicolás 425
IV.3.4. Paisaje 428
IV.3.4.1. Análisis de visibilidad 429
IV.3.4.2. Cuenca visual 429
IV.3.4.3. Unidades y elementos del paisaje 438
IV.3.4.4. Calidad paisajística 440
IV.3.4.5. Fragilidad visual del paisaje 442
IV.3.4.6. Influencia del Cambio Climático 447
IV.4. Diagnóstico ambiental 450

Versión Pública

Índice de Figuras

Figura IV.1 Rasgos hidrológicos, topográficos y sociales que permitieron definir y delimitar el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto San Nicolás. 26

Figura IV.2 Ubicación geográfica del Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el Proyecto San Nicolás. 27

Figura IV.3 Área de Influencia (AI) delimitada para el Proyecto San Nicolás. 28

Figura IV.4 Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) delimitados para el Proyecto. 29

Figura IV.5 Metodología de caracterización y análisis en campo y gabinete para el análisis retrospectivo de la línea base ambiental. 34

Figura IV.6 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 1990. 38

Figura IV.7 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2000. 39

Figura IV.8 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2010. 40

Figura IV.9 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2022. 41

Figura IV.10 Tipos de clima registrados y ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas. 45

Figura IV.11 Ubicación del Sistema Ambiental Regional (SAR) respecto a las provincias fisiográficas y a las subprovincias de la Provincia Fisiográfica La Mesa Central. 52

Figura IV.12 Las topoformas en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 53

Figura IV.13 Porcentaje de pendiente en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 54

Figura IV.14 Geología (unidades estratigráficas) en el Sistema Ambiental Regional. 56

Figura IV.15 Detalle de la geología (unidades estratigráficas) en el Área del Proyecto. 57

Figura IV.16 Gráfica del índice de plasticidad en las muestras de suelo del Área del Proyecto. 59

Figura IV.17 Relación entre el contenido de agua con la profundidad en los diferentes suelos. 60

Figura IV.18 Esfuerzo compresivo uniaxial de los núcleos de roca para el Área del Proyecto (AP) en el sitio de la presa de jales. 62

Figura IV.19 Estructuras (fallas y fracturas) en el Sistema Ambiental Regional. 65

Figura IV.20 Sismicidad y vulcanismo en el entorno del Sistema Ambiental Regional (SAR). 66

Versión Pública

Figura IV.21 Principales unidades edafológicas en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto. 69
Figura IV.22 Unidades edafológicas en el Área del Proyecto (ver la nomenclatura de los tipos de suelo en el Anexo IV.7). 70
Figura IV.23 Degradación de suelo en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia. 74
Figura IV.24 Riesgo actual a la erosión (con presencia de cobertura vegetal) en el Sistema Ambiental Regional. 76
Figura IV.25 Erosión actual (con presencia de cobertura vegetal) en el Área del Proyecto. 77
Figura IV.26 Erosión potencial (sin presencia de cobertura vegetal) en el Sistema Ambiental Regional. 78
Figura IV.27 Erosión potencial (sin cobertura vegetal) en el Polígono Envolvente Ambiental y el Área del Proyecto. 79
Figura IV.28 Ubicación de los sitios de muestreo de suelo superficial para determinar su calidad química. 82
Figura IV.29 Distribución puntual de la concentración de Vanadio (V) en muestras de suelo superficial. 83
Figura IV.30 Distribución puntual de la concentración de Arsénico (As) en muestras de suelo superficial. 84
Figura IV.31 Distribución de las regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas hidrológicas con relación al Sistema Ambiental Regional. 87
Figura IV.32 Distribución de los arroyos (intermitentes) y cuerpos de agua en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP). 88
Figura IV.33 Distribución de los bordos, represos, lagos y tanques (aprovechamientos superficiales) en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP). 92
Figura IV.34 Porcentaje de cuerpos de agua (bordos, represos y lagos) con agua superficial durante el periodo de monitoreo de junio-noviembre 2019 (Clifton, 2020). 93
Figura IV.35 Microcuencas hidrológicas en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 95
Figura IV.36 Zonas de inundación máxima en el Sistema Ambiental Regional (SAR) para un periodo de 100 años. 100
Figura IV.37 Zonas de inundación máxima en el Área de Influencia del Proyecto para un periodo de 100 años. 101
Figura IV.38 Ubicación de los acuíferos en relación con el Sistema Ambiental Regional, el Área de Influencia y el Área del Proyecto. 111
Figura IV.39 La profundidad al nivel estático (m) en pozos del Área de Influencia. 115

Versión Pública

Figura IV.40 La elevación del nivel estático (msnm) en pozos del Área de Influencia. 117
Figura IV.41 La profundidad al nivel estático (m) en los pozos del Sistema Ambiental Regional (SAR). 118
Figura IV.42 La elevación del nivel estático (msnm) en los pozos del Sistema Ambiental Regional (SAR). 119
Figura IV.43 Sitios de monitoreo de la presión sonora dentro de la zonificación propuesta en el Sistema Ambiental Regional. 141
Figura IV.44 Ubicación del Sistema Ambiental Regional con relación a la Provincias Florísticas de México (Rzedowski y Trujillo,1990). 146
Figura IV.45 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional. 147
Figura IV.46 Familias botánicas presentes en las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional. 148
Figura IV.47 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional. 163
Figura IV.48 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional. 164
Figura IV.49 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional. 165
Figura IV.50 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional. 165
Figura IV.51 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para la vegetación halófita en el Sistema Ambiental Regional. 166
Figura IV.52 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional. 167
Figura IV.53 Perfil estratigráfico de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Opuntia streptacantha*, 2. *Opuntia hyptiacantha*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Yucca decipiens*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*, 6. *Chloris virgata.* 168
Figura IV.54 Perfil estratigráfico de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Yucca decipiens*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Dalea bicolor,* 5. *Larrea tridentata,* 6. *Mimosa aculeaticarpa*, 7. *Eragrostis intermedia.* 168
Figura IV.55 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Mimosa aculeaticarpa*, 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Erioneuron pulchellum*, 5. *Yucca decipiens*. 169

Versión Pública

Figura IV.56 Perfil estratigráfico de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Vachellia schaffneri,* 2. *Muhlenbergia rigida,* 3. *Vachellia vernicosa*, 4 y 5 *Prosopis laevigata*. 169

Figura IV.57 Perfil estratigráfico de vegetación halófita en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata,* 2. *Aristida adscensionis*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Opuntia cantabrigiensis.* 170

Figura IV.58 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Quercus cordifolia,* 2. *Yucca decipiens*, 3. *Dalea bicolor*, 4. *Dodonaea viscosa*, 5. *Muhlenbergia rigida.* 171

Figura IV.59 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Mimosa aculeaticarpa*, 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Jatropha dioica*, 4 *Erioneuron pulchellum*, 5. *Yucca decipiens*, 6. *Opuntia* streptacantha y 7. *Opuntia hyptiacantha.* 171

Figura IV.60 Perfil estratigráfico de bosque de mezquite en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Muhlenbergia rigida* y 3. *Vachellia vernicosa*. 172

Figura IV.61 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies:1. *Dalea bicolor*, 2. *Muhlenbergia rigida*, 3. *Vachellia vernicosa,* 4. *Prosopis laevigata*, 5. *Bouteloua gracilis,* 6. *Vachellia schaffneri.* 172

Figura IV.62 Perfil estratigráfico de pastizal natural en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata*, 2. *Dalea bicolor*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Aristida adscensionis*, 5. *Bouteloua gracilis.* 173

Figura IV.63 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata,* 2. *Dalea bicolor*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Aristida adscensionis*, 5. *Bouteloua gracilis*, 6. *Vachellia vernicosa* y 7. *Prosopis laevigata.* 173

Figura IV.64 Mapa de usos del suelo y tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional. 175

Figura IV.65 Vista del Matorral Desértico Micrófilo presente en el SAR, con presencia de *Larrea tridentata y Yucca decipiens*..... 176

Figura IV.66 Matorral Crasicaule con individuos dominantes *Opuntia streptacantha* y *Dalea bicolor*. 177

Figura IV.67 Mezquital Xerófilo con dominancia del estrato arbóreo y arbustivo, con individuos de *Prosopis laevigata*, *Vachellia schaffneri* y *Aloysia gratissima.* 178

Figura IV.68 Vegetación Halófila con dominancia del estrato arbustivo, presencia de individuos *Brickellia laciniata.* 178

Figura IV.69 Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo mostrando abundancia de especies de la familia Poaceae. 179

Versión Pública

Figura IV.70 Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino en la parte alta de los cerros, se observan individuos de *Quercus cordifolia*, *Yucca decipiens* y arbustos *como Dodonaea viscosa* y *Dalea bicolor*. 180

Figura IV.71 Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo, se observan individuos de *Prosopis laevigata* con una dominancia en el estrato arbóreo. En el estrato herbáceo, se observan especies del género Poaceae. 180

Figura IV.72 Formas vitales de las especies presentes por tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional. 182

Figura IV.73 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en el Área del Proyecto (2017-2018). 195

Figura IV.74 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en polígonos forestales del Área del Proyecto (noviembre 2021). 196

Figura IV.75 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en polígonos forestales del Área del Proyecto (agosto-septiembre, 2022). 197

Figura IV.76 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral crasicaule en el Área del Proyecto. 206

Figura IV.77 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto. 207

Figura IV.78 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto. 208

Figura IV.79 Perfil estratigráfico de matorral crasicaule en el Área del Proyecto, especies: 1. *Opuntia streptacantha*, 2. *Acacia neovernicosa*, 3. *Muhlenbergia rigida*, 4. *Yucca decipiens*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*. 208

Figura IV.80 Perfil estratigráfico de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Larrea tridentata*, 3. *Sanvitalia procumbens*, 4. *Jatropha dioica*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*, 6. *Yucca decipiens*, 7. *Mimosa aculeaticarpa*. 209

Figura IV.81 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, especies: 1. *Dalea bicolor,* 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Buddleja scordioides*, 4. *Bothriochloa barbinodis*, 5. Opuntia *streptacantha.* 209

Figura IV.82 Mapa de uso de suelo y tipo de vegetación en el Área del Proyecto 211

Figura IV.83 Matorral Desértico Micrófilo presente en el Área del Proyecto. Presencia de *Larrea tridentata.* 212

Figura IV.84 Matorral Crasicaule presente en el Área del Proyecto. Se observan individuos de *Yucca decipiens, Opuntia streptacantha,* y arbustos de *Vachellia vernicosa* y *Larrea tridentata*. 213

Figura IV.85 Vista de la Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo presente en el Área del Proyecto. Se observan una dominancia del estrato arbustivo con individuos de *Larrea tridentata* y en el estrato

Versión Pública

herbáceo a *Bothriochloa barbinodis.* Al fondo se observa una parte de la zona urbana. 213

Figura IV.86 Regionalización Biótica establecida por Morrone (2001ª, b, 2002c, 2004ª) para todo el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema Ambiental Regional. 219

Figura IV.87 Regiones zoogeográficas que se establecen para el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema Ambiental Regional. 220

Figura IV.88 Representación esquemática de los recorridos o transectos efectuados durante el trabajo de campo para el registro faunístico en el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto. 223

Figura IV.89 Número de especies de fauna con alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN o CITES registradas en el Sistema Ambiental Regional. 225

Figura IV.90 Mapa esquemático de rutas migratorias de aves de Norte América. Tomado de: http://birding.about.com/od/birdingbasics/ss/North-America-Migration-Flyways.htm. 229

Figura IV.91 Unidad de Manejo Ambiental (UMA) "El Milagro", ubicada dentro del Área de Influencia del Proyecto. 247

Figura IV.92 Zonificación del COBIOCOM y su ubicación dentro del Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 262

Figura IV.93 a) Modelo de corrientes; b) modelo de topoformas; c) cuerpos de agua, usos de suelo y vegetación; d) registros de tlacoyote (*Taxidea taxus*); e) registros de roedores y f) Modelo de corredor biológico o rutas de desplazamiento para el tlalcoyote (*Taxidea taxus*)..... 263

Figura IV.94 Áreas potenciales de anidación para aves rapaces en el Sistema Ambiental Regional. 265

Figura IV.95 Curva de rango-abundancia del ensamble de anfibios y reptiles registradas para el Sistema Ambiental Regional. 269

Figura IV.96 Curva de rango-abundancia del ensamble de aves registradas para el Sistema Ambiental Regional. 271

Figura IV.97 Curva de rango-abundancia del ensamble de mamíferos registradas para el Sistema Ambiental Regional. 273

Figura IV.98 Curva de rango-abundancia del ensamble de anfibios y reptiles registradas en el Área del Proyecto. 274

Figura IV.99 Curva de rango-abundancia del ensamble de aves registradas para el Área del Proyecto. 276

Figura IV.100 Curva de rango-abundancia del ensamble de mamíferos registradas en el Área del Proyecto. 277

Figura IV.101 Municipios y Localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia Social (AI). 289

Versión Pública

Figura IV.102 Distribución de la población total a nivel municipal dentro del Sistema Ambiental Regional en el periodo 2000-2020. 296
Figura IV.103 Número total de viviendas habitadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 297
Figura IV.104 Descripción de la PEA y PEI en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 297
Figura IV.105 Distribución de la población por rango en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia. 301
Figura IV.106 Distribución de hogares en el Sistema Ambiental Regional. 302
Figura IV.107 Características de las viviendas con piso de tierra en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 307
Figura IV.108 Número de viviendas que no cuentan con acceso a infraestructura de energía eléctrica, agua y drenaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 308
Figura IV.109 Características de las viviendas con energía eléctrica, agua entubada, letrina y drenaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 311
Figura IV.110 Características de las viviendas que contienen refrigerador, lavadora y microondas en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 312
Figura IV.111 Características de las viviendas que poseen automóvil, motocicleta o bicicleta en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 317
Figura IV.112 Características de las viviendas que cuentan con radio, televisión, computadora y línea telefónica fija en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 321
Figura IV.113 Características de las viviendas que poseen teléfono celular, servicio de internet, televisión de paga y consola de video juegos en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 322
Figura IV.114 Distribución de la infraestructura educativa en el Sistema Ambiental Regional. 325
Figura IV.115 Grado promedio de escolaridad entre mujeres y hombres en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social. 328
Figura IV.116 Población de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia Social y población analfabeta de 15 años y más. 328
Figura IV.117 Distribución de la población analfabeta por género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social. 329
Figura IV.118 Distribución de la población con primaria incompleta por género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 335
Figura IV.119 Total de población analfabeta dentro del Sistema Ambiental Regional. 336
Figura IV.120 Distribución de la población con derecho a la seguridad social en materia de salud el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social. 339

Versión Pública

Figura IV.121 Distribución de la población con derecho a la seguridad social en materia de salud por institución de atención en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 340

Figura IV.122 Porcentajes de derechohabiencia de la población dentro del Sistema Ambiental Regional, el Área de Influencia Social, el Estado de Zacatecas y el país. 341

Figura IV.123 Enfermedades más frecuentes registradas en mujeres en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. 342

Figura IV.124 Enfermedades más frecuentes registradas en hombres en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. 343

Figura IV.125 Mortalidad en localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional. 345

Figura IV.126 Distribución de la infraestructura para la recreación y el deporte en el Área de Influencia. 348

Figura IV.127 Distribución de la población vulnerable de acuerdo a porcentaje en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional. 349

Figura IV.128 Distribución de la población con algún tipo de discapacidad para ver, caminar, hablar, oír, vestirse o recordar, en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 354

Figura IV.129 Distribución de la población de mujeres por porcentaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 356

Figura IV.130 Porcentaje de población nacida en otra entidad por comunidad en el Área de Influencia. 359

Figura IV.131 Porcentaje de población femenina y masculina nacida en otra entidad y radicada en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 362

Figura IV.132 Movilidad de la población en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia. 363

Figura IV.133 Porcentaje de viviendas que disponen de agua entubada, tinaco, sanitario, letrina y drenaje sanitario en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 366

Figura IV.134 Percepción de la población entrevistada sobre la situación del agua en el Área de Influencia. 368

Figura IV.135 Distribución de los principales caminos locales, regionales y federales en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 371

Figura IV.136 Distribución de las viviendas que disponen o no de energía eléctrica en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social. 374

Figura IV.137 Distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) por rangos de porcentaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social. 378

Figura IV.138 Población Económicamente Activa (PEA) en el Área de Influencia Social. 379

Versión Pública

Figura IV.139 Distribución de la población de 12 años y más ocupada por condición de género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 382
Figura IV.140 Porcentaje de población ocupada en relación con la Población Económicamente Activa en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional. 383
Figura IV.141 Ingreso mensual promedio por población ocupada en el Área de Influencia y algunas localidades del Sistema Ambiental Regional 387
Figura IV.142 Porcentaje de población con religión católica, protestante, cristiano evangélico, o sin adscripción religiosa en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 390
Figura IV.143 Distribución del porcentaje de población por tipo de creencias..... 391
Figura IV.144 Localidades identificadas con población indígena y porcentajes en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia. 394
Figura IV.145 Población indígena en el Sistema Ambiental Regional en el periodo 2010-2020..... 395
Figura IV.146 Las Regiones Indígenas de México en relación con la localización del Sistema Ambiental Regional. 396
Figura IV.147 Ubicación de la región indígena Huicot o Gran Nayar, con respecto de la ubicación del Sistema Ambiental Regional. 397
Figura IV.148 Ruta del "Camino Real de Tierra Adentro" en el territorio nacional y la ubicación del Sistema Ambiental Regional. 402
Figura IV.149 El Camino Real de Tierra Adentro en el Estado de Zacatecas y la ubicación del Sistema Ambiental Regional..... 403
Figura IV.150 Templo de Nuestra Señora de los Dolores y polígono de protección en la cabecera municipal de Villa González Ortega. 404
Figura IV.151 Número de extorsiones por municipio en el Sistema Ambiental Regional. 406
Figura IV.152 Número de homicidios dolosos por municipio en el Sistema Ambiental Regional. 407
Figura IV.153 Homicidios dolosos al cierre de diciembre 2020 en la macro región del Sistema Ambiental Regional. 408
Figura IV.154 Número de secuestros por municipio en el Sistema Ambiental Regional. Índice de Desarrollo Humano y Rezago Social..... 408
Figura IV.155 Índice de Desarrollo Humano Municipal en el Sistema Ambiental Regional. 410
Figura IV.156 Grado de Rezago Social de los Municipios dentro del Sistema Ambiental Regional en el periodo 2000-2015. 412
Figura IV.157 Medición de la pobreza por municipio. Número de habitantes y porcentaje de personas que viven en condición de pobreza y pobreza extrema 2015. 414

Versión Pública

Figura IV.158 Porcentaje de personas que están de acuerdo con el desarrollo de un proyecto minero en la zona en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional. 420
Figura IV.159 Porcentaje de aceptación del desarrollo del Proyecto San Nicolás en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional. 421
Figura IV.160 Percepción de la población en relación con posibles efectos en el agua ocasionados por el desarrollo del proyecto minero en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional. 422
Figura IV.161 Percepción de los niveles máximos y mínimos expresados por las personas entrevistadas al hablar de los posibles efectos en el desarrollo del proyecto minero en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional. 423
Figura IV.162 Análisis de correlación entre el grado de escolaridad y la apreciación de la importancia de la actividad minera para México y Zacatecas. 424
Figura IV.163 Tipo de palabras que los encuestados relacionan con Minas de San Nicolás. 424
Figura IV.164 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación en su estado de línea base (actual). 431
Figura IV.165 Ubicación de los puntos de visión para el análisis de la cuenca visual. 432
Figura IV.166 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 1 a 4. 433
Figura IV.167 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 5 a 8. 434
Figura IV.168 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 9 a 12. 435
Figura IV.169 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 13 a 16. 436
Figura IV.170 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 17 a 20. 437
Figura IV.171 Unidades del Paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 439
Figura IV.172 Calidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 441
Figura IV.173 Fragilidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 445
Figura IV.174 Erosión actual del suelo en el Área del Proyecto. 453
Figura IV.175 Vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto, destacando la amplia cobertura vegetal en su estado de línea base. 454
Figura IV.176 Zonas de inundación máximas en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto. 455

Versión Pública

Figura IV.177 Áreas vulnerables a impactos ambientales asociados a procesos de erosión hídrica provocada por la pendiente del terreno en el Área de Influencia y Área del Proyecto. 466

Figura IV.178 Áreas vulnerables a impactos ambientales asociados a procesos de inundación por eventos de precipitación extrema en el Área de Influencia y Área del Proyecto. 467

Figura IV.179 Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por procesos de contaminación natural y antropógena de agua superficial en el Área de Influencia y Área del Proyecto. 468

Figura IV.180 Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por la fragmentación de hábitats y de rutas de desplazamiento de fauna silvestre, provocada por la eliminación de cobertura vegetal en el Área de Influencia y Área del Proyecto. 469

Índice de Cuadros

Versión Pública

Cuadro IV.1 Componentes y subcomponentes evaluados dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). 30

Cuadro IV.2 Superficies y porcentaje del uso de suelo y vegetación que presenta la región de estudio para los periodos 1990, 2000, 2010 y 2022. 37

Cuadro IV.3 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas. 42

Cuadro IV.4 Precipitación mensual de octubre 2017 a diciembre 2018 en la estación San Nicolás. 47

Cuadro IV.5 Número de días en que se presentan distintos fenómenos meteorológicos, registrados de 1951 a 2010. 49

Cuadro IV.6 Propiedades geotécnicas del suelo en el Área del Proyecto. 58

Cuadro IV.7 Resultados de la prueba de esfuerzo cortante en suelos del Área del Proyecto (AP) 61

Cuadro IV.8 Peso volumétrico y esfuerzo compresivo uniaxial de las rocas del Área del Proyecto (AP) 62

Cuadro IV.9 Índice de resistencia a carga puntual Is_{50} en el Área del Proyecto (AP). 63

Cuadro IV.10 Eventos sísmicos mayores dentro de un radio de 200 km alrededor del Sistema Ambiental Regional. 67

Cuadro IV.11 Método de preparación de muestra (digestión) y de análisis de las muestras de suelo superficial. 80

Cuadro IV.12 Estadísticas básicas y criterios de referencia de aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en el análisis multielemental de muestras de suelo superficial. 81

Cuadro IV.13 Principales parámetros hidrológicos de las Subcuencas Hidrológicas donde se encuentra el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2021). 89
Cuadro IV.14 Características fisiográficas de los arroyos principales en cada microcuenca. 93
Cuadro IV.15 Escurrimiento medio anual por microcuenca en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 96
Cuadro IV.16 Longitud del arroyo, tiempo de concentración y número de curvas por microcuenca. 96
Cuadro IV.17 Gastos de diseño para varios periodos de retorno según la metodología de hidrograma unitario triangular. 97
Cuadro IV.18 Resultados del análisis de línea base de agua superficial en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás. 104
Cuadro IV.19 Concentraciones medias de elementos analizados en el agua superficial en el SAR, considerados como concentraciones líneas base previa actividades del Proyecto. 109
Cuadro IV.20 Confinamiento hidráulico del agua subterránea. 121
Cuadro IV.21 Granulometría y litología sobreyacente. 121
Cuadro IV.22 Profundidad del agua subterránea. 122
Cuadro IV.23 Volumen de agua subterránea disponible en los acuíferos La Blanca y Loreto. 124
Cuadro IV.24 Cantidad de aprovechamientos y volumen de descarga concesionada en el Sistema Ambiental Regional (REPDA-CONAGUA, 2023). 125
Cuadro IV.25 Calidad del agua subterránea acuífero La Blanca (CONAGUA, 2016). 127
Cuadro IV.26 Calidad del agua subterránea acuífero Loreto (CONAGUA, 2016). 128
Cuadro IV.27 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás. 130
Cuadro IV.28 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en norias y en pozos muestreados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás. 133
Cuadro IV.29 Valores de emisiones para los estados de San Luis Potosí y Zacatecas y los municipios donde se localiza el Sistema Ambiental Regional (SAR), según el Inventario Nacional de Emisiones (2016). 136
Cuadro IV.30 Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente (2016) en los municipios donde se localiza el Sistema Ambiental Regional (SAR). 137
Cuadro IV.31 Parámetros normativos de calidad del aire objeto del monitoreo para el Proyecto San Nicolás. 137

Versión Pública

Cuadro IV.32 Concentración de línea base propuesta para la calidad ambiental por material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en el Sistema Ambiental Regional – Promedio 24 horas (basada en los monitoreos realizados en el periodo 2017-2022 por el método normado HiVol). 139

Cuadro IV.33 Promedio de presión sonora mensual y presión sonora promedio por zona. 142

Cuadro IV.34 Valores más altos de promedio general por punto de muestreo. 142

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo). 149

Cuadro IV.36 Cálculo de tamaño de muestra del tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto (Y = Promedio muestral, S= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, E= Error de muestreo, f= Grados de libertad, T= T de prueba de student). 162

Cuadro IV.37 Uso de suelo y tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 174

Cuadro IV.38 Número de especies por estrato y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional. 182

Cuadro IV.39 Datos ecológicos estructurales por estrato y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional. 183

Cuadro IV.40 Datos ecológicos de diversidad de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional. 188

Cuadro IV.41 Datos ecológicos de diversidad de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional. 189

Cuadro IV.42 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional. 189

Cuadro IV.43 Datos ecológicos de diversidad de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional. 190

Cuadro IV.44 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación halófila en el Sistema Ambiental Regional. 190

Cuadro IV.45 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional. 191

Cuadro IV.46 Especies reportadas en el Sistema Ambiental Regional, listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 192

Cuadro IV.47 Especies clasificadas de importancia biológica en el Sistema Ambiental Regional. 193

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de

Versión Pública

noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).....198
Cuadro IV.49 Uso de suelo y tipos de vegetación en el Área del Proyecto (AP).....210
Cuadro IV.50 Formas de vida, número de especies y tipos de vegetación en el Área del Proyecto. 214
Cuadro IV.51 Datos ecológicos estructurales por estrato y tipo de vegetación en el Área del Proyecto. 214
Cuadro IV.52 Datos ecológicos de diversidad por estrato y tipo de vegetación en el Área del Proyecto. 215
Cuadro IV.53 Especies en categoría de NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área del Proyecto. 216
Cuadro IV.54 Especies de interés biológica registradas en el Área del Proyecto. 217
Cuadro IV.55 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Sistema Ambiental Regional. 225
Cuadro IV.56 istado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental Regional. 230
Cuadro IV.57 Listado de murciélagos registrados en el Sistema Ambiental Regional. 234
Cuadro IV.58 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental Regional.....236
Cuadro IV.59 Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el Estado de Zacatecas del periodo 2021-2022.....244
Cuadro IV.60 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Área del Proyecto. 249
Cuadro IV.61 Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el Área del Proyecto. 252
Cuadro IV.62 Listado de murciélagos registrados en el Área del Proyecto. 254
Cuadro IV.63 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie en el Área del Proyecto. 256
Cuadro IV.64 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 267
Cuadro IV.65 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de anfibios y reptiles en el Sistema Ambiental Regional. 267
Cuadro IV.66 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill en el Sistema Ambiental Regional. 268
Cuadro IV.67 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de aves en el Sistema Ambiental Regional. 270

Versión Pública

Cuadro IV.68 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para aves en el Sistema Ambiental Regional. 270
Cuadro IV.69 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de los mamíferos en el Sistema Ambiental Regional. 271
Cuadro IV.70 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para mamíferos en el Sistema Ambiental Regional. 272
Cuadro IV.71 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de anfibios y reptiles en el Área del Proyecto. 273
Cuadro IV.72 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill de anfibios y reptiles en el Área del Proyecto. 274
Cuadro IV.73 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de aves en el Área del Proyecto. 275
Cuadro IV.74 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para aves en el Área del Proyecto. 275
Cuadro IV.75 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para los mamíferos en el Área del Proyecto. 276
Cuadro IV.76 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para mamíferos en el Área del Proyecto. 277
Cuadro IV.77 Distribución del área total del Sistema Ambiental Regional (SAR) por municipio, población y porcentaje. 288
Cuadro IV.78 Municipios y localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR). 290
Cuadro IV.79 Dimensiones de análisis para la caracterización sociodemográfica del Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia. 294
Cuadro IV.80 Enfoques de análisis (elaboración propia). 295
Cuadro IV.81 Población en el Sistema Ambiental Regional. 299
Cuadro IV.82 Distribución de hogares y población por localidad y jefatura masculina y femenina en el Sistema Ambiental Regional. 302
Cuadro IV.83 Habitantes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional. 304
Cuadro IV.84 Viviendas con piso de tierra en el Sistema Ambiental Regional. 306
Cuadro IV.85 Servicios en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional. 309
Cuadro IV.86 Bienes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional. 313
Cuadro IV.87 Medios de movilidad en las viviendas del Sistema Ambiental Regional. 315
Cuadro IV.88 Medios de comunicación en las viviendas. 318
Cuadro IV.89 Medios de Comunicación en las viviendas. 323
Cuadro IV.90 Grado Promedio de Escolaridad por municipio en el Sistema Ambiental Regional. 326

Versión Pública

Cuadro IV.91 Población analfabeta de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional. 330
Cuadro IV.92 Población mayor a 15 años con primaria incompleta. 332
Cuadro IV.93 Unidades médicas en servicio en los municipios del Área de Influencia. 336
Cuadro IV.94 Población derechohabiente en el Sistema Ambiental Regional. 337
Cuadro IV.95 Enfermedades en la localidad según percepción social. 344
Cuadro IV.96 Mortalidad de la población en el Área de Influencia Social. 346
Cuadro IV.97 Infraestructura para la recreación y deporte en el Área de Influencia. 347
Cuadro IV.98 Población en situación de vulnerabilidad en el Sistema Ambiental Regional. 350
Cuadro IV.99 Población con alguna discapacidad en el Sistema Ambiental Regional. 352
Cuadro IV.100 Mujeres en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia Social. 354
Cuadro IV.101 Índice absoluto y grado de intensidad migratoria 2010. 358
Cuadro IV.102 Población nacida en el Estado de Zacatecas y fuera de la entidad en el Sistema Ambiental Regional. 360
Cuadro IV.103 Disponibilidad de agua entubada, tinaco, letrina y drenaje sanitario en las viviendas dentro del Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional. 364
Cuadro IV.104 Viviendas particulares habitadas por municipio según distribución porcentual de eliminación de residuos. 369
Cuadro IV.105 Longitud de la red carretera por municipio dentro del Área de Influencia. 370
Cuadro IV.106 Volumen de las ventas de energía eléctrica (Megawatts-hora) por municipio según tipo de servicio. 372
Cuadro IV.107 Cobertura de energía eléctrica en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia. 373
Cuadro IV.108 Principales actividades económicas del Estado de Zacatecas. 375
Cuadro IV.109 Población económicamente activa en el Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional. 376
Cuadro IV.110 Población ocupada en el Área de Influencia Social y en el Sistema Ambiental Regional en relación con la Población Económicamente Activa. 380
Cuadro IV.111 Principales actividades económicas realizadas por la población. 385
Cuadro IV.112 Adscripción religiosa en el Área de Influencia Social y el Sistema Ambiental Regional. 388
Cuadro IV.113 Población indígena en las localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional, grado de marginación por comunidad con información de 2010 y 2020. 392

Versión Pública

Cuadro IV.114 Distribución de la población indígena según agrupación lingüística en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera en el Estado de Zacatecas en el año 2010. 398
Cuadro IV.115 Tasa de delitos más frecuentes en el Estado de Zacatecas. 405
Cuadro IV.116 Indicadores del Índice de Desarrollo Humano. 411
Cuadro IV.117 Medición de la Pobreza, Zacatecas, 2018. Porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, 2008-2018. 415
Cuadro IV.118 Medición de la pobreza por municipio y entidad. Número de habitantes y porcentaje de personas que viven en condición de pobreza y pobreza extrema 2010–2015. 416
Cuadro IV.119 Resultados cuantitativos generales de los tres Estudios de Opinión. 418
Cuadro IV.120 Componentes del Plan de Gestión Social. 426
Cuadro IV.121 Visibilidad al Área del Proyecto desde diferentes puntos de visión. 429
Cuadro IV.122 Unidades de Paisaje registradas en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 438
Cuadro IV.123 Calidad visual del paisaje en las unidades del paisaje 440
Cuadro IV.124 Fragilidad visual del paisaje en las unidades de paisaje 443

Versión Pública

Listado de Anexos

Anexo IV.1 Plano de ubicación geográfica del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del Área de Influencia
Anexo IV.2 Análisis de la Definición del Área de Influencia (AI)
Anexo IV.3 Metodología de caracterización del sistema abiótico
Anexo IV.4 Bases de datos meteorológicos
Anexo IV.5 Metodología de muestreo y caracterización de suelo
Anexo IV.6 Base de datos de la caracterización de suelo
Anexo IV.7 Mapas de ubicación de los sitios de muestreo de suelo
Anexo IV.8 Reportes de resultados del muestreo y caracterización del suelo
Anexo IV.9 Base de datos de resultados del análisis multielemental de muestras de suelo superficial
Anexo IV.10 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización del suelo
Anexo IV.11 Cálculo de la erosión del suelo en el SAR
Anexo IV.12 Plano de microcuencas hidrológicas e hidrología superficial del SAR y AI

Anexo IV.13	Estudio de la hidrología superficial de las microcuencas en el SAR y AI
Anexo IV.14	Base de datos y mapa de ubicación de aprovechamientos de agua superficial en SAR y AI
Anexo IV.15	Informe de la calidad química del agua superficial en el SAR.
Anexo IV.16	Mapas con la ubicación de los puntos de muestreo de calidad del agua superficial
Anexo IV.17	Base de datos de los resultados de muestreos de calidad del agua superficial
Anexo IV.18	Bitácoras de muestreo y cadenas de custodia de muestreos de calidad del agua superficial
Anexo IV.19	Reportes de resultados del muestreo de calidad del agua superficial
Anexo IV.20	Mapas del análisis de la calidad del agua superficial
Anexo IV.21	Anexo fotográfico del muestreo de calidad del agua superficial
Anexo IV.22	Plano de Hidrogeología subterránea en el SAR y AI
Anexo IV.23	Estudio Hidrogeología subterránea en el SAR y AI
Anexo IV.24	Mapa de distribución de la profundidad y elevación de niveles estáticos en el SAR y AI
Anexo IV.25	Base de datos de los aprovechamientos de agua subterránea en SAR y AI
Anexo IV.26	Mapa de ubicación de los sitios de aprovechamiento de agua subterránea en SAR y AI
Anexo IV.27	Mapas de ubicación de puntos de muestreo del agua subterránea
Anexo IV.28	Informe de la calidad química del agua subterránea en el SAR
Anexo IV.29	Base de datos de muestreos de calidad del agua subterránea
Anexo IV.30	Bitácoras de muestreos de calidad del agua subterránea
Anexo IV.31	Cadenas de custodia y reportes de resultados del muestreo de calidad del agua subterránea
Anexo IV.32	Mapas del análisis de la calidad del agua subterránea
Anexo IV.33	Anexo fotográfico del muestreo del agua subterránea
Anexo IV.34	Metodología de caracterización de calidad del aire
Anexo IV.35	Plano de ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire
Anexo IV.36	Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire
Anexo IV.37	Base de datos de resultados del muestreo de calidad del aire
Anexo IV.38	Fichas de muestreo de calidad del aire
Anexo IV.39	Reportes de resultados del muestreo de calidad del aire
Anexo IV.40	Archivo fotográfico del muestreo de calidad del aire
Anexo IV.41	Base de datos del monitoreo de la presión sonora

Versión Pública

Anexo IV.42 Metodología de caracterización de vegetación
Anexo IV.43 Plano georreferenciado de vegetación y uso de suelo
Anexo IV.44 Planos de ubicación de los sitios de muestreo de vegetación
Anexo IV.45 Fichas de campo de los muestreos de vegetación
Anexo IV.46 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización de la vegetación
Anexo IV.47 Descripción y análisis de la caracterización de la vegetación en el AI
Anexo IV.48 Fichas técnicas de la flora silvestre identificada en el AP
Anexo IV.49 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el SAR
Anexo IV.50 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el AI
Anexo IV.51 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el AP
Anexo IV.52 Metodología de caracterización de fauna silvestre
Anexo IV.53 Plano y mapas de ubicación de sitios de muestreo de fauna silvestre
Anexo IV.54 Fichas de campo de los muestreos de fauna silvestre
Anexo IV.55 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización de la fauna silvestre
Anexo IV.56 Descripción y análisis de la caracterización de la fauna silvestre en el AI
Anexo IV.57 Bases de datos del muestreo de fauna silvestre
Anexo IV.58 Bases de datos de registros de fauna silvestre
Anexo IV.59 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el SAR
Anexo IV.60 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el AI
Anexo IV.61 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el AP
Anexo IV. 62 Plano susceptibilidad a colapsos
Anexo IV. 63 Plano diagnóstico ambiental

Versión Pública

IV. Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

Para este propósito, se llevó a cabo trabajo de gabinete y de campo en las áreas definidas como Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP), lo cual fue realizado por equipos de especialistas interdisciplinarios durante el periodo 2017-2022. La información obtenida de la documentación bibliográfica y del trabajo en campo de la línea base ambiental y social se comparó con la publicada por fuentes oficiales, tal como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Servicio Geológico Mexicano (SGM), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como de distintas fuentes bibliográficas especializadas. La integración de la información se realizó a partir de las características de los elementos descritos por INEGI, completada con información de campo.

Versión Pública

IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el Proyecto

El **Sistema Ambiental Regional** (**SAR)** se define como un espacio geográfico delimitado a partir de la interacción homogénea de los componentes ambientales abióticos, bióticos y socioeconómicos. Para la delimitación del SAR, se utilizaron varios de los criterios recomendados por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (DGIRA-SEMARNAT) en sus Lineamientos Técnicos (SEMARNAT, 2012), en particular: [a] las cuencas y microcuencas involucradas espacialmente en el AP y su AI; [b] los rasgos geomorfológicos entre las microcuencas; [c] factores sociales, como la presencia y distribución espacial de los centros de población que pueden tener o recibir influencia del Proyecto; y [iv] que toda influencia o interacción ambiental del Proyecto estuviera inmersa dentro del SAR propuesto.

El Proyecto se encuentra en una planicie con pendientes predominantemente menores a 5 grados y sin la presencia de elementos dominantes del relieve que puedan constituir barreras topográficas. Si bien las subcuencas y microcuencas existentes en la región donde se ubica el Proyecto pueden cubrir extensiones relativamente grandes; todos los cursos de agua son intermitentes, con carga de agua exclusivamente durante eventos de precipitación pluvial. Dado que el Proyecto se ubica en una planicie sin barreras topográficas y bajo condiciones semiáridas; son comunes eventos de vientos extremos que arrastran material particulado predominantemente durante la temporada seca. Tomando en consideración estas características; la delimitación del

SAR ha sido hecha de manera conservadora y abarcando una superficie extensa; lo cual es resultado de la aplicación de los límites de las microcuencas existentes como el criterio ambiental dominante, como se describe enseguida y se representa espacialmente en la **Figura IV.1** y el **Anexo IV.1**:

- Límite W: definido por las microcuencas El Tule, La Presita y El Sapo, que reportan a los Lagos El Tule y El Sapo, los cuales se ubican aguas abajo del AP y que representan los sitios finales de escorrentías superficiales que atraviesan al AP;
- Límite N: definido por la microcuenca El Tule y rasgos topográficos en la misma microcuenca;
- Límite E: definido por las microcuencas El Tule, Las Adjuntas, Las Cruces Oriente y Las Lajas, dada su proximidad al AP;
- Límite Sur: definido por los límites y rasgos topográficos en las microcuencas El Sapo y Las Lajas, así como por poblaciones cercanas del AP.

A partir de estos criterios, quedó definido el SAR, que se representa geográficamente en la **Figura IV.2**, donde se llevó a cabo la caracterización del estado actual de los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos. El SAR presentado en la **Figura IV.1** y en la **Figura IV.2** representa una superficie de 102,890.146 ha, donde se incluye el AP y su AI (**Figura IV.2**). Para ello, dentro de esta configuración propuesta del SAR, se analizó la distribución geográfica del AI conforme lo recomendado en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) de la DGIRA-SEMARNAT. En el **Anexo IV.2** se precisa el detalle de la metodología utilizada para definir el AI del Proyecto, donde se incluyeron los criterios relevantes para delimitar el AI del Proyecto.

Versión Pública

Se entiende por **Área de Influencia (AI)** como el área donde se pretende insertar el proyecto, cuya amplitud puede llegar a tener los efectos o impactos ambientales de las obras y actividades asociadas al desarrollo del Proyecto. Los criterios utilizados para definir el AI son los siguientes (ver el detalle en **Anexo IV.2**):

- Análisis de áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII).
- Áreas y épocas sensibles, de riesgos y de peligro, las cuales son definidas a partir del Atlas Nacional de Riesgos (http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; CENAPRED, 2021), donde no se reconocen zonas de riesgo alto a muy alto a inundaciones, sequías, tormentas eléctricas, granizo, ondas cálidas, ciclones tropicales, bajas temperaturas, movimientos sísmicos, por sustancias inflamables, por sustancias tóxicas o por residuos mineros dentro del SAR ni en el Municipio de Villa González Ortega, Zac.

- Área cuyos efectos significativos potencialmente pueden presentarse más allá del área de influencia directa del proyecto y que sean acumulativos con el desarrollo del mismo, considerando aspectos tales como la dispersión de contaminantes, la afectación del tránsito de especies, etc.
- Áreas dentro de las cuales en el periodo de tiempo en el cual el proyecto pueda alcanzar a afectar espacios geográficos de manera acumulativa, permanente y/o después de un periodo de latencia (manifestación tardía del impacto).

Una vez evaluados los distintos criterios que determinan el AID y el AII para el Proyecto, se procedió a la superposición de estas áreas y se obtuvo un polígono único que delimita el AI del Proyecto y que se muestra en la **Figura IV.3** La superficie delimitada para el AI es de 16,785.355 ha, que equivale al 16.3% de la superficie total del SAR.

El AI delimitada se encuentra totalmente dentro del SAR propuesto para el Proyecto (**Figura IV.4**) e incluye el Polígono Envolvente Ambiental (PEA) y el del AP. En el **Anexo IV.1** se presenta el plano georreferenciado con la ubicación geográfica del SAR, AI, PEA y AP.

El **Polígono Envolvente Ambiental (PEA)** representa la superficie propiedad de Minas de San Nicolás, o bien, donde es poseedor de un convenio de ocupación temporal de los terrenos, tal como se describe y ubica ampliamente en el Capítulo II de esta MIA-R. El PEA representa una superficie de 4,681.686 ha, tal como se representa en la **Figura IV.2**, **Figura IV.3** y **Figura IV.4**.

Versión Pública

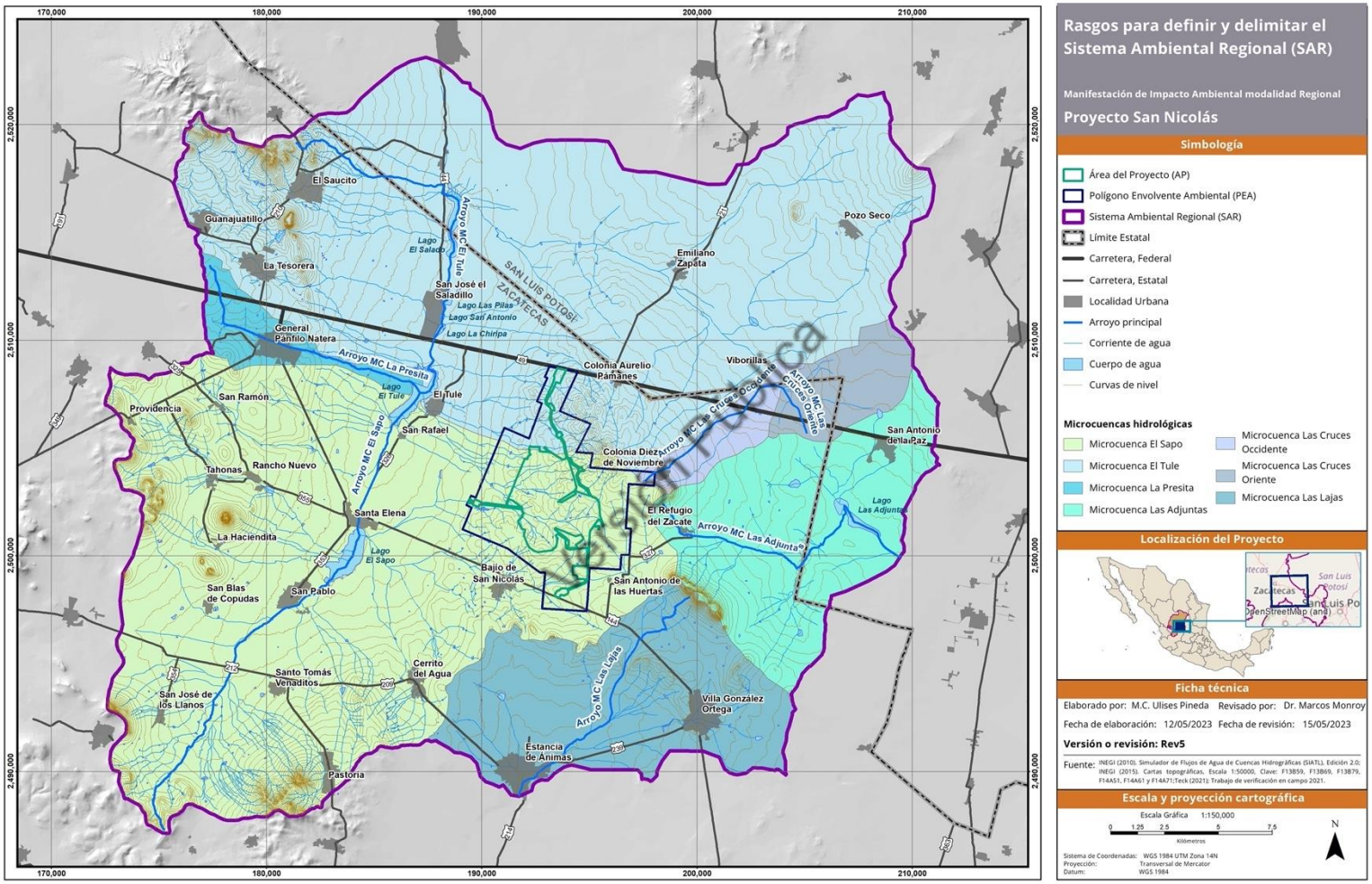


Figura IV.1 Rasgos hidrológicos, topográficos y sociales que permitieron definir y delimitar el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto San Nicolás.

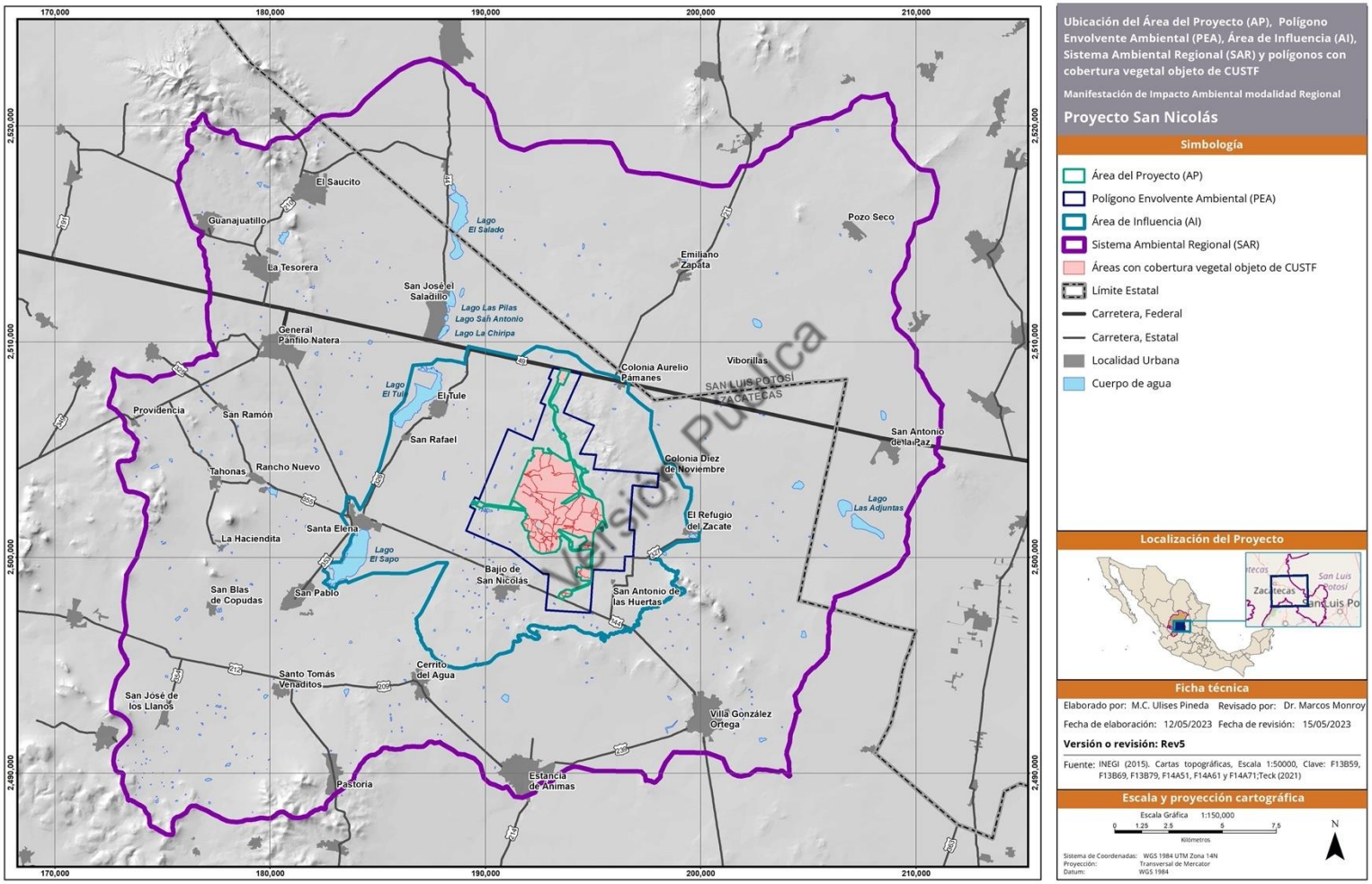


Figura IV.2 Ubicación geográfica del Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el Proyecto San Nicolás.

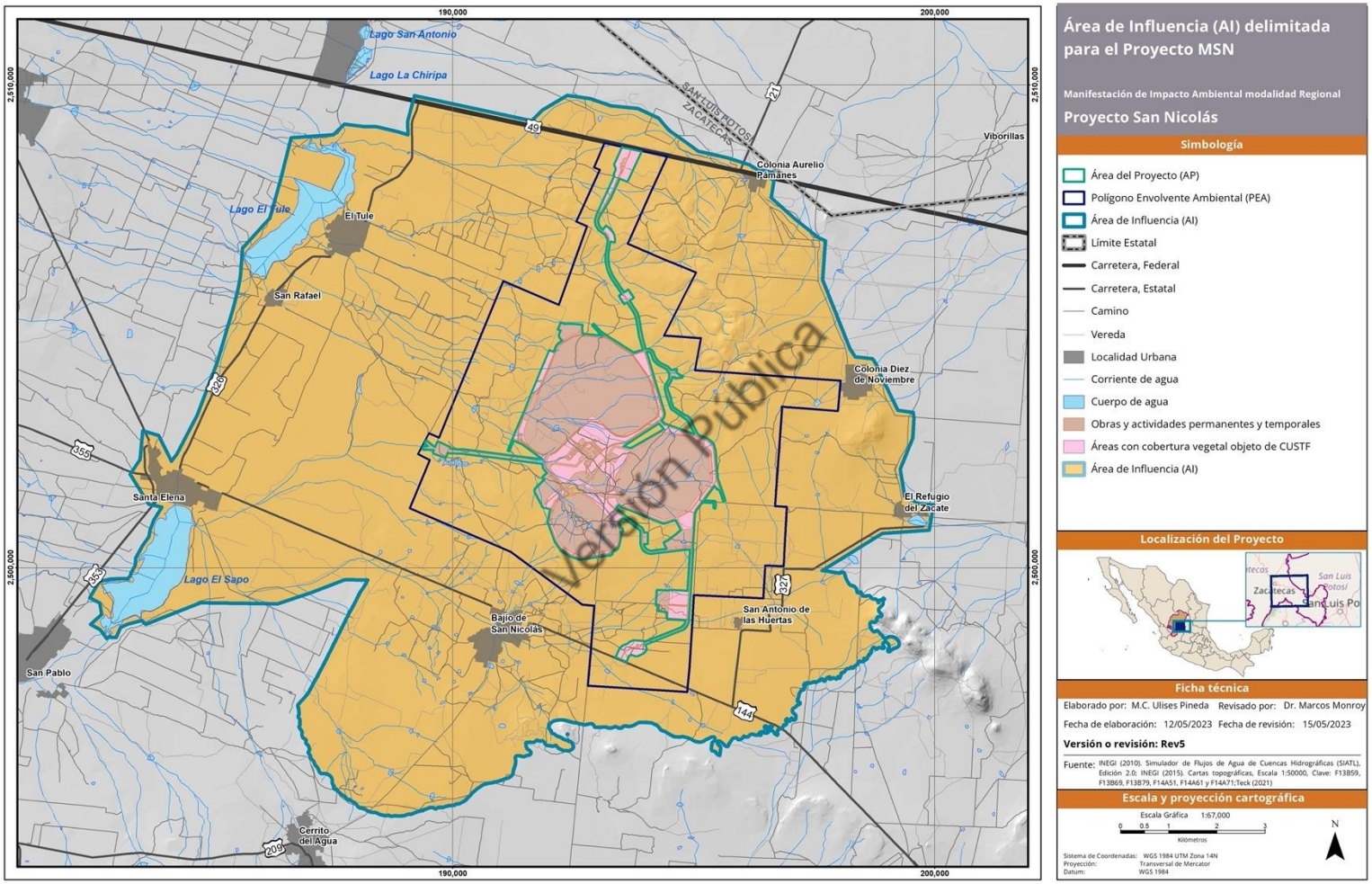


Figura IV.3 Área de Influencia (AI) delimitada para el Proyecto San Nicolás.

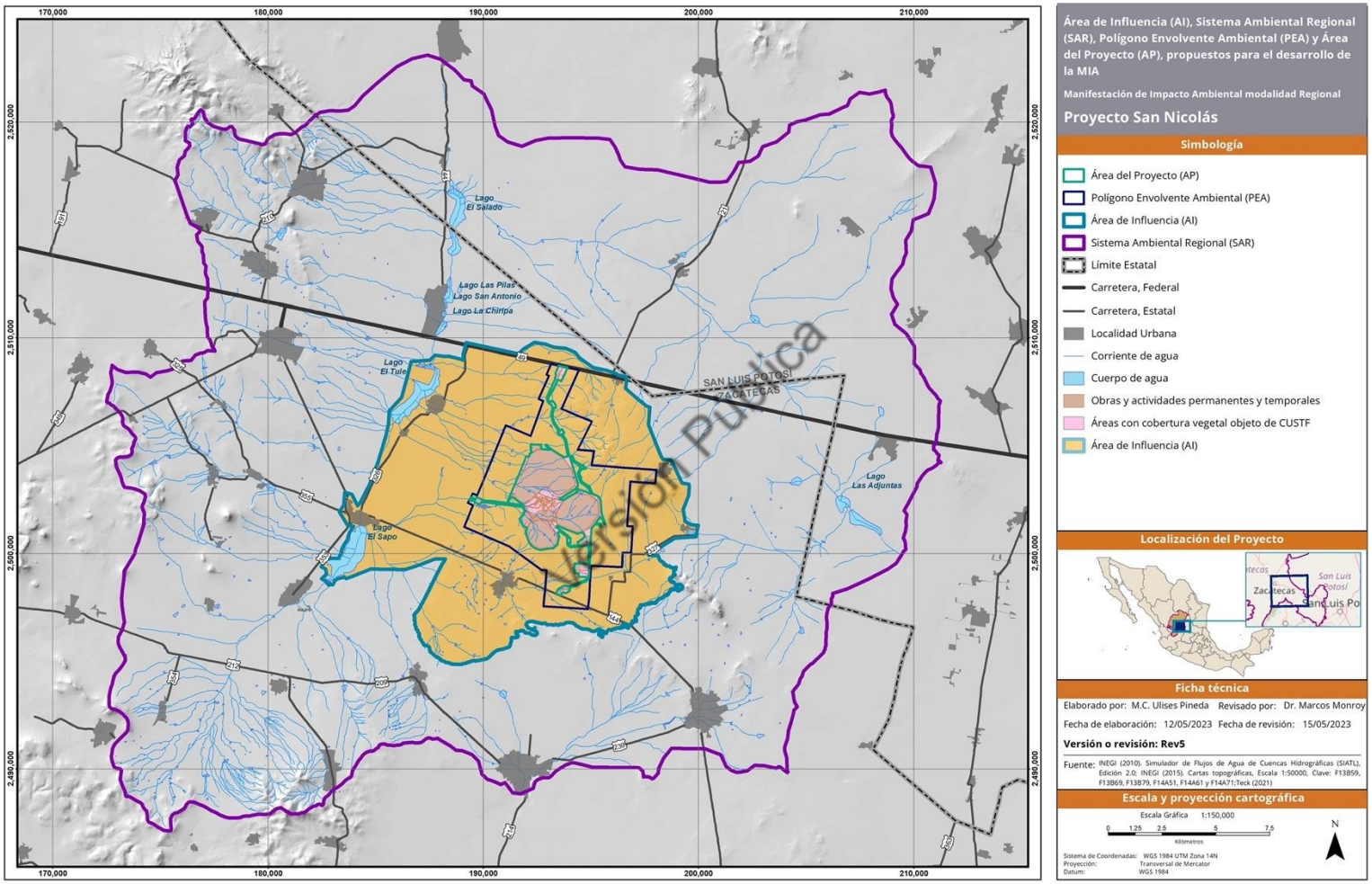


Figura IV.4 Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) delimitados para el Proyecto.

IV.2. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (SAR)

Los componentes evaluados para la delimitación del SAR como parte de la caracterización ambiental del sitio del Proyecto son presentados en el **Cuadro IV.1**, atribuyendo a cada uno un porcentaje en superficie con relación al SAR. La superficie total que ocupa el SAR es de 102,890.146 ha en el que se encuentra el AP, que ocupa una superficie de 1,455.492 ha, por lo que el AP representa apenas el 1.4% de la superficie total del SAR.

Cuadro IV.1 Componentes y subcomponentes evaluados dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Concepto	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Sistema Ambiental Regional (SAR)	102,890.1461	100
Área de Influencia (AI)	16,785.3551	16.31%
Vegetación y Uso del Suelo		
Matorral desértico micrófilo	35,481.0133	34.48%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	1,197.3591	1.16%
Matorral crasicaule	2,365.2913	2.30%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	972.3860	0.95%
Bosque de mezquite	216.3430	0.21%
Mezquital xerófilo	1,181.6093	1.15%
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,078.3391	1.05%
Vegetación halófila xerófila	517.0926	0.50%
Pastizal natural	943.6815	0.92%
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	715.3938	0.70%
Pastizal halófilo	383.3836	0.37%
Pastizal inducido	1,445.4562	1.40%
Agricultura de riego	6,485.6543	6.30%
Agricultura de temporal	44,945.0075	43.68%
Urbano construido	1,712.6148	1.66%
Cuerpo de agua	964.4918	0.94%
Área desprovista de vegetación	2,285.0289	2.22%
Edafología		
Calcisol (CL)	25,397.8459	24.68%
Durisol (DU)	10,875.3055	10.57%

Versión Pública

Cuadro IV.1 Componentes y subcomponentes evaluados dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Concepto	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Leptosol (LP)	14,474.7239	14.07%
Luvisol (LV)	41,582.6222	40.41%
No aplica (NA)	2,449.3637	2.38%
Phaeozem (PH)	6,241.0218	6.07%
Regosol (RG)	1,128.1988	1.10%
Solonchak (SC)	741.0644	0.72%
Clima		
Semiseco templado (BS1kw)	92,719.3902	90.11%
Seco templado (BS0kw)	10,170.7559	9.89%
Geología		
Jasperoide	0.0977	0.00%
JsKi Sedimentos calcáreos	1,350.6067	1.31%
JsKi Chert	306.4657	0.30%
JsKi Felsic Volcanics	389.2246	0.38%
JsKi Grauvaca	345.1265	0.34%
JsKi Sedimentos volcánicos máficos	948.3838	0.92%
JsKi Grabo de plagiocla	7.8831	0.01%
JsKi Basalto porfirítico	23.9386	0.02%
JsKi Gabro de plagioclase – hornblende - piroxeno	501.5466	0.49%
JsKi Riolita ojo de cuarzo	113.0603	0.11%
Q Basalto	486.1821	0.47%
T Conglomerado	4.3946	0.00%
T Granite	2,637.9690	2.56%
T Toba Lítica	47.4329	0.05%
T Riolita	4,494.5406	4.37%
TRz-Schist	47.9341	0.05%
Vetas	9.9560	0.01%
Aluvial		
Hidrogeología		
Material consolidado con posibilidades bajas	23,513.8010	22.85%
Material consolidado con posibilidades medias	243.5482	0.24%

Versión Pública

Cuadro IV.1 Componentes y subcomponentes evaluados dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Concepto	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Material no consolidado con posibilidades altas	71,418.8479	69.41%
Material no consolidado con posibilidades bajas	7,471.6777	7.26%
Material no consolidado con posibilidades medias	42.1957	0.04%
Cuerpo de agua intermitente	98.6287	0.10%
Cuerpo de agua perenne	101.4469	0.10%
Hidrología Superficial		
Subcuenca		
P. San Pablo	91,643.1883	89.07%
R. Chicalote	11,246.9578	10.93%
Cuenca		
San Pablo y Otras	91,643.1883	89.07%
R. Verde Grande	11,246.9578	67.00%
Región hidrológica		
El Salado (RH37)	91,643.1883	89.07%
Lerma - Santiago (RH12)	11,246.9578	67.00%
Provincias Fisiográficas		
Mesa del Centro	102,890.1461	100.00%
Subprovincias Fisiográficas		
Llanuras y Sierras Potosino - Zacatecanas	74,163.4292	72.08%
Sierras de Baja California Norte Llanura de Ojuelos - Aguascalientes	28,726.7169	27.92%
Municipios		
Villa de Ramos, S.L.P.	16,621.6912	16.15%
Salinas, S.L.P.	11,357.1271	11.04%
Villa González Ortega, Zac.	34,142.4745	33.18%
Ojocaliente, Zac.	11,696.2095	11.37%
General Pánfilo Natera, Zac.	29,072.6438	28.26%

Versión Pública

La caracterización ambiental y análisis del SAR está basada: [i] en el análisis cartográfico de referencia, a través de cartas temáticas georreferenciadas del INEGI, CONAGUA, CONANP, SGM e INECC, e imágenes satelitales de alta definición en el AP; [ii] en el análisis bibliográfico y de bases de datos de sitios oficiales de SEMARNAT, INEGI, CONAGUA, INECC, CONANP, SGM, INIFAP, por mencionar los principales, así como de revistas y documentos científicos especializados; [iii] en el trabajo de campo por especialistas interdisciplinarios durante distintas campañas de muestreo y de monitoreo, tanto en temporada seca como en temporada de lluvias, así como de colecta de muestras y/o de parámetros en sitios en el SAR, AI y AP, durante el periodo 2017 a 2022; [iv] en análisis y pruebas de laboratorio, incluyendo los métodos normativos aplicables para calidad del aire y calidad del agua; [v] la aplicación de modelos digitales avanzados para el análisis de comportamiento de variables en las unidades geográficas de referencia, tal como modelos de comportamiento de emisiones atmosféricas, o del comportamiento de la hidrología superficial y de la hidrogeología; [vi] el análisis de la información por parte de especialistas nacionales e internacionales con amplia experiencia en la caracterización de la línea base ambiental y social, como parte de la evaluación de impacto ambiental.

Con base a este análisis, se da la validez e importancia a la información presentada, así como al resultado de la caracterización de la línea base que soporta la evaluación de impacto ambiental.

Versión Pública

IV.3. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

Para la descripción y análisis de la caracterización ambiental de los medios físico, biológico y socioeconómico del SAR, AI y AP, se propuso aplicar la metodología descrita en la **Figura IV.5**, mediante la intervención de especialistas interdisciplinarios en cada componente o acción planeada. La caracterización en sitio incluyó muestreos y monitoreos durante el periodo de 2017 al 2022. En el caso de muestreos y análisis normados, participaron signatarios y laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de acreditación (EMA) y aprobados por PROFEPA. A continuación, se presenta la descripción detallada de este análisis de la calidad ambiental de línea base en el SAR, AI y AP; previo a ello, se describe un análisis retrospectivo de la calidad ambiental en el SAR, con base a información oficial de las bases de información de INEGI y de CONAGUA.

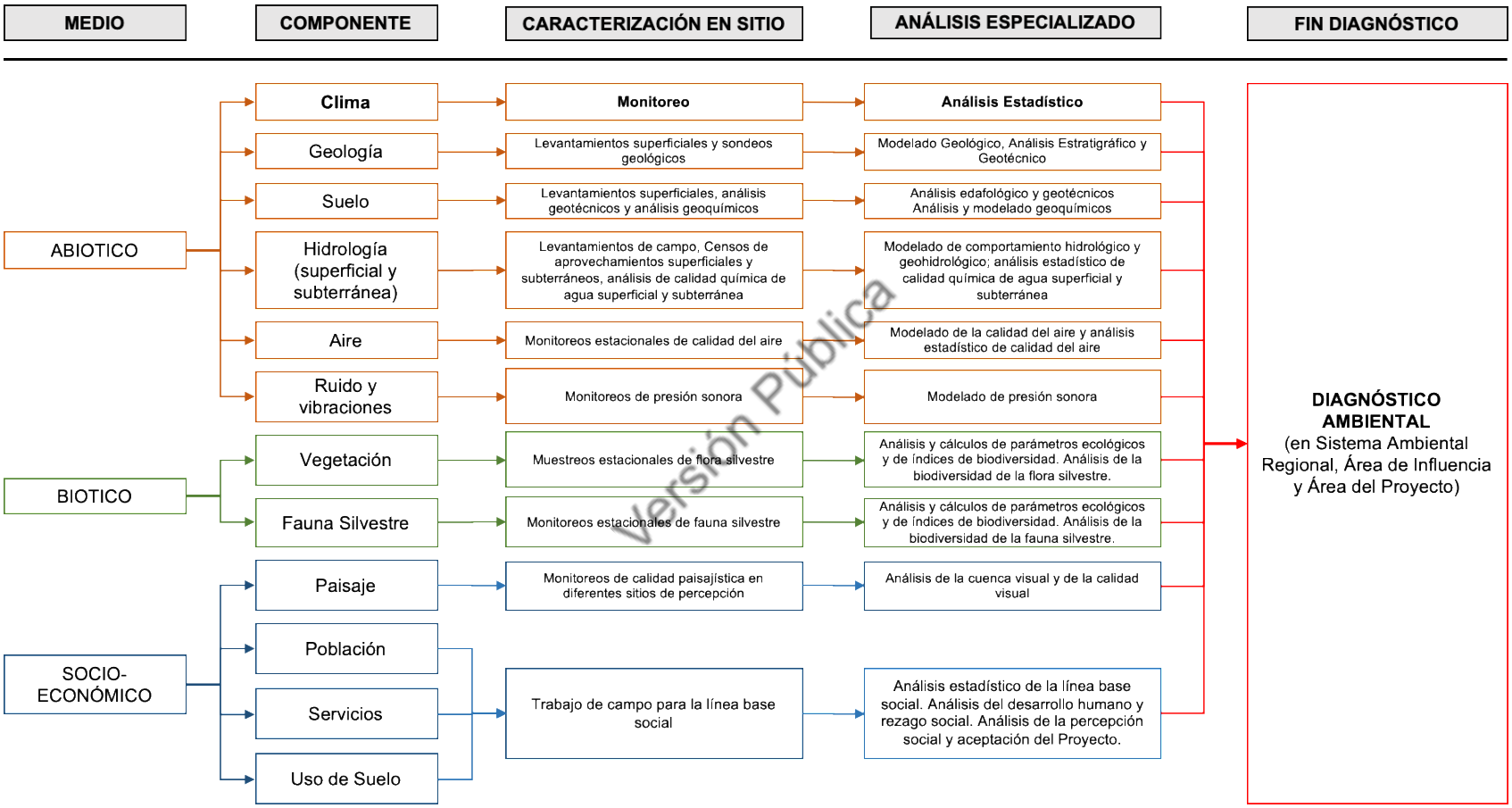


Figura IV.5 Metodología de caracterización y análisis en campo y gabinete para el análisis retrospectivo de la línea base ambiental.

Para el análisis retrospectivo de la calidad ambiental, se considera como referencia principal el análisis del cambio de uso de suelo y de vegetación en cuatro periodos (1990, 2000, 2010 y 2022), que corresponde a la evolución del SAR cada 10 años durante los últimos 30 años, y esto considerando que la principal ocupación de las comunidades de la región son la actividad agrícola y la actividad pecuaria.

El SAR está y ha estado conformado por dos principales tipos de uso de suelo y de vegetación, que corresponden al uso de agricultura de temporal y a la vegetación tipo matorral desértico micrófilo. En el año de 1990, el SAR presenta una dominancia de agricultura de temporal, la cual tiene una superficie de 39, 420.634 ha, cubriendo un 38.3 % del SAR, mientras que la vegetación de matorral desértico micrófilo representaba 36,656.461 ha, cubriendo un 35.6% del SAR. Para el año 2000, la agricultura de temporal incrementó a 42,759.721 ha, cubriendo el 41.6% de la superficie del SAR , afectando el cambio de uso de suelo principalmente a la vegetación primaria del matorral desértico micrófilo, cuya superficie disminuyó a 36,180.5793 ha con un 35.2%. En el año del 2010 se sigue observando un incremento en el cambio de uso de suelo en el SAR, en beneficio de la agricultura de temporal, con una superficie de 43,947.1359 ha y cubriendo ya el 42.7% de su superficie, mientras que la superficie del matorral desértico micrófilo, disminuyó a 35,855.724 ha (34.8%). Para la década actual, en el año 2022, continúa incrementando la práctica de agricultura de temporal, alcanzando ya una superficie de 44, 945.007 ha (43.7%), siempre en detrimento del matorral desértico micrófilo, que disminuyó ya a 35,481.013 ha (34.5% de cobertura).

Versión Pública

Con estos datos se observa que la práctica agrícola de las localidades que se encuentran dentro del SAR ha continuado incrementándose en el SAR, aunque en una tasa que va disminuyendo conforme avanzan los años. Entre 1990 y 2000, la tasa de incremento del cambio de uso de suelo a favor de la actividad agrícola de temporal fue de 8.5%, disminuyendo hasta 2.3% en las últimas dos décadas. Un factor importante de esto, seguramente ha sido el incremento de la migración y las condiciones climáticas áridas que se han visto acentuadas. El disturbio provocado en las áreas forestales por el incremento de las actividades agrícolas, tiene una tendencia a disminuir en las últimas dos décadas.

En los municipios que abarcan el SAR, no se detectó una sequía anormal en la mayoría de los años de registro, pero en algunos años se tienen registros donde se presentan eventos de sequía moderada a extrema. Se iniciaron los registros en los meses de abril y junio 2006 con una intensidad de D1 y D2; y en marzo a junio 2008 con una intensidad D1. En los años de 2011 y 2012 la sequía fue muy intensa y persistente, empezando en marzo de 2011 con una intensidad D1, que aumentó en julio del mismo año a D3, y después disminuyendo en agosto y septiembre a D2 y nuevamente aumentando a D3 en octubre, cuando se mantuvo la intensidad de sequía hasta febrero 2012, disminuyendo posteriormente en septiembre de 2012 a D1 y D0. En los años 2016 y

2017 se registró un nuevo evento de sequía D1 en los meses de julio y agosto 2016, febrero y marzo 2017 y junio a agosto 2017, excepto en julio 2017 cuando aumentó a una intensidad D2 en los municipios de Ojocaliente y Villa González Ortega. Los más recientes eventos fueron en 2019, de julio a octubre con D1, en el Municipio de Ojocaliente y, de agosto a septiembre, en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. A partir de octubre 2020, inició otra temporada de sequía empezando con una intensidad D0, la cual a partir de diciembre 2020 aumentó a D1 y, hasta el final de registro en marzo 2021, ascendió a D2.

Por otra parte, también se ha visto un incremento en los últimos treinta años en la superficie de las comunidades, tanto urbanas como rurales, que han mantenido una tasa de crecimiento del orden de 4.5% en su superficie, acompañada del incremento de caminos de interconexión entre las comunidades. La superficie urbana y rural construida pasó de 1,485.348 ha en 1990 a 1,712.615 ha en el año 2022. Sin embargo, este crecimiento de la superficie urbana construida ha disminuido en su tasa también en los últimos 30 años, sobre todo en la última década. A esta disminución en el crecimiento de las comunidades, se asocia también una falta de evolución en el desarrollo de la infraestructura urbana, tal como las instalaciones de servicio público de agua y drenaje, que prácticamente no se han desarrollado en la región en los últimos 30 años.

Versión Pública

En este análisis, de igual manera, se determinó el cambio de superficie de otros 12 tipos de vegetación que presenta el SAR, estos tipos de vegetación tienen una menor superficie y el cambio que han tenido durante los periodos analizados son mínimos. En el **Cuadro IV.2**, se presenta la evolución de las superficies de los usos de suelo y vegetación en el SAR para los cuatro periodos en los últimos treinta años (1990, 2000, 2010 y 2022), mientras que en la **Figura IV.6** a **Figura IV.9,** se observa la evolución de la distribución del uso de suelo y vegetación en el SAR.

Al observar la evolución de la distribución de las áreas agrícolas y forestales, se observa una tendencia de mantener la expansión de la actividad agrícola al poniente del SAR, conservándose el núcleo forestal principalmente en el sector oriental del SAR, donde se ubica el AP, y donde predomina el matorral desértico micrófilo. El matorral crasicaule solo se distribuyen en las limitadas áreas de mayor pendiente, por lo que su distribución es muy limitada en el SAR, ya que el matorral crasicaule es característico de pendientes mayores de 20°, mientras que en el SAR las pendientes que dominan su superficie son menores de 10°.

A partir de este análisis a continuación se describirá el estado actual de las condiciones abióticas, bióticas y socioeconómicas en el SAR, lo cual ha sido resultado del análisis de una línea base ambiental desarrollada entre los años 2017 y 2022.

Cuadro IV.2 Superficies y porcentaje del uso de suelo y vegetación que presenta la región de estudio para los periodos 1990, 2000, 2010 y 2022.

Descripción	Superficie y porcentaje							
	1990	%	2000	%	2010	%	2022	%
Matorral desértico micrófilo	36,656.4614	35.63%	36,180.5793	35.16%	35,855.7239	34.85%	35,481.0133	34.48%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	1,432.6171	1.39%	1,768.1052	1.72%	1,089.6006	1.06%	1,197.3591	1.16%
Matorral crasicaule	2,698.1767	2.62%	2,698.1767	2.62%	2,365.2913	2.30%	2,365.2913	2.30%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	1,371.4786	1.33%	1,332.0483	1.29%	1,065.7389	1.04%	972.3860	0.95%
Bosque de mezquite	216.3430	0.21%	216.3430	0.21%	216.3430	0.21%	216.3430	0.21%
Mezquital xerófilo	1,383.4281	1.34%	1,340.7864	1.30%	1,181.6093	1.15%	1,181.6093	1.15%
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,078.3391	1.05%	1,078.3391	1.05%	1,078.3391	1.05%	1,078.3391	1.05%
Vegetación halófila xerófila	531.1877	0.52%	531.1877	0.52%	531.1877	0.52%	517.0926	0.50%
Pastizal natural	1,261.1017	1.23%	1,245.6042	1.21%	962.5013	0.94%	943.6815	0.92%
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	922.9036	0.90%	895.1049	0.87%	826.7256	0.80%	715.3938	0.70%
Pastizal halófilo	441.1152	0.43%	383.3836	0.37%	383.3836	0.37%	383.3836	0.37%
Pastizal inducido	4,411.6261	4.29%	1,146.8158	1.11%	2,056.0821	2.00%	1,445.4562	1.40%
Agricultura de riego	6,388.4224	6.21%	6,473.2355	6.29%	6,473.2355	6.29%	6,485.6543	6.30%
Agricultura de temporal	39,420.6343	38.31%	42,759.7214	41.56%	43,947.1359	42.71%	44,945.0075	43.68%
Urbano construido	1,485.3482	1.44%	1,591.1942	1.55%	1,607.7276	1.56%	1,712.6148	1.66%
Cuerpo de agua	905.9339	0.88%	964.4918	0.94%	964.4918	0.94%	964.4918	0.94%
Área desprovista de vegetación	2,285.0289	2.22%	2,285.0289	2.22%	2,285.0289	2.22%	2,285.0289	2.22%
TOTAL	**102,890.1461**	**100.00%**	**102,890.1461**	**100.00%**	**102,890.1461**	**100.00%**	**102,890.1461**	**100.00%**

Versión Pública

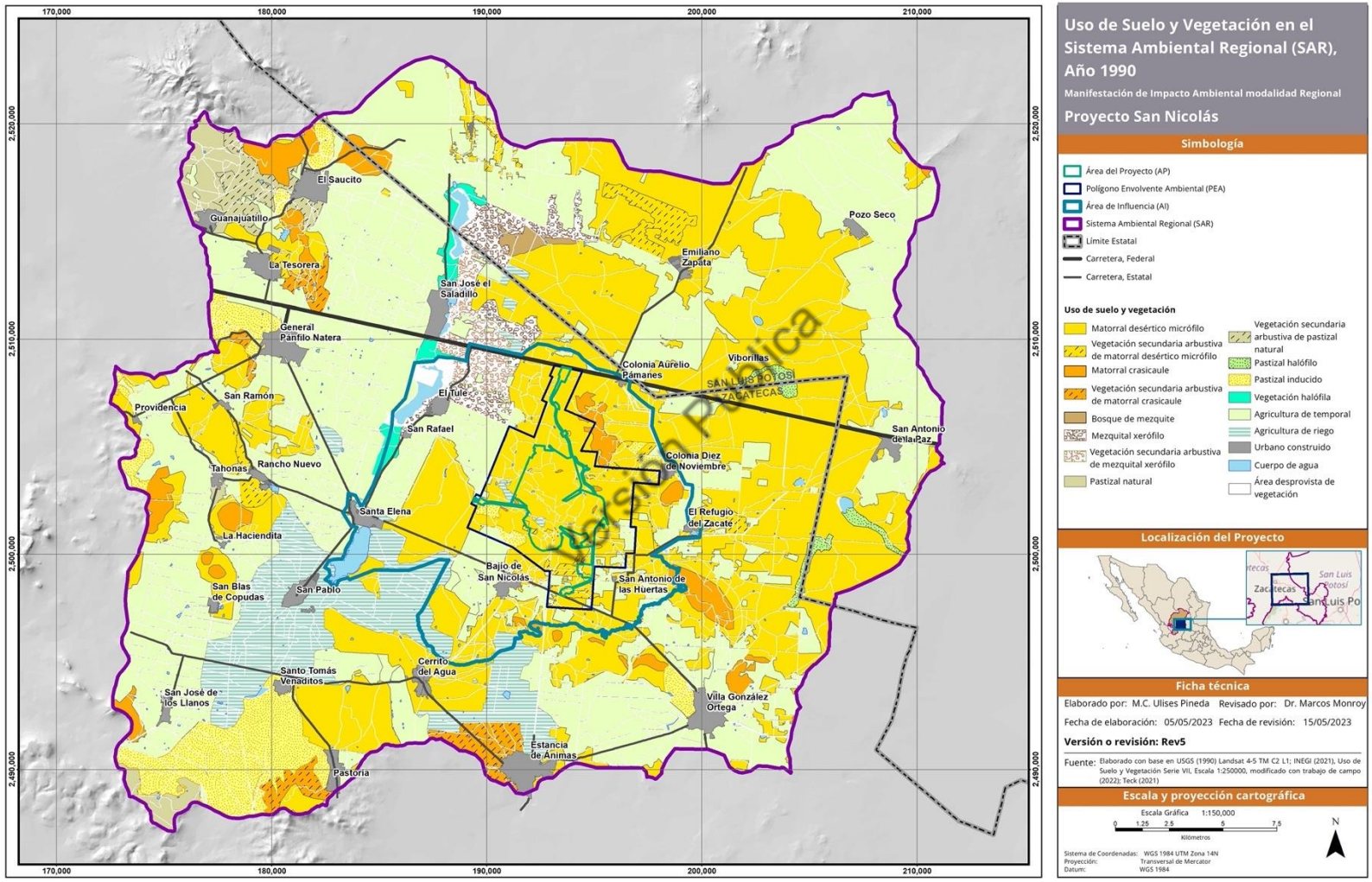


Figura IV.6 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 1990.

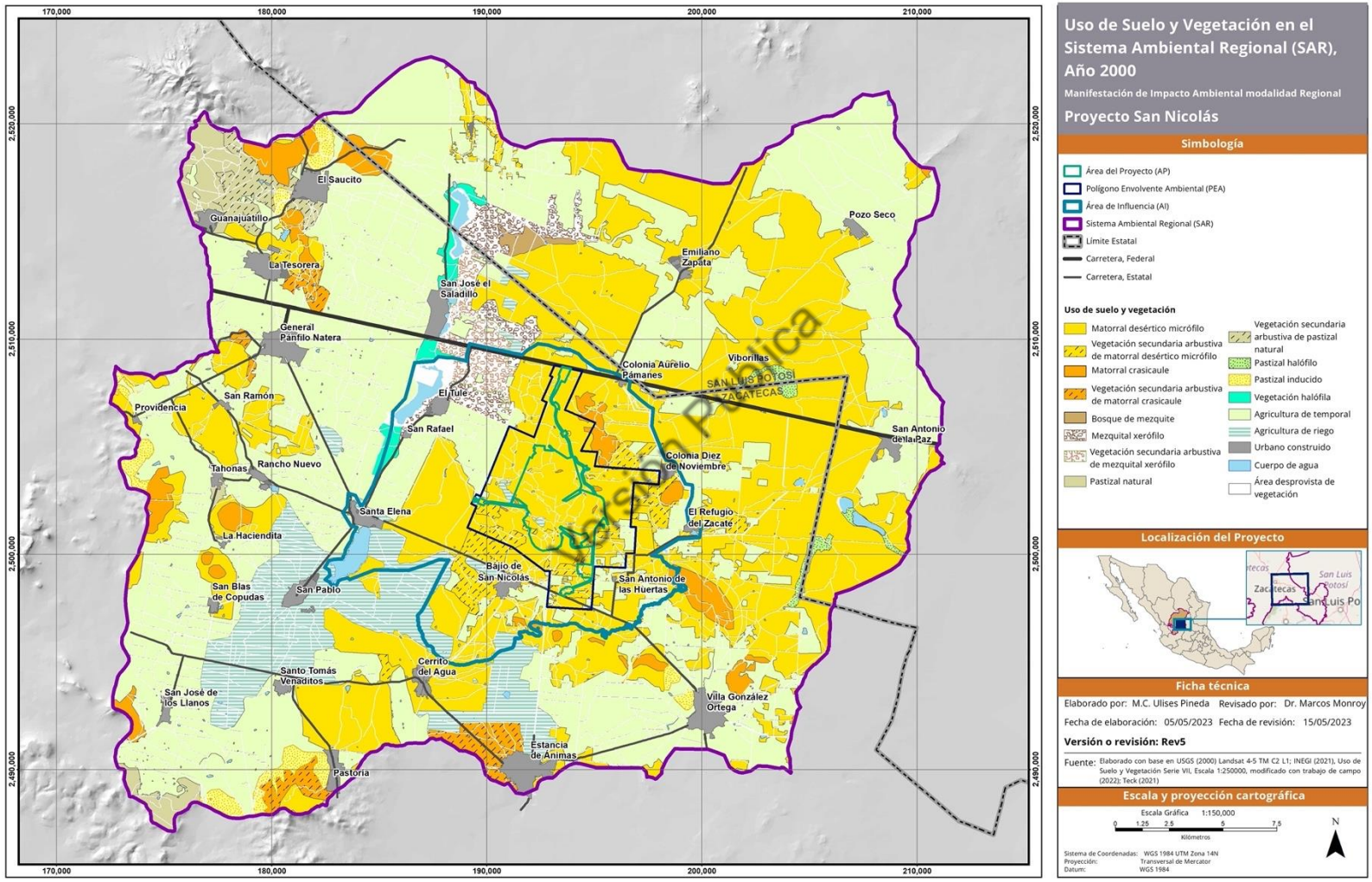


Figura IV.7 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2000.

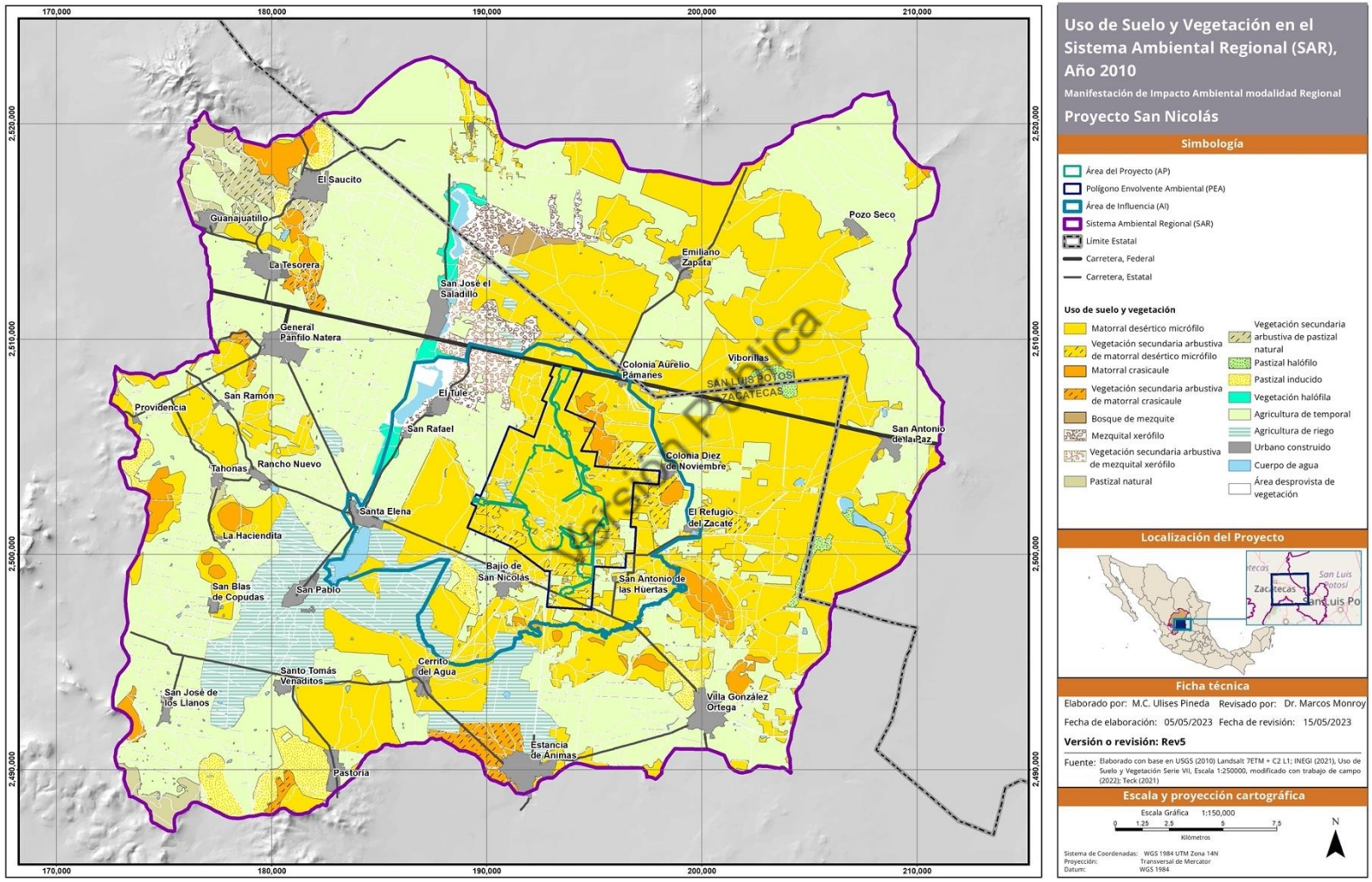


Figura IV.8 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2010.

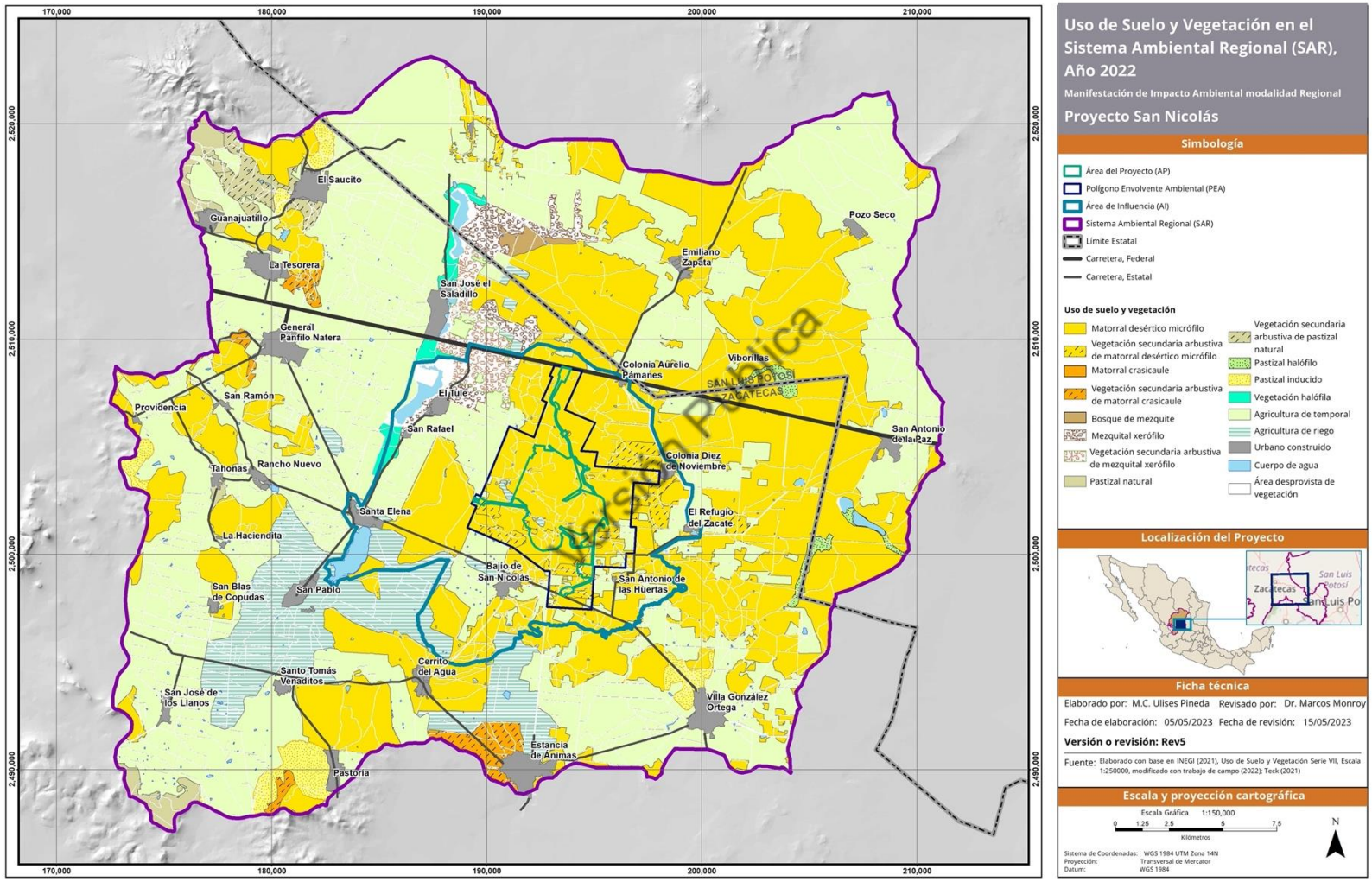


Figura IV.9 Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR) en el año 2022.

IV.3.1. Medio abiótico

IV.3.1.1. Clima y fenómenos meteorológicos

En este apartado se describe la condición climática del SAR. El clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias y la variabilidad de elementos pertinentes, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante la combinación de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región durante cualquier periodo de tiempo.

Para esta descripción, se utilizó la información de 6 estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico Nacional (SMN, 2021) y de 6 estaciones de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que se ubican en el exterior y en el interior del SAR (**Cuadro IV.3** y **Figura IV.10**).

La información climatológica de la red nacional del INIFAP se obtuvo del estudio sobre la atmósfera de la zona, cuya base de datos se reporta en el **Anexo IV.4**.

Versión Pública

Cuadro IV.3 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas.

Estación	Periodo de registro	Número	Tipo de clima	Municipio (Estado)	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
Villa de Ramos II (SMN)	1951-2010	24059	BS_0kw	Villa de Ramos (SLP)	22°49'55" N.	101°54'45" W.	2,210.00
Salinas de Hidalgo (SMN)	1951-2010	24148	BS_1kw	Salinas (SLP)	22°37'44" N.	101°43'00" W.	2,073.00
Ojocaliente (SMN)	1951-2010	32041	BS_1kw	Ojocaliente (Zac.)	22°34'40" N.	102°16'10" W.	2,062.00
Villa González Ortega (SMN)	1951-2010	32114	BS_1kw	Villa González Ortega (Zac.)	22°31'14" N.	101°55'02" W.	2,154.00
Luis Moya (SMN	1951-2010	32122	BS_1kw	Luis Moya (Zac.)	22°26'20" N.	102°15'06" W.	2,017.00
El Saladillo (SMN)	2001-2018	32186	BS_1kw	General Pánfilo Natera (Zac.)	22°40'23" N.	102°02'27" W.	2,034.00
El Saladillo (INIFAP)	2002-2018	26779	BS_1kw	General Pánfilo Natera (Zac.)	22°41'20" N.	102°04'15" W.	2,070.0
Estancia de Ánimas (INIFAP)	2005-2018	26772	BS_1kw	Villa González Ortega (Zac.)	22°31'19" N.	101°58'49" W.	2,125.0
Las Arcinas (INIFAP)	2006-2018	26775	BS_1kw	Trancoso (Zac.)	22°43'03" N.	102°19'13" W.	2,118.0

Cuadro IV.3 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas.

Estación	Periodo de registro	Número	Tipo de clima	Municipio (Estado)	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
El Gran Chaparral (INIFAP)	2003-2018	18791	BS_1kw	Luis Moya (Zac.)	22°29'50" N.	102°14'58" W.	2,036.0
Loreto (INIFAP)	2002-2018	18633	BS_1kw	Loreto (Zac.)	22°16'44" N.	102°00'05" W.	2,029.0
La Victoria (INIFAP)	2002-2018	18679	BS_1kw	Pinos (Zac.)	22°16'44" N.	101°58'49" W.	2,358.0

Las estaciones de la red nacional del INIFAP que se utilizaron en el estudio cuentan con información a partir de 2002 hasta 2018, mientras que las mediciones en las estaciones del SMN abarcan un periodo de 1951 a 2010, por lo que se tiene una perspectiva más amplia para la descripción de las condiciones climatológicas del SAR, gracias a la combinación de las redes de medición. Solamente la estación El Saladillo del SMN presenta información del periodo 2001 a 2018.

Además, como parte del programa de monitoreo ambiental del Proyecto, se cuenta con una estación meteorológica en el AP, denominada estación San Nicolás, que ha estado en operación desde el 17 de octubre de 2017. La estación meteorológica San Nicolás mide la siguiente información:

Versión Pública

- Temperatura;
- Precipitación;
- Dirección y velocidad del viento;
- Radiación solar;
- Humedad relativa;
- Evaporación.

Para conocer la validez de los registros pluviales de la estación San Nicolás con respecto a las demás estaciones, se realizó un análisis de correlación, donde resultó una proporcionalidad directa en los registros. Después de un ajuste en la medición de los datos en la estación San Nicolás, se comprobó el ajuste realizado y la similitud de la variación de los registros con respecto a las 6 estaciones de referencia del INIFAP.

De acuerdo con la información obtenida de las estaciones meteorológicas del SMN y con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (2004), el SAR presenta dos tipos de climas,

en donde el tipo **BS_1kw** ocupa la mayor parte del SAR, el total del AI y del AP. En la porción extremo oriental del SAR se registró el tipo de clima **BS_0kw** (**Figura IV.6**).

El clima tipo semiárido templado **BS_1kw**, presenta las siguientes características: (i) temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC; (ii) temperatura media del mes más frío entre -3ºC y 18ºC; (iii) temperatura media del mes más caliente, mayor a 18ºC; (iv) temporada de lluvias durante el verano; (v) cociente de precipitación/temperatura mayor de 22.9; y (vi) un porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.2% del total anual.

El clima tipo árido templado **BS_0kw** es únicamente más seco que el clima **BS_1kw**, pero con sus valores promedio similares al clima tipo semiárido templado **BS_1kw.**

IV.3.1.1.1. Temperatura

Los datos registrados en las estaciones para la temperatura presentan un promedio anual de 16.3°C, con una temperatura máxima promedio de 29.3°C y una mínima promedio de 0.3°C. Históricamente, los meses más calurosos son mayo y junio, con temperaturas medias anuales de 20°C; y los meses más fríos son diciembre y enero con temperaturas medias anuales de 12.2°C o menos. En el **Cuadro IV.3**, se presentan las temperaturas máximas, mínimas y medias registradas.

Versión Pública

En la estación meteorológica San Nicolás, se registró una temperatura media anual entre 16°C y 18°C, la temperatura media del mes más frío es menor a 11°C y la temperatura del mes más caliente supera los 32°C.

En la base de datos meteorológicos del **Anexo IV.4** y la descripción de la metodología del **Anexo IV.3**, se presenta la distribución de la temperaturas medias, máximas y mínimas para el entorno del SAR. La temperatura promedio anual es uniformemente distribuida en el SAR y AI, con un rango de 16 a 18°C. Solamente en las elevaciones del límite del SAR, baja de 14 a 16°C.

La temperatura máxima dominante en la totalidad del área oscila entre los 28°C y 30°C.

Cabe resaltar que el INECC ha publicado proyecciones de variaciones en las temperaturas mínima, media y máxima para tres escenarios de cambio climático, a corto plazo (2021-2040), mediano plazo (2041-2060) y largo plazo (2081-2100), a través de fichas técnicas por estado (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/P_32.html). Si bien esta ficha es a nivel estatal, estima que a corto plazo (en el rango previsto para la operación del Proyecto), las temperaturas mínima, media y máxima presentarán una anomalía promedio de +1°C, incrementándose a una anomalía promedio de +2°C en el escenario a mediano plazo, periodo previsto para el desarrollo de las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto.

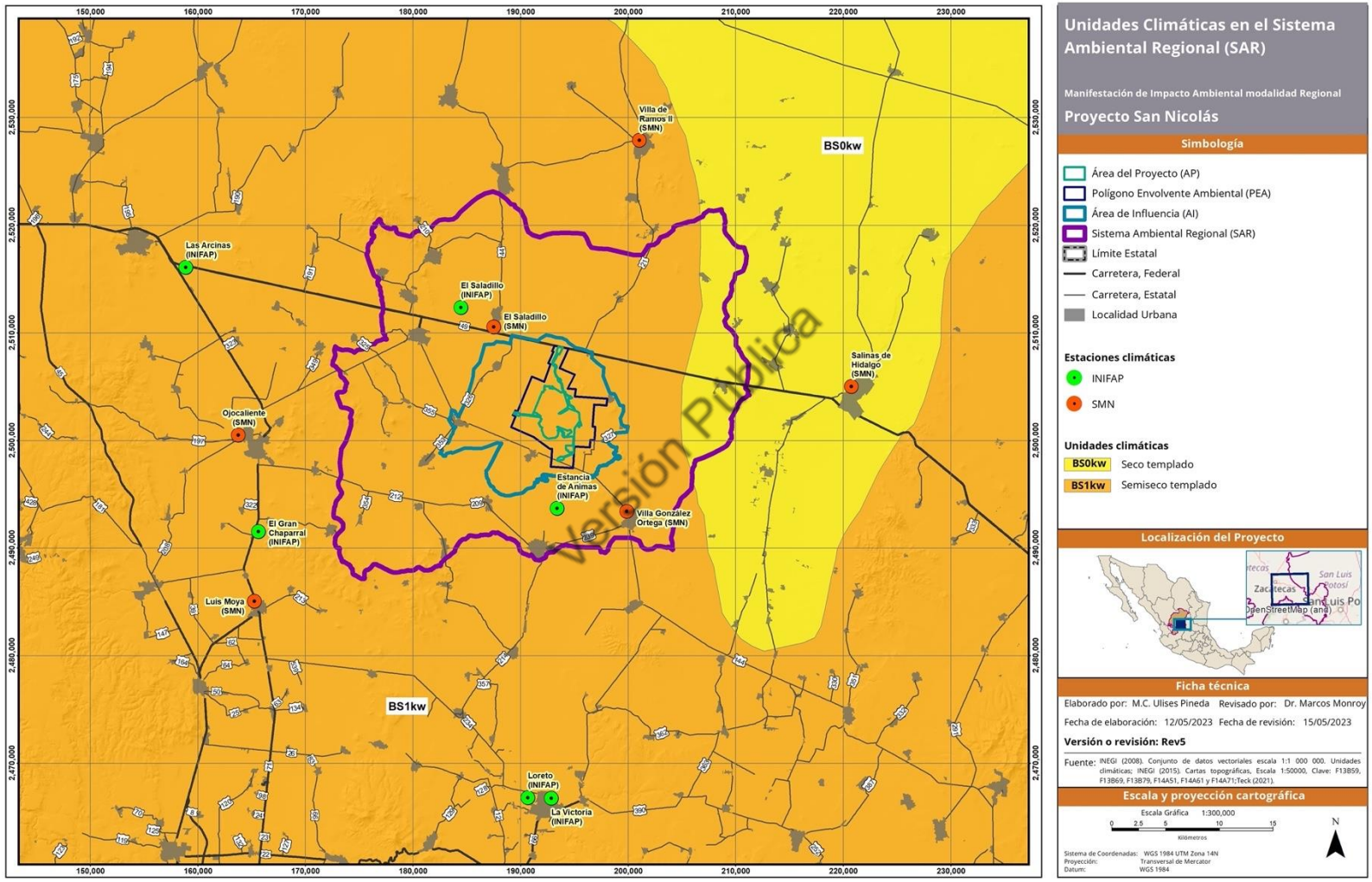


Figura IV.10 Tipos de clima registrados y ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

IV.3.1.1.2. Precipitación y evaporación promedio mensual

La precipitación media anual en el SAR, corresponde a 410.2 mm, pero, al igual que en el apartado de la temperatura, existe una diferencia en los datos entre las estaciones del SMN y las del INIFAP. Las estaciones de INIFAP presentan datos de precipitación mayor de 400 mm (en promedio 433.8 mm), mientras en las estaciones del SMN se observan datos menores de 400 mm, e incluso hasta menores de 300 mm (estación Villa de Ramos II). La precipitación media anual en las estaciones del SMN es de 386 mm. De acuerdo con los datos obtenidos, el periodo de lluvias abarca los meses de verano (junio a septiembre), con una media mensual precipitada promedio de 74 mm. Valores máximos se observan durante el mismo periodo. Los meses más secos se registraron en marzo y abril.

En el **Cuadro IV.4** se presenta la precipitación mensual de octubre 2017 a diciembre 2018 en la estación San Nicolás.

Para la evaporación se registró un nivel anual promedio de 1,805 mm y se observó la mayor evaporación (>170 mm) de marzo a junio.

Versión Pública

Las estaciones registran variaciones muy similares en la humedad relativa, llegándose a presentar valores muy altos cercanos al 100%, considerando que una humedad relativa mayor al 85% llega al punto de rocío, independientemente de la temperatura circundante. Se observa la variación de la humedad relativa, con un aumento en los meses de invierno, y una disminución en los meses más cálidos. Se observa también que, de octubre a julio, la tendencia de la humedad relativa es positiva debido a la presencia de mayor humedad en los meses lluviosos y de mayor temperatura. De igual manera, en el año 2018 se aprecia un incremento en la humedad de junio a diciembre.

De una manera similar a los escenarios de temperatura, el INECC publicó proyecciones de variaciones en la precipitación para los mismos tres escenarios de cambio climático, a corto plazo (2021-2040), mediano plazo (2041-2060) y largo plazo (2081-2100). En la ficha técnica para el Estado de Zacatecas, estima que a corto plazo (en el rango previsto para la operación del Proyecto) la precipitación presentará un porcentaje de cambio en la precipitación inferior a +2%, disminuyendo a un promedio de -1% en el escenario a mediano plazo (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/P_32.html).

Cuadro IV.4 Precipitación mensual de octubre 2017 a diciembre 2018 en la estación San Nicolás.

	Oct. 2017	Nov. 2017	Dic. 2017	Ene. 2018	Feb. 2018	Mar. 2018	Abr. 2018	May. 2018	Jun. 2018	Jul. 2018	Ago. 2018	Sep. 2018	Oct 2018	Nov 2018	Dic 2018	Anual 2018
P acum.	3.00	0.20	24.17	25.34	27.59	3.84	15.90	68.12	62.43	4.10	27.78	60.35	11.77	9.34	0.30	316.85
% de registros	62.45	69.86	87.57	65.39	91.17	96.73	96.55	69.69	100.00	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	46.39	

Versión Pública

IV.3.1.1.3. Vientos dominantes

Los registros de vientos dominantes se obtuvieron de las estaciones de la Red de Monitoreo Agroclimático del INIFAP (estaciones Estancia de Ánimas, El Saladillo, La Victoria, Loreto, Las Arcinas y el Gran Chaparral). En este apartado se presenta un resumen de un estudio de velocidad y dirección del viento más amplio que se encuentra en el **Anexo IV.4**.

Para determinar la velocidad del viento se utilizó el registro de la frecuencia de la señal producida por el anemómetro, que es capturada en lapsos de diez minutos. Posteriormente, para el cálculo de la dirección del viento se usó la rosa de los vientos dividida en 360° sexagesimales. El cálculo se realizó tomando como origen el norte y contando en cada rango 22.5° en el sentido de giro del reloj.

A partir de la información que se reporta en el Anexo IV.4para las diferentes estaciones, se calculó la velocidad promedio anual del viento, siendo de 8.57 km/h (2.38 m/s) con una dirección dominante hacia el oeste.

Versión Pública

IV.3.1.1.4. Fenómenos meteorológicos

Fenómenos meteorológicos como lluvia, neblina, granizo y tormentas eléctricas suceden en el SAR, AI y AP. En el **Cuadro IV.5** se reportan los registros de estos fenómenos meteorológicos en las estaciones del SMN. Las estaciones INIFAP no presentan datos sobre los fenómenos meteorológicos. El principal evento que se presenta en las estaciones climatológicas del SMN es la lluvia, para la cual se registró un mínimo de 40 días anuales con precipitación pluvial. Las estaciones climatológicas Villa de Ramos II y El Saladillo no tienen registros. Los días de nieblas son bajas con apenas de 2 a 12 días, variable según la estación. Los días de granizo se registraron con un máximo promedio anual en la estación Villa de Ramos II con 0.9 días y los días donde se presentan tormentas eléctricas son registradas con 5.3 como máximo promedio en la estación Villa González Ortega. Por su ubicación geográfica, el SAR se localiza en una región con riesgo muy bajo por presencia de ciclones tropicales.

Cuadro IV.5 Número de días en que se presentan distintos fenómenos meteorológicos, registrados de 1951 a 2010.

Estación	Eventos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Villa de Ramos II (24059)	Lluvia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Niebla	0.9	1.1	0.4	0.1	0.5	0.2	0.6	1.0	1.6	1.5	3.2	1.6	12.7
	Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tormenta E.	0	0	0	0	0	0	0.7	0.3	0	0	0.5	0	1.4
Salinas de Hidalgo (24148)	Lluvia	2.4	1.8	0.9	1.9	4.2	6	6.2	7.3	6.7	4.4	2	2	45.8
	Niebla	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.2	0	0.3	0.5	1.1	1.5	1.2	7.2
	Granizo	0	0.1	0.1	0	0.3	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.7
	Tormenta E.	0.4	0.1	0.1	0.5	0.3	0.6	0	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	3.1
Ojocaliente (32041)	Lluvia	1.6	1.6	0.9	1.4	2.9	6.6	9.2	8.6	7.3	4.4	1.2	2.3	48
	Niebla	0.1	0	0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1	2
	Granizo	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	Tormenta E.	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6
Villa González Ortega (32114)	Lluvia	2.3	1.6	0.6	1.3	3.7	6.2	7.5	6.3	6.1	4.3	1.2	1.6	42.7
	Niebla	1.2	0.3	0.4	0.2	0.1	0.8	1.4	0.6	2.6	1.9	0.8	1.9	12.2
	Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tormenta E.	0.4	0.3	0.3	0.1	0.2	0.6	0.7	0.7	0.4	0.9	0.6	0.1	5.3
Luis Moya (32122)	Lluvia	2	1.1	0.2	1.6	3.3	7.4	9.4	8.6	5.9	3.2	1.4	1.5	45.6
	Niebla	0.2	0.4	0.3	0	0.8	0.2	0.3	0.7	0.5	0.8	0.5	0.9	5.6
	Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1
	Tormenta E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
El Saladillo (32186)	Lluvia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Niebla	1.3	0.4	0.7	0.2	0.2	0.1	0.1	0.7	0.6	1.9	2.3	0.9	9.2
	Granizo	0.1	0	0.2	0	0.3	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.9
	Tormenta E.	0	0	0	0.1	0.2	0.2	1.4	0.8	0.3	0.2	0	0	3.3

Versión Pública

IV.3.1.2. Geomorfología

IV.3.1.2.1. Geomorfología regional

El SAR se encuentra ubicado en la Provincia Fisiográfica La Mesa Central (Raíz, 1959). Esta Provincia se subdivide en cuatro Subprovincias: [i] Llanuras y Sierras Potosinas-Zacatecanas; [ii] Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes; [iii] Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande; y [iv] Sierras

y Llanuras del Norte de Guanajuato, siendo las primeras dos las que tienen influencia en el SAR (**Figura IV.11**).

La Provincia Fisiográfica La Mesa Central está localizada en la parte centro-norte de México y presenta un relieve moderado. Las características más notables de esta provincia son la estructura orográfica en forma de cordilleras alargadas de orientación general Noroeste–Sureste, flanqueadas por estrechos valles aluviales, y por montañas plegadas, cubiertas en sus flancos por depósitos de abanicos aluviales y de piedemonte. La altiplanicie de la provincia está rodeada por la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana. Una característica tectónica de esta zona son los grandes sistemas de fallas, consecuencia de la deformación extensional de la región durante el Cenozoico.

IV.3.1.2.2. Geomorfología y Fisiografía

Dentro de la Provincia Fisiográfica La Mesa Central se pueden distinguir dos zonas limitadas por el sistema de fallas San Luis-Tepehuanes. Al norte se encuentra una zona erosional avanzada sin evidencias de actividad tectónica significativa, mientras que al Sur se presentan importantes eventos tectónicos extensionales del Oligoceno y Mioceno. La altiplanicie se modificó por el desarrollo de fallas de gravedad, creando un relieve montañoso en bloque, rodeado por valles tectónicos parcialmente rellenados con depósitos provenientes de las sierras.

Versión Pública

La Subprovincia geográfica Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas se encuentra en la zona centro-oriente de la Provincia Fisiográfica La Mesa Central y cubre la mayor parte del SAR en el norte, este y centro, donde también se ubican el AI y el AP (**Figura IV.11**). Está principalmente formada por lomeríos al noroeste (Sierra de Fresnillo) y Sierras Bajas al suroeste. En las zonas planas al suroeste, se localizan llanuras aluviales de mediana extensión.

La Subprovincia de Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes se ubica en el suroeste del SAR, se caracteriza por extensas llanuras con suelos de caliche y cubierta aluvial muy somera, con una altitud de aproximadamente 2,000 msnm. Se divide en dos llanuras, la de Ojuelos y la de Aguascalientes, comunicadas en el norte, pero separadas en la mayor parte de su extensión por mesetas muy disectadas con altitudes aproximadas de 2,300 msnm, donde predominan rocas ígneas ácidas.

Los sistemas de topoformas que se encuentran en el SAR son muy diversos (**Figura IV.12**). La mayor distribución en el área corresponde a la topoforma denominada la *Bajada Típica*, donde predominan altitudes entre 2,000 y 2,150 msnm. En esta zona también se localizan el AI y AP, aunque en el AP se detectó una altitud de hasta 2,250 msnm. En esta topoforma se localizan cerros en el sureste del SAR que destacan sobre la planicie, con los cerros San Miguel (2,350 msnm), La

Mesita (2,200 msnm), la mesa El Triste (2,220 msnm) y, en el noreste, el cerro El Malpaís (2,200 msnm).

El Cerro El Águila (2,500 msnm) en el noroeste del SAR, representa la topoforma *Sierra Baja con Lomeríos*; hacia abajo de la sierra se empalma con la topoforma *Lomerío con Bajadas al piedemonte*. En el sur se localiza la topoforma *Llanura Desértica de Piso Rocoso o Cementado* y una parte en el límite oeste y suroeste del SAR con mesillas de la topoforma de *Lomerío de Pie de Monte con Mesetas* con alturas de alrededor 2,200 msnm, con los cerros Las Mesas, El Vaquero, La Cruz, Los Fierros y la Loma Blanca con altitudes de 2,200 a 2,300 msnm. En el oriente del SAR se ubica un área con sedimentos lacustres evaporíticos denominado *Llanura Desértica Salina* especialmente en la localización de las lagunas la Escondida, El Mosco, Las Cruces y Las Adjuntas.

El relieve del SAR se clasifica como una planicie con pendientes menores de 5% (**Figura IV.13**). En las elevaciones al límite occidental de la zona se registran pendientes hasta 100% y en el AP hasta 50% como máximo en el pico más alto. El AP se encuentra con un porcentaje de pendiente menor de 10% en promedio. En el sureste donde se ubican los cerros San Miguel y El Buen Suceso, se registran también pendientes hasta 100% como máximo.

Versión Pública

IV.3.1.2.3. Estratigrafía

Tectono-estratigráficamente se localiza el SAR en el Terreno Guerrero al límite con el Terreno Sierra Madre que se ubica al norte. Las unidades geológicas en el SAR pertenecen a depósitos volcano-sedimentarios mayormente del Jurásico a Cretácico que se desarrollaron durante la formación de un arco insular con presencia del macizo del arco en una cuenca transarco asociados a los procesos de subducción y acreción del terreno Guerrero al terreno Sierra Madre (SGM, 2001).

El Terreno Sierra Madre está caracterizado por un ambiente de depósitos de aguas profundas a someras donde predominan sedimentos calcáreo-arcillosos de la Cuenca Mesozoica.

El SAR está representado por unidades litológicas volcano-sedimentarias, sedimentarias, ígneos intrusivas y extrusivas con edades jurásico-cretácico al reciente, las cuales se encuentran afectadas por una tectónica comprensiva y distensiva, en formas de fallas normales, fracturas y cabalgaduras.

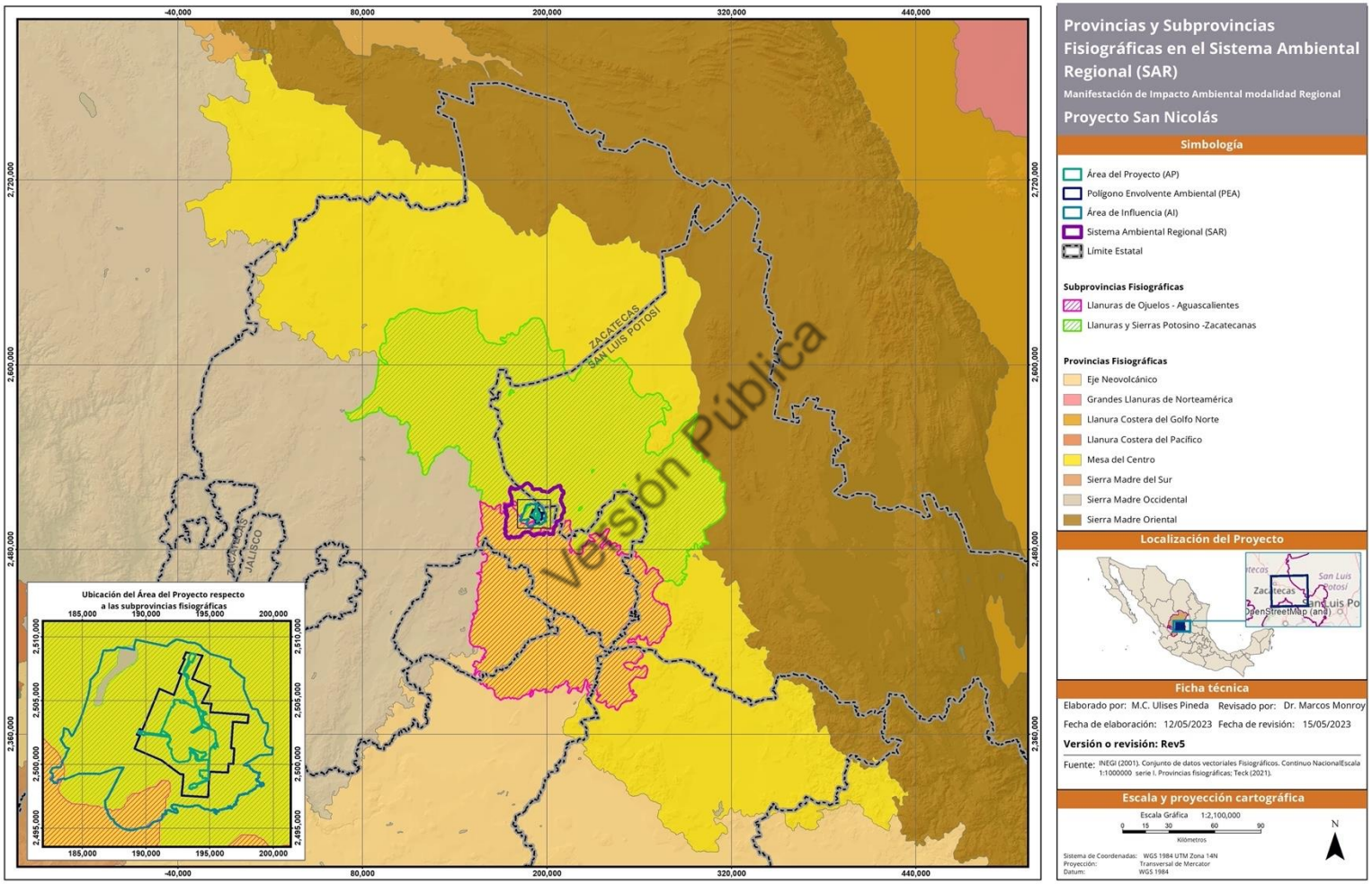


Figura IV.11 Ubicación del Sistema Ambiental Regional (SAR) respecto a las provincias fisiográficas y a las subprovincias de la Provincia Fisiográfica La Mesa Central.

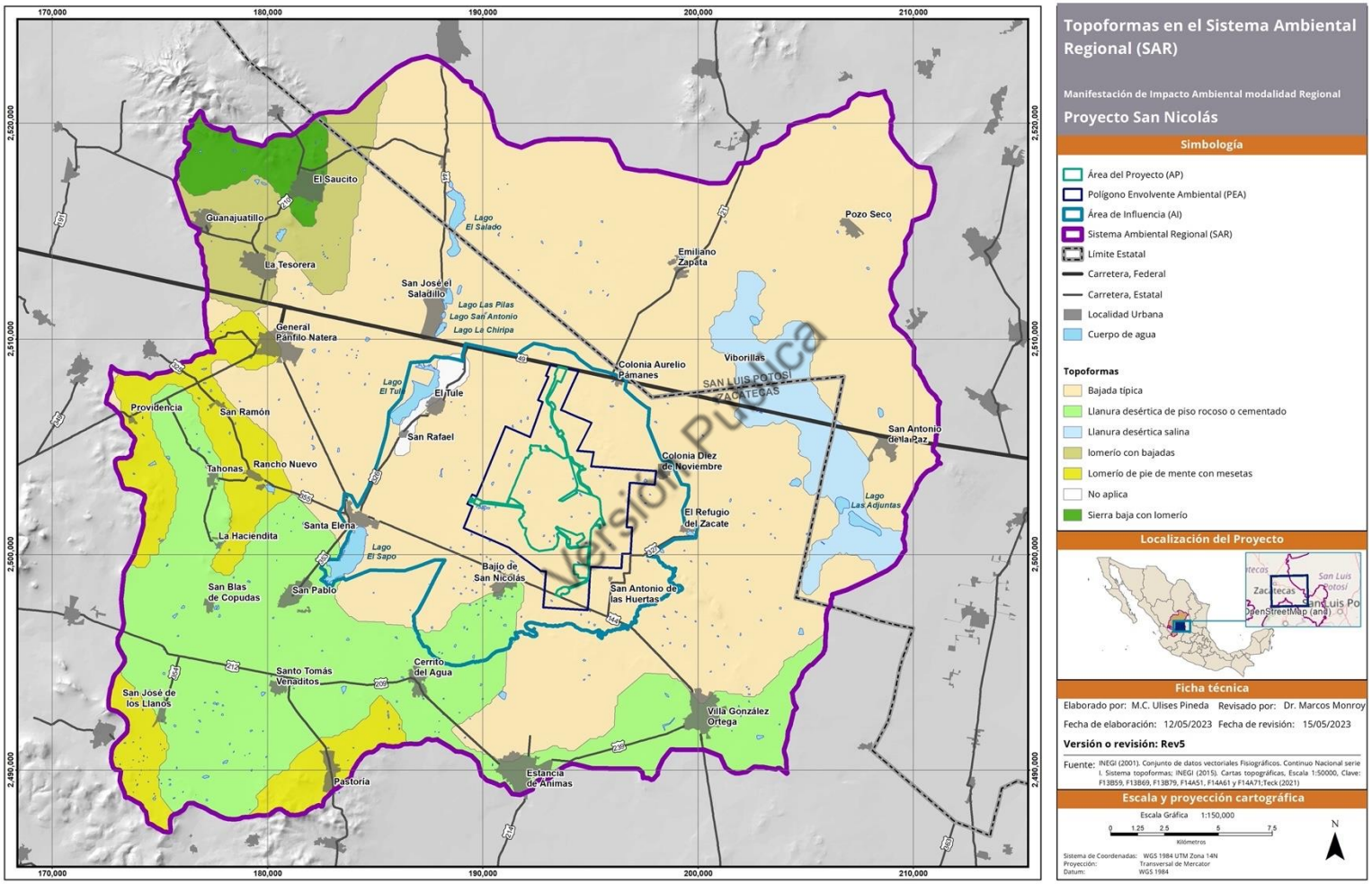


Figura IV.12 Las topoformas en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

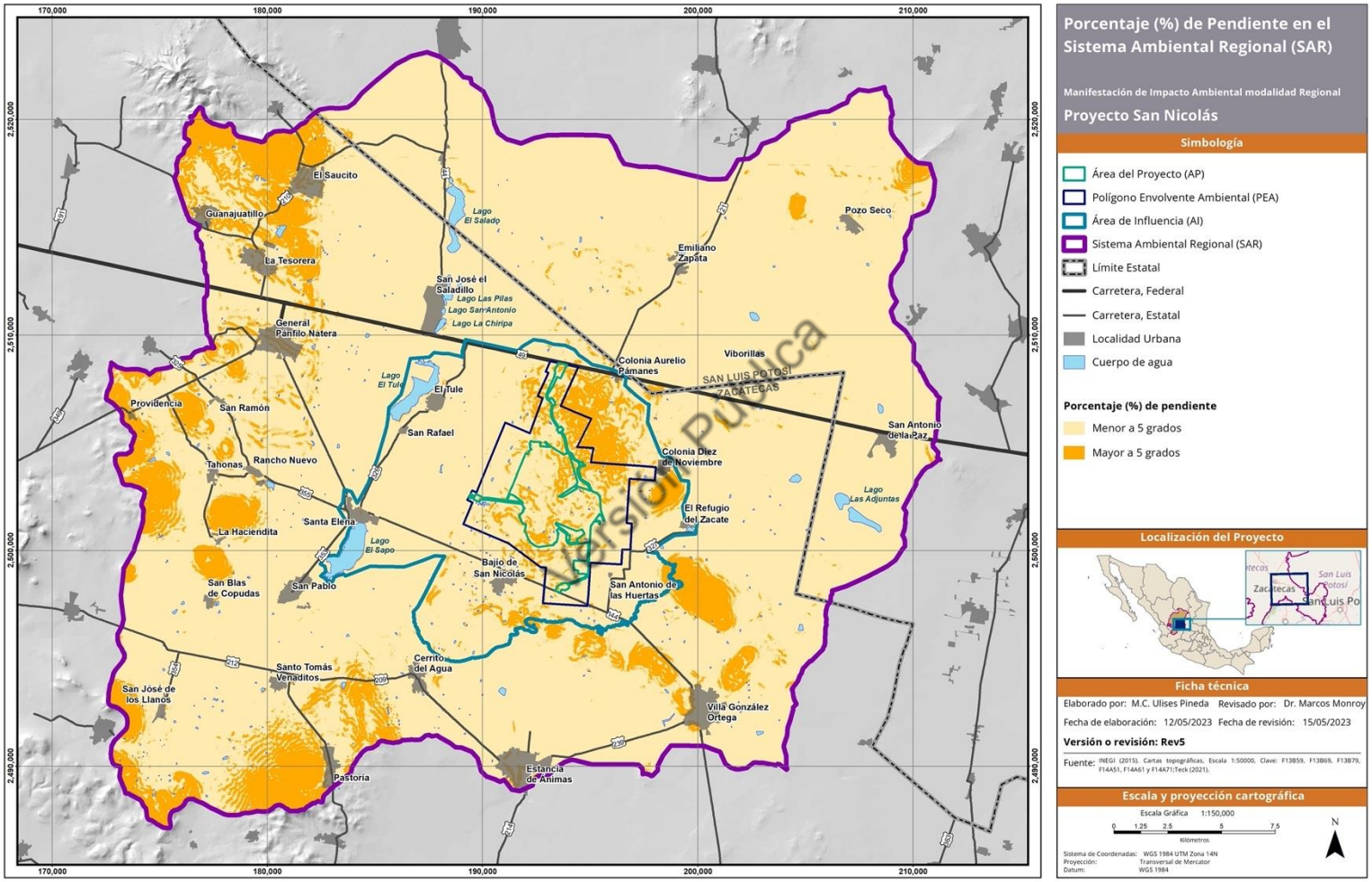


Figura IV.13 Porcentaje de pendiente en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Los depósitos litoestratigráficos más antiguos que se reconocen pertenecen a los afloramientos volcánicos jurásicos de composición andesítica-basáltica en forma de pillowlavas parcialmente intercaladas de areniscas de composición volcanoclástica. Sobreyaciendo se encuentra una riolita constituida de flujos lávicos, brechas y tobas riolíticas. Posteriormente, se depositaron durante el Cretácico inferior sedimentos de diferente composición, constituidos por areniscas, calizas arcillosas, limolitas calcáreas y bancos calcáreos dolomitizados, así como lutitas parcialmente metamorfizadas (**Figura IV.14** y **Figura IV.15**) (SGM, 2007; Teck, 2021). Al final del Cretácico se tienen los primeros registros del magmatismo que durante la orogenia Laramide se caracteriza por enormes emplazamientos de intrusivos granodioríticos de edad de 74±6 Ma en los depósitos sedimentarios antiguos, que originaron depósitos metalogénicos importantes. Estos depósitos sedimentarios e ígneos se reconocen en el AP y en los límites occidentales, orientales y septentrionales del SAR.

Los depósitos del paleógeno se clasificaron como sedimentarios y volcano-sedimentarios, constituidos por conglomerados polimícticos del Terciario, brechas y tobas volcánico-riolíticas. Un evento volcánico al final del paleógeno con flujos riolíticos y depósitos de tobas riolíticas, se encuentra en afloramientos aislados en el norte del SAR y en el sur formando el Cerro La Mesita y la Mesa El Triste. El último evento volcánico se reporta en el Pleistoceno con derrames de basaltos y productos piroclásticos con brechas, bombas piroclásticas, tobas de lapilli, flujos de escombros y fragmentos basálticos, cuya evidencia se encuentra en el noreste del SAR.

Versión Pública

En el neógeno se reconocen depósitos de areniscas y conglomerados que se depositaron ampliamente en el SAR, cubriendo las planicies que están constituidas por fragmentos de casi todas las unidades de la región. Al final se tienen depósitos aluviales y lacustres del Holoceno, principalmente alrededor de los lagos.

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) reconoce en las rocas volcano-sedimentarias del Jurásico una zona mineralizada en el SAR, denominada San Nicolás y El Salvador, favoreciendo yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos del tipo Kuroko. Canela (2019) describe la roca encajonante del depósito mineralizado de San Nicolás que pertenece a la Formación Chilitos, la cual está compuesta por rocas sedimentarias y volcánicas marinas y continentales del Jurásico-Cretácico deformado y alterado ligeramente por metamorfismo. Este depósito mineralizado de sulfuros masivos volcanogénicos abarca un cuerpo de pirita masivo lenticular elongado con una zona superior de zinc y cobre y una zona inferior rica en cobre La mineralización está asociada a un sistema de fallas de dirección NW y al emplazamiento de un domo riolítico. Alrededor del contacto del material introducido se localizan zonas de cloritización intensa y alteración de cuarzo-sericita.

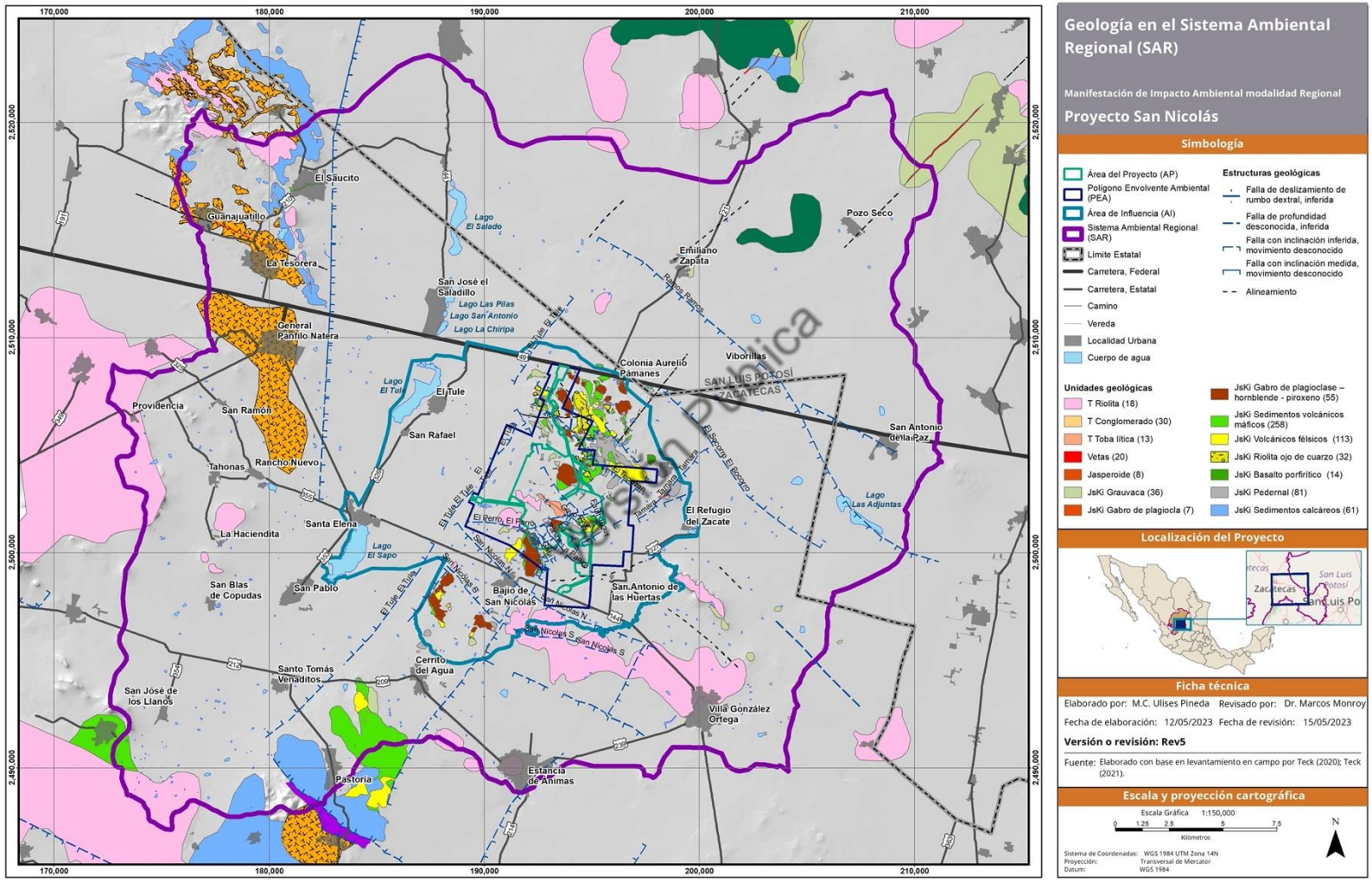


Figura IV.14 Geología (unidades estratigráficas) en el Sistema Ambiental Regional.

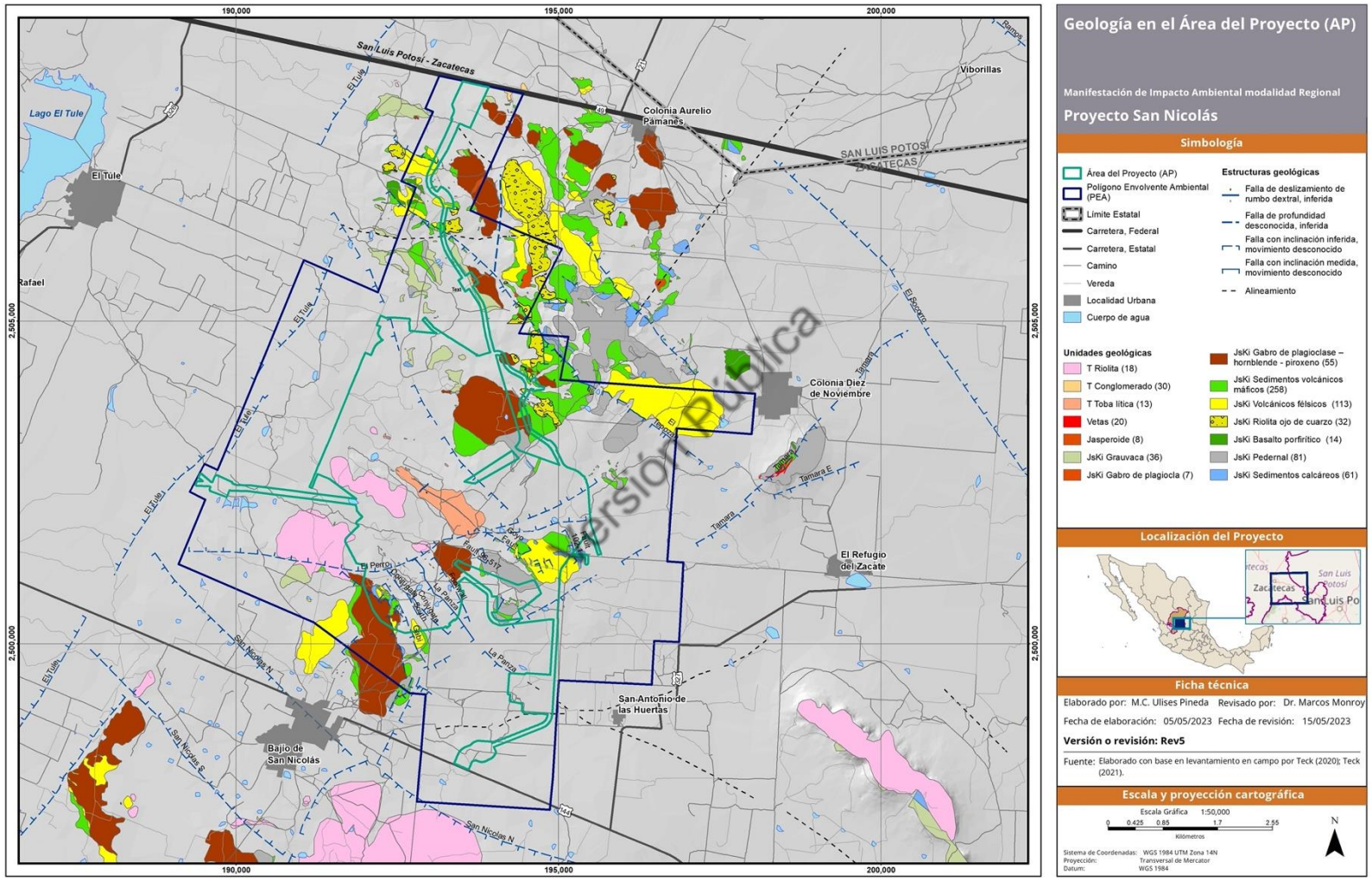


Figura IV.15 Detalle de la geología (unidades estratigráficas) en el Área del Proyecto.

IV.3.1.2.4. Condiciones geotécnicas

Se realizó un análisis geotécnico de los estratos edafológicos y geológicos que se localizan en el entorno del AP, principalmente en las áreas que representan el basamento de las principales estructuras del Proyecto: la tepetatera y la presa de jales.

Suelo

En forma general se distinguieron en el sitio tres tipos de suelos que se caracterizan por su contenido del material parental. Se diferenció un suelo con una composición de material residual proviniendo de las rocas intemperizadas del entorno del sitio, un suelo constituido por conglomerados del Terciario y suelos representados por sedimentos aluviales. En el **Cuadro IV.6** se resumen las propiedades geotécnicas del suelo en el AP.

Cuadro IV.6 Propiedades geotécnicas del suelo en el Área del Proyecto.

Propiedad	Estadística	Suelo		
		aluvión	roca alterada	conglomerado
Gravedad específica del suelo	Promedio	2.71	-	2.69
	mínimo	2.61	-	2.57
	máximo	2.77	-	2.76
	Número de pruebas	7	0	4
Gradación promedio	Grava (%)	23	39	9
	Arena (%)	44	42	57
	Fino (%)	32	19	33
Límite liquido	Promedio	33	33	43
	mínimo	22	26	32
	máximo	47	43	53
Límite plástico	Promedio	22	22	21
	mínimo	18	19	16
	máximo	27	27	32
Índice de plasticidad	Promedio	11	10	22
	mínimo	3	2	16
	máximo	24	22	33
	Número de pruebas	9	3	4

Versión Pública

Cuadro IV.6 Propiedades geotécnicas del suelo en el Área del Proyecto.

Propiedad	Estadística	Suelo		
		aluvión	roca alterada	conglomerado
Contenido de agua	Promedio	9	5	15
	mínimo	1	1	5
	máximo	34	15	36
humedad, densidad y esfuerzo de compactación	Esfuerzo de compactación	estándar	modificado	modificado
	Peso vol. Seco (t/m^3)	1.61	1.55	1.66
	humedad óptima (%)	18.1	23.3	17.3
	Número de pruebas	1	1	7

Límite de Atterberg

Para conocer los límites de plasticidad o límites de consistencia, se evaluaron los límites de Atterberg, cuyos resultados se aprecian en la **Figura IV.16**. Las muestras presentan rangos de material con una alta y baja plasticidad. En el barreno SN18DG-049 dentro del área destinada a la tepetatera, se encontraron a una profundidad de 7.5 m, arenas arcillosas y arcillas arenosas con gravas, con una plasticidad media a alta. En el sitio de la presa de jales no se encontraron arcillas de alta plasticidad en los suelos.

Versión Pública

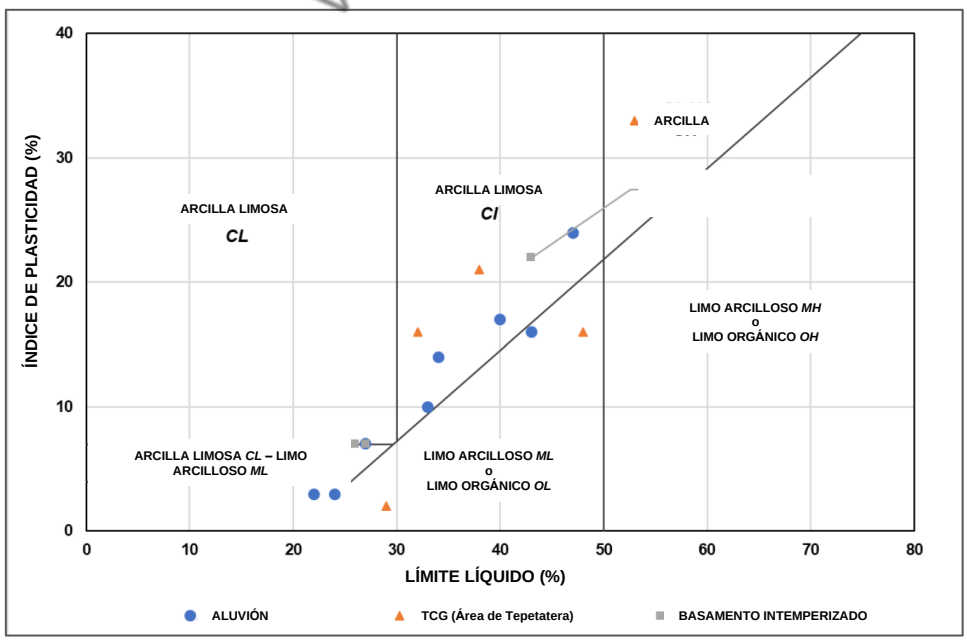


Figura IV.16 Gráfica del índice de plasticidad en las muestras de suelo del Área del Proyecto.

Contenido de agua

La **Figura IV.17** presenta el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades. No existe una relación entre el contenido de agua con la profundidad. Todas las muestras se tomaron arriba del nivel de saturación por agua subterránea.

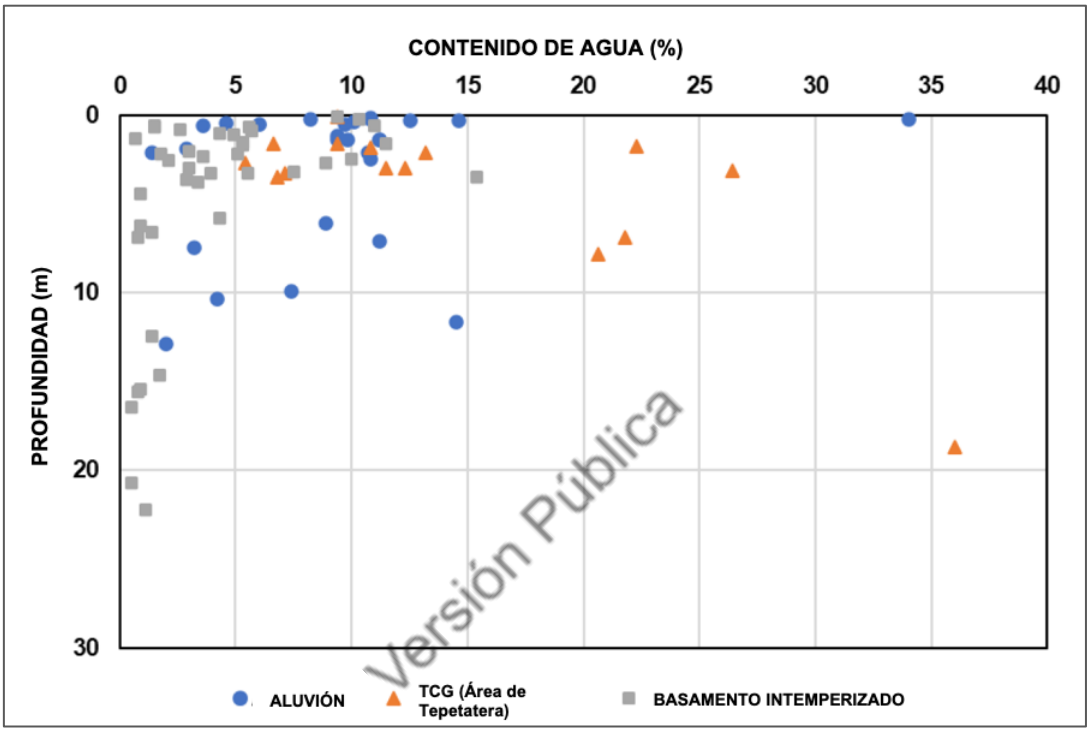


Figura IV.17 Relación entre el contenido de agua con la profundidad en los diferentes suelos.

Esfuerzo cortante

Los parámetros del esfuerzo cortante Mohr-Coulomb para suelos del AP son representados en el **Cuadro IV.7**. En estos resultados se observa que el conglomerado del Terciario (TCG) presenta ángulos de fricción con valores desde 8.8 hasta 35, y cohesiones hasta de 893 kPa.

Cuadro IV.7 Resultados de la prueba de esfuerzo cortante en suelos del Área del Proyecto (AP).

Barreno	Sitio	Profundidad de la muestra (m)	Parámetros de esfuerzo cortante		
			Suelo	Ángulo de fricción (°)	Cohesión (kPA)
SN18DG-043	Tepetatera	0.25	TCG	24.4	893
SN18DG-043	Tepetatera	9.32	TCG	25.1	26
SN18DG-043	Tepetatera	11.1	TCG	27.6	380
SN18DG-049	Tepetatera	3.97	TCG	8.8	341
TP WRF 4	Tepetatera	3.45	TCG	35	13
TP WRF 2	Tepetatera	2.7	TCG	33.5	51
TP WRF 2	Tepetatera	3.3	TCG	32.7	0
TP WRF 19	Tepetatera	1.8	TCG	25.1	26
TP WRF 5	Tepetatera	1.6	WBR	21.7	99.5
GATP-TFC-1	Presa de Jales	2 a 2.95	Aluvión	37.9	0
GABH-TFC-11 (SN18D-106)	Presa de Jales	6.9 a 10.0	Aluvión	34.1	20.2
GATP-TFC-15	Presa de Jales	0.0 a 0.65	Aluvión	30.5	0
GATP-TFC-17	Presa de Jales	0.0 a 1.5	Aluvión	34.5	0

TCG = Conglomerado del Terciario.

Versión Pública

Roca

En este apartado se presentan los resultados de las pruebas geotécnicas de las rocas que se encuentran en el AP, particularmente en la superficie destinada a la presa de jales. En este análisis, se consideró el caliche como tipo de roca.

Esfuerzo Compresivo Uniaxial (UCS)

Los datos disponibles de la prueba del esfuerzo compresivo uniaxial se presentan en función de la profundidad en la **Figura IV.18** y se resumen en el **Cuadro IV.8** con el peso volumétrico.

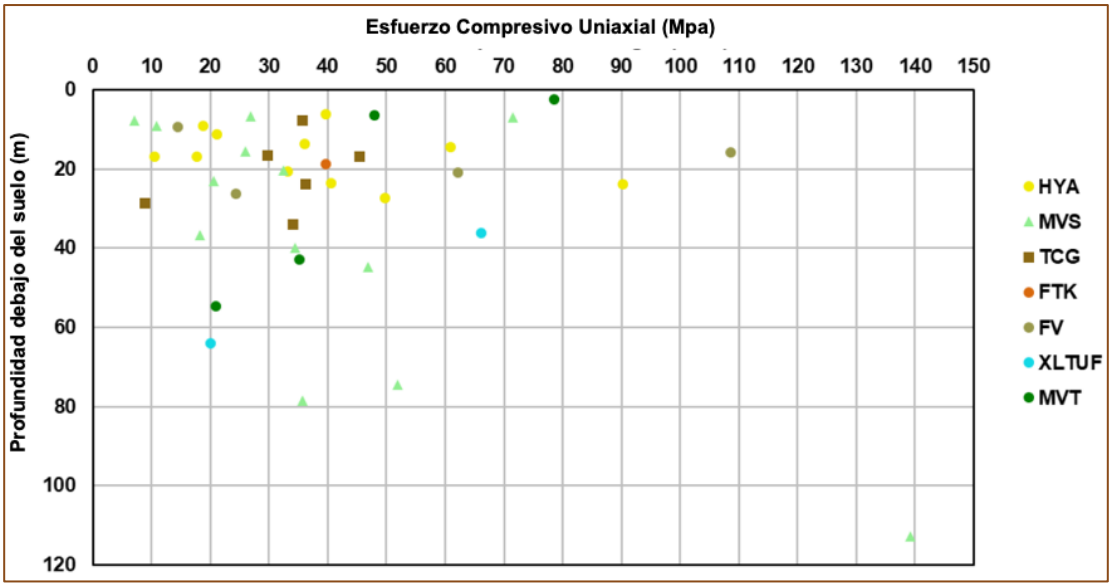


Figura IV.18 Esfuerzo compresivo uniaxial de los núcleos de roca para el Área del Proyecto (AP) en el sitio de la presa de jales.

Versión Pública

Cuadro IV.8 Peso volumétrico y esfuerzo compresivo uniaxial de las rocas del Área del Proyecto (AP).

Unidad	Peso volumétrico (t/m³)				Esfuerzo compresivo uniaxial (MPa)			
	Promedio	Mínimo	Máximo	Número pruebas	Promedio	Mínimo	Máximo	Número pruebas
Brechas riolíticas (HAY)	2.5	2.3	2.8	12	43	11	132	12
Volcánicas máficas (MVS)	2.5	2.2	2.8	14	45	7	139	14
Volcánicas máficas (MVT)	2.6	2.5	2.7	4	46	21	79	4
Conglomerados terciarios (TCG)	2.3	2.2	2.5	6	32	9	45	6
Flujos masivos (FV)	2.6	2.4	2.7	4	52	14	109	4
Flujos máficos y brechas (XLTUF)	2.7	2.7	2.7	2	43	20	66	2
Gabros (GAB)	2.8	1	73	1	-	-	-	-
Dique félsico (FTK)	2.5	1	40	1	-	-	-	-
Promedio	**2.6**	**2.2**	**2.8**	**44**	**47**	**7**	**139**	**44**

Pruebas al índice de resistencia a carga puntual

En el **Cuadro IV.9** presentan los resultados de la prueba de resistencia a carga puntual Is_{50}. Los resultados de las propiedades geotécnicas de suelos y rocas han sido utilizados para los estudios de estabilidad estructural de las estructuras mayores del Proyecto: tajo, tepetatera y presa de jales, como se reporta en el **Anexo II.12**, **Anexo II.13** y **Anexo II.14**, respectivamente.

Cuadro IV.9 Índice de resistencia a carga puntual Is_{50} en el Área del Proyecto (AP).

Prueba	Estadística	Índice de resistencia a carga puntual Is50 (PLI)											
		XLTUF	TTL	FV	GAB	MVS	MVT	HYA	MV	QAL	TCG	FTK	All
PLI Is_{50} (MPa)	Promedio	10.6	1.1	6.6	9.2	6.7	9.1	10.1	7.6	2.4	2.5	11.5	7
	Mínimo	2.5	0.2	0.3	0.1	0	0.3	0.4	0	1.2	0.3	0.5	0
	Máximo	18.3	2.1	23.4	30	22.3	34.5	38.4	30	3.7	5.7	35.6	38.4
	Número de pruebas	24	5	16	17	52	28	96	157	6	25	6	432

Brechas riolíticas (HAY); Volcánicas máficas (MVS); Volcánicas máficas (MVT); Conglomerados terciarios (TCG); Flujos masivos (FV); Flujos máficos y brechas (XLTUF); Gabros (GAB); Dique félsico (FTK).

Versión Pública

IV.3.1.2.5. Presencia de fallas y fracturas

Las estructuras tectónicas de la región resultaron de procesos de deformación dúctil-frágil que fueron originados por eventos de mecanismos compresivos regionales de la orogenia Laramide, representados por cabalgaduras y plegamientos que se observan especialmente en el AI y el AP. Aquí se distinguen las cabalgaduras Arrieros, Tepozán, El Pachoncito, Los Carros y Cerritos. Las fallas detectadas en el SAR son resultados de los procesos distensivos poslaramídicos donde se pueden diferenciar la falla Atanacio y la falla Honda en el AP y la falla Viborillas al norte del AP, con dirección noroeste-sureste.

Canela (2019) describe en el estudio geológico de la zona mineralizada de San Nicolás que algunos lineamientos estructurales dentro de las unidades de la formación Chilitos pertenecen a cabalgaduras sumergidas ligeramente al oeste. Mediante estudios geofísicos se determinó una dirección principal NW-SE para los lineamentos más antiguos, que en conjunto con los lineamientos de dirección nororiental forman estructuras de fosas y pilares en la región. El relleno con sedimentos terciarios constituidos por conglomerados, coincide con las fosas mesozoicas, presentando una baja respuesta de resistividad y gravimetría en los estudios geofísicos.

Además, se definieron en este estudio fallas locales dentro de la formación Chilitos, que separan los diferentes depósitos de la formación. Se describe la falla La Panza como la más antigua de la zona, con dirección NW, inclinándose al SW. Junto con la falla conjugada de inclinación al NE se delimita el cuerpo mineralizado de San Nicolás. Al NW, la falla La Panza es cortada por la falla El Perro y al SE posiblemente por fallas asociadas al sistema de la falla Tamara, ambas con dirección NE-SW. Este complejo de fallas delimita el área mineralizada de San Nicolás al NW y al SE (**Figura IV.19**).

Al oeste del AP, se encuentra la falla El Tule, que corresponde también a la margen oriental del acuífero aluvial La Blanca, mientras la falla Tamara forma el límite noroccidental del acuífero aluvial Loreto. **Cabe subrayar que ninguna de estas fallas permanece activa.**

IV.3.1.2.6. Susceptibilidad a sismos, deslizamiento y derrumbes

La actividad sísmica en la República Mexicana es el resultado de la interacción de las placas de Cocos, Norteamérica, Rivera y del Caribe. En general, en el país existen cuatro zonas sísmicas donde el SAR presenta escasas probabilidades de riesgo por sismo, ya que se ubica dentro de la región penisísmica, donde el riesgo de daños por sismos, es escaso (**Figura IV.20**). Para el periodo de 1900 a 2021, se registraron en el Servicio Sismológico Nacional (SSN), 281 sismos en un radio de 200 km con respecto al SAR, todos ellos de baja magnitud, de 0.6 a 4.5, según la escala de Richter (SSN, 2021).

Versión Pública

Aunque la búsqueda en la base de datos inició en 1900, el SSN reportó sismos a partir de 1978. En el SAR no se han reportado sismos. Las más cercanos se localizaron en la ciudad de Zacatecas a una distancia de 36 km a partir del límite del SAR. Los sismos de la ciudad de Zacatecas se encuentran en una distribución circular y de magnitud máxima de 3, pero la mayoría de magnitud 2 o menos. Igualmente se reconoce en la ciudad de Aguascalientes al suroeste del SAR, un comportamiento similar, donde detectaron un cúmulo de sismos de magnitud de 2 a 3.2 en el norte de la ciudad. Los sismos de mayor magnitud son reportados en la sierra El Tizú y Guadalcázar a 136 km del SAR en el este y al oeste de la ciudad de Zacatecas. Estos sismos alcanzan valores de 4.5 de magnitud. En el **Cuadro IV.10** se presentan los sismos con magnitud mayor de 4, ninguno dentro del SAR.

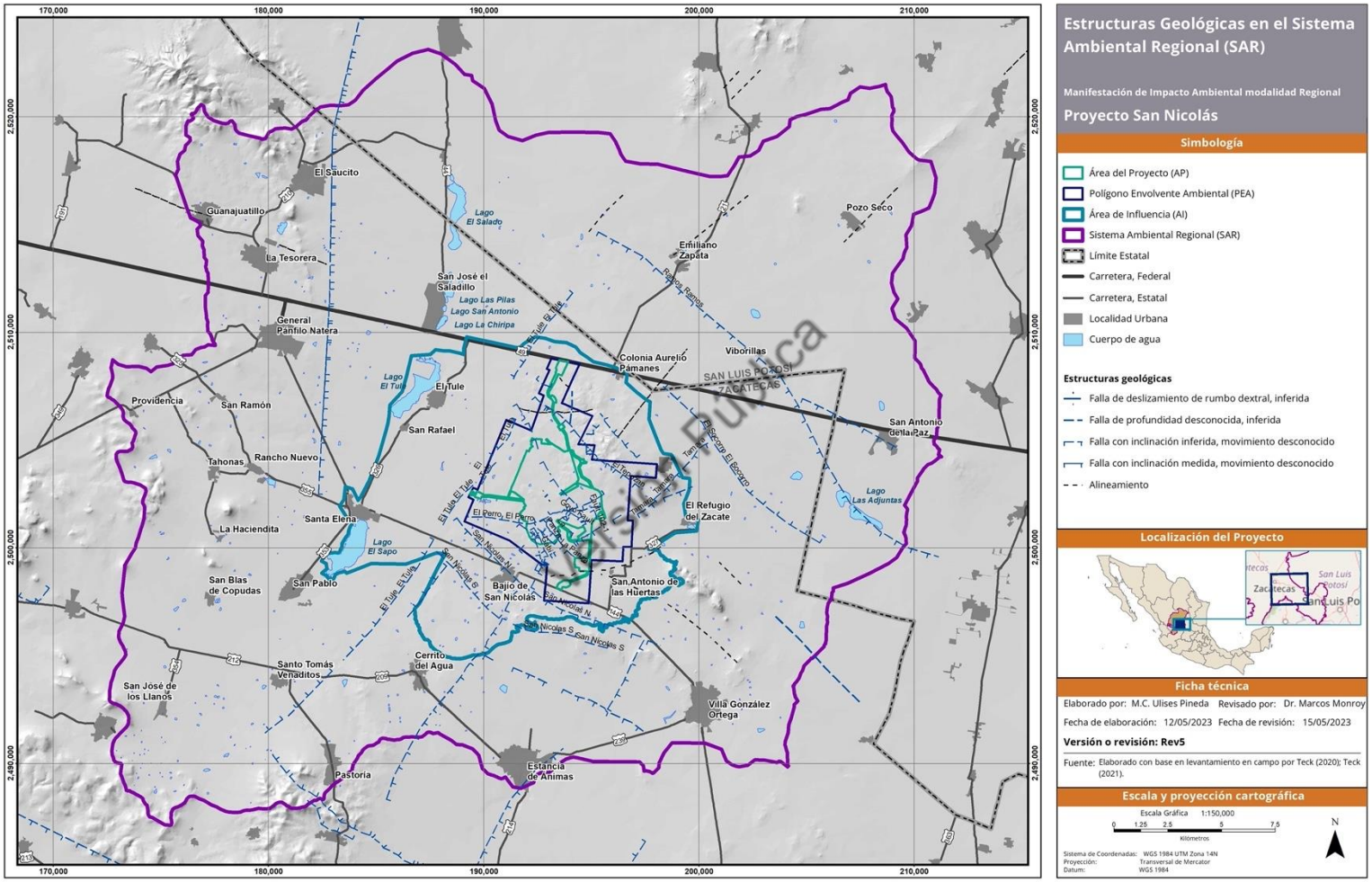


Figura IV.19 Estructuras (fallas y fracturas) en el Sistema Ambiental Regional.

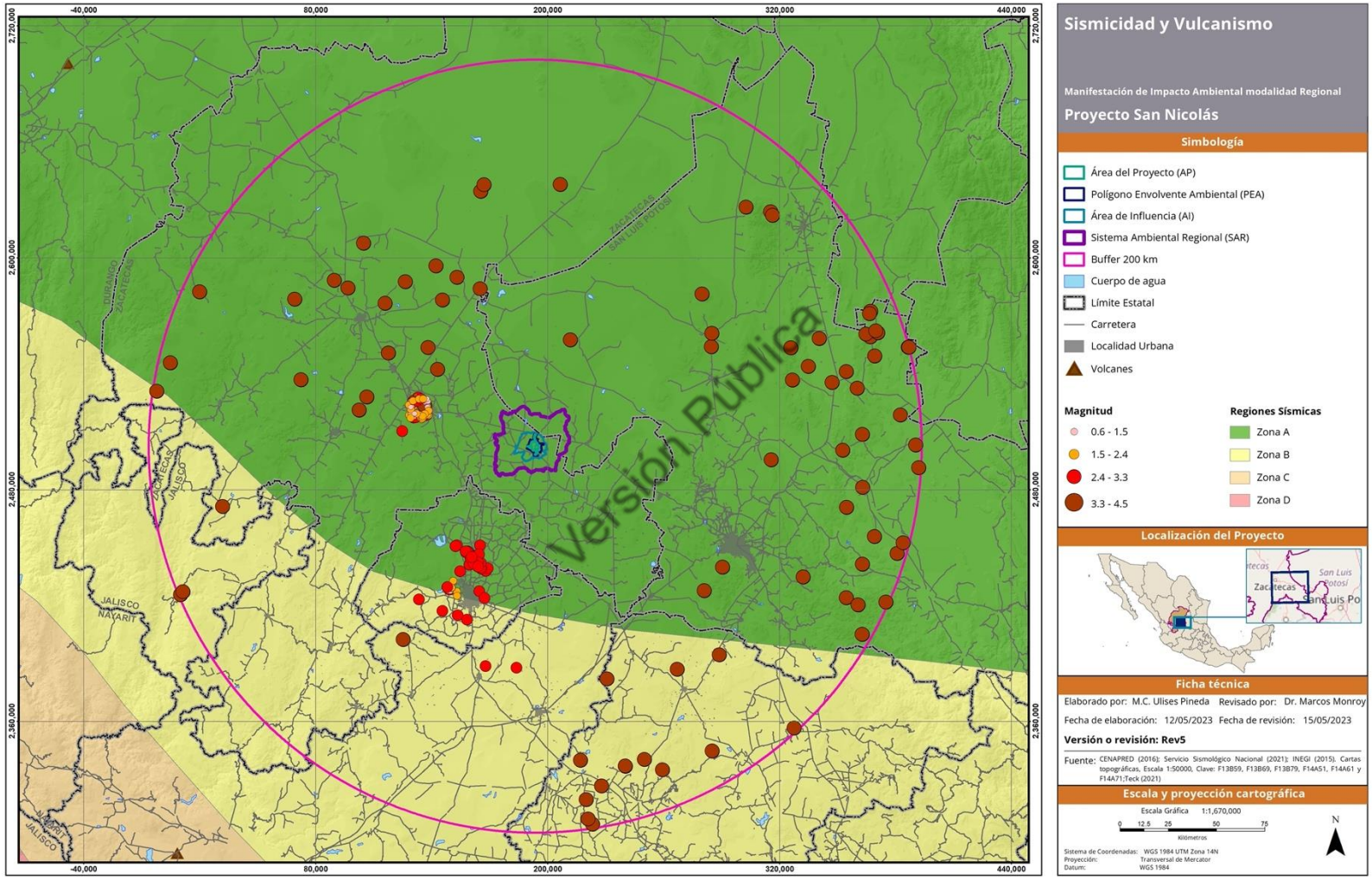


Figura IV.20 Sismicidad y vulcanismo en el entorno del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Cuadro IV.10 Eventos sísmicos mayores dentro de un radio de 200 km alrededor del Sistema Ambiental Regional.

Latitud	Longitud	Fecha	Profundidad (km)	Magnitud (escala Richter)	Localidad
23°31'48''	102°52'12''	9/25/1995	10	4.5	37 km al sureste de Río Grande, ZAC
22°45'00''	102°52'12''	1/26/1997	7	4.4	17 km al noreste de Jerez, ZAC
23°44'40''	100°56'10''	4/18/2012	10	4.4	31 km al noroeste de Matehuala, SLP
23°01'12''	102°43'48''	2/8/1997	3	4.3	8 km al noroeste de Víctor Rosales, ZAC
23°15'36''	103°12'36''	12/13/2006	10	4.3	36 km al oeste de Fresnillo, ZAC
22°40'42''	100°20'20''	4/29/2018	25.2	4.3	28 km al norte de Cerritos, SLP
23°15'14''	100°17'53''	5/26/2019	10	4.3	56 km al sureste de Matehuala, SLP
22°25'48''	100°19'48''	1/1/1988	15	4.2	5 km al oeste de Cerritos, SLP
23°04'48''	100°42'00''	2/21/1999	10	4.2	43 km al este de Charcas, SLP
23°42'51''	100°48'40''	5/20/2016	20	4.2	19 km al noroeste de Matehuala, SLP
22°55'12''	100°29'24''	4/6/2004	5	4.1	58 km al noroeste de Cerritos, SLP
22°36'10''	100°25'59''	1/14/2019	5	4.1	24 km al noroeste de Cerritos, SLP
23°09'13''	100°15'40''	5/24/2019	5	4.1	67 km al sureste de Matehuala, SLP
23°05'13''	100°06'11''	5/26/2019	10	4.1	75 km al norte de Cerritos, SLP
23°31'48''	102°52'12''	9/25/1995	10	4.5	37 km al sureste de Río Grande, ZAC
22°45'00''	102°52'12''	1/26/1997	7	4.4	17 km al noreste de Jerez, ZAC

Versión Pública

El SAR, AI y AP presentan una muy baja susceptibilidad de inestabilidad de laderas lo que hace un deslizamiento, derrumbes o colapsos muy improbable, solamente en las sierras y cerros que limitan el SAR en el oeste y suroeste la probabilidad es alta, así como en el cerro San Miguel en el sureste del SAR y en las elevaciones del Cerrito Alto, al NE del AI del Proyecto, el área más cercana al proyecto donde se ha presentado un colapso se encuentra aproximadamente a 255 km del área (**Anexo IV.62**)

IV.3.1.3. Suelo

La composición química y la estructura física del suelo son determinadas por el tipo de material geológico, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado la meteorización, por el relieve del área y por los procesos resultantes de las actividades humanas. Dentro del SAR se encuentran siete tipos de suelo, los cuales se distribuyen según las condiciones topográficas, climáticas y geológicas, con diferentes proporciones en el SAR, AI y AP. En la **Figura IV.21** se reporta

la distribución de los suelos en el SAR de acuerdo a la cartografía de INEGI, mientras que en la **Figura IV.22** se presenta la distribución de suelos en el AP, a partir de la clasificación obtenida del trabajo de detalle en campo y que se reporta en el **Anexo IV.6 a Anexo IV.8.**

La mayor distribución en el SAR (así como en el AI y AP) corresponde al **Luvisol**, ocupando la zona centro, norte, sur y este. En una franja de orientación NW-SE al noreste del SAR se localiza el tipo de suelo **Calcisol** que también se distinguió en la zona de los cuerpos de agua El Tule, El Sapo y El Salado en la parte centro-oeste del SAR. Al suroeste del SAR se desarrolló el tipo de suelo **Durisol**, ocupando 13% del área del SAR. En varias manchas distribuidas en el SAR se localiza el tipo de suelo **Leptosol** predominante en las elevaciones pequeñas y en las sierras que delimitan el SAR. En pequeñas proporciones y solamente en el AI y AP, se localizaron los tipos de suelos **Cambisol**, **Kastanozems** y **Phaeozems**.

A continuación, se presenta una descripción de las principales características de los tipos de suelo encontrados en el SAR. Estos datos corresponden a estudios realizados en el estudio de línea base ambiental para el Proyecto, utilizando como referencia las clasificaciones edafológicas proporcionadas por el INEGI (2007) y por la *Food and Agriculture Organization* (FAO) (IUSS, 2007). Para las descripciones, se combinó la información de INEGI con los resultados del estudio de la caracterización de línea base en suelo elaborado para el Proyecto (**Anexo IV.5** a **Anexo IV.10**) donde se llevaron a cabo muestreos detallados en zanjas y en superficie en el SAR, AI y AP para determinar las condiciones físicas y químicas del suelo y definir específicamente las cualidades de cada tipo de suelo existente. Para detalle, ver **Anexo IV.5** (Metodología de muestreo y caracterización de suelo), **Anexo IV.6** (Base de datos de la caracterización de suelo. Registro de sitios de muestreo y del tipo y características del suelo), **Anexo IV.7** (Mapas de ubicación de los sitios de muestreo de suelo), **Anexo IV.8**. (Reportes de resultados del muestreo y caracterización del suelo) y **Anexo IV.10** (Archivo fotográfico del muestreo y caracterización del suelo).

Versión Pública

En el SAR, AI y AP se encontraron suelos con una característica muy específica, la cual se expresa por la presencia de una capa petrocálcica, también denominada caliche o tepetate blanco, la cual es rica en carbonatos de calcio. Dadas las características de los caliches, cuando se encuentran debajo del suelo, producen discontinuidades, impiden la infiltración del agua y favorecen el escurrimiento, de la misma manera, pueden favorecer a la erosión del suelo e impedir la recarga de los acuíferos más profundos (Gama-Castro et al., 2007). En las zonas con tepetate blanco, donde dicha capa se encontró intemperizada, se identificó que el material cálcico ha emigrado de forma superficial y subsuperficial en el perfil del suelo.

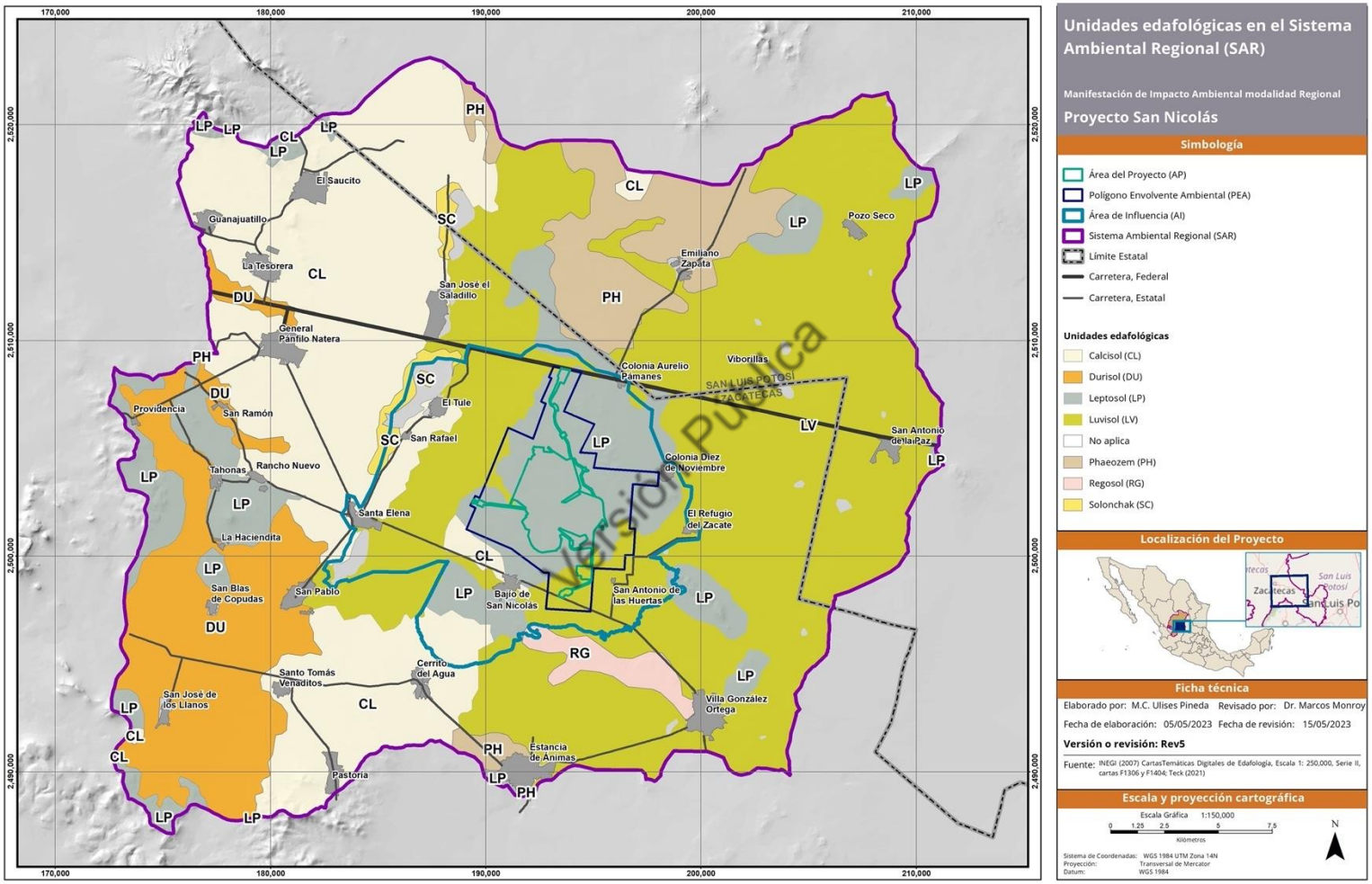


Figura IV.21 Principales unidades edafológicas en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto.

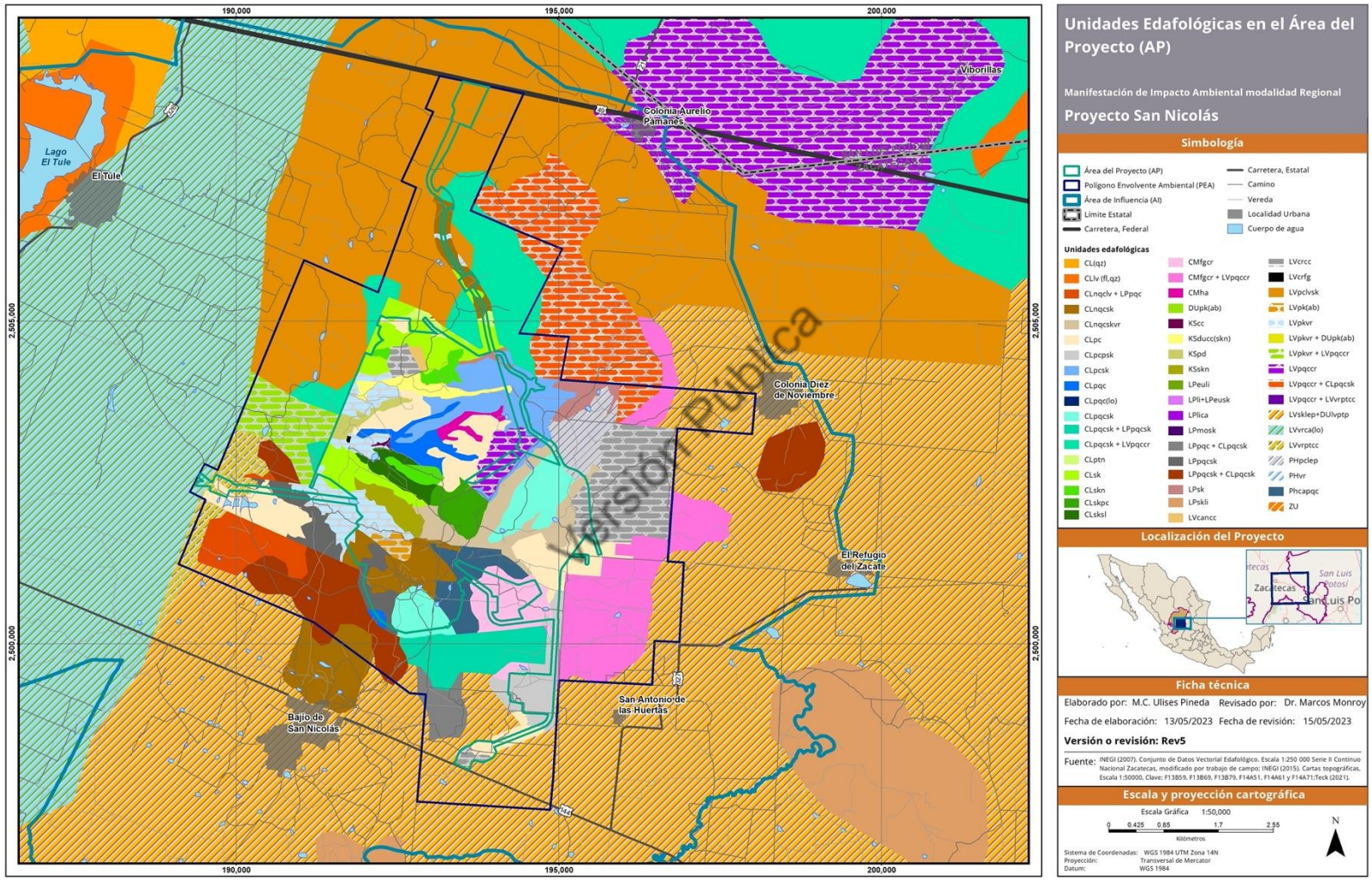


Figura IV.22 Unidades edafológicas en el Área del Proyecto (ver la nomenclatura de los tipos de suelo en el Anexo IV.7).

El pH de los suelos es de neutro a medianamente alcalino (pH 6.7-8.5) y se relaciona estrictamente con la naturaleza del suelo, puesto que, estos presentan altos contenidos de carbonatos de calcio. Las texturas que se encuentran son francoarcillo arenosos, francos, francos limosos, francoarcillosos y arcillosos.

En el AP la profundidad efectiva del suelo somera a medianamente profunda y varía de 10 cm a 60 cm.

El suelo de mayor distribución en el SAR es el **Luvisol** (**LV**) que es un tipo de suelo pardo-grisáceo de las regiones templado-húmedas. Estos tipos de suelos muestran evidencias de redistribución de arcilla y/o materia orgánica y son ricos en bases con un claro horizonte de acumulación de arcillas. Los Luvisoles se caracterizan por un contenido mayor de arcilla en la capa subsuperficial por la migración de arcillas como resultado de procesos pedogenéticos, creando un horizonte subsuperficial árgico con arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases. Estos suelos derivan de una variedad de materiales no consolidados, aluviales y coluviales. Son susceptibles a la erosión cuando tienen un alto contenido de limo. En pendientes fuertes, requieren medidas de control de la erosión. Suelo predominante cálcico - arcilloso en el SAR con ≥ 2% de carbonato de calcio y una profundidad de roca continua dentro de 100 cm de la superficie del suelo. En el AP se caracteriza por la existencia de una capa endurecida con una acumulación de carbonatos secundarios.

Versión Pública

El tipo de suelo predominante en el AP es el **Calcisol** (**CL**). Corresponde al grupo de suelos de regiones áridas y semiáridas, caracterizado por una redistribución de carbonatos y yeso, formando un horizonte con acumulación de sales en la capa inferior. La mayor parte del Calcisol tiene un horizonte superficial de 10 cm o menos, de color pardo pálido sobre un horizonte subsuperficial cámbico o árgico y/o un subsuelo pardo amarillento con moteado blanco de calcita. La vegetación natural es dispersa y dominada por plantas xerófitas y hierbas efímeras. El uso para la agricultura en condiciones de sequía, de pedregosidad y/o en presencia de un horizonte petrocálcico somero es muy limitado. En la temporada de lluvia, los Calcisoles están bien drenados y húmedos, con percolaciones de agua enriquecida con sales solubles hasta el subsuelo, donde se precipitan y convierten las acumulaciones a un horizonte sálico. Pero la mayor parte del Calcisol tiene una textura media a fina y buenas propiedades para la retención de humedad, que se endurece subsecuente por la acumulación de sales que impide una infiltración del agua. El flujo del agua superficial sobre el suelo causa un lavado laminar y erosión de cárcavas y, en ocasiones, la exposición de un horizonte petrocálcico. En el SAR, AI y AP se caracterizan por su acumulación de carbonatos endurecidos con ≥ 40% (en volumen) de fragmentos gruesos promediados en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo hasta la capa endurecida.

En el SAR también se encuentran los **Durisoles (DU)**, que se caracterizan por una capa de nódulos de material de suelo cementado por sílice. Son suelos asociados con ambientes áridos y semiáridos; son duros, muy someros a moderadamente profundos, secundariamente silisificados, presente en planicies aluviales, terrazas y planicies de piedemonte suavemente inclinadas. El Durisol es moderadamente bien drenado. El uso agrícola de los Durisoles está limitado al pastoreo extensivo (praderas), solamente donde se rompe la capa dúrica y existe suficiente agua disponible para riego, es posible el cultivo. En ambientes naturales, los Durisoles generalmente soportan suficiente vegetación para contener la erosión. El material duro se puede utilizar en la construcción de caminos. Los Durisoles solamente se localizan en los límites del SAR, fuera del AP y del AI, con un horizonte negro, rico en humus que principalmente es aprovechado para actividades agrícolas en el SAR.

Los **Leptosoles**, distribuidos como manchas en el SAR, AI y AP, son suelos influenciados por su ubicación topográfica y fisiográfica. Estos suelos son someros hasta una profundidad de 25 cm sobre roca dura o material altamente calcáreo, constituidos de varios tipos de rocas o material no consolidado, con menos de 10% de material fino. En el SAR se encuentra con fragmentos gruesos (≥ 40% en volumen) a una profundidad somera hasta 10 cm de la superficie del suelo. A veces se encuentra con un color oscuro, con alta saturación de bases y con un contenido moderado a alto de materia orgánica. En el AP se caracteriza por una acumulación de carbonatos secundarios cementados y con un volumen de 40% de fragmentos gruesos promediados hasta la roca continua.

Versión Pública

Los **Phaeozems** (**PH**) y **Kastanozems** (**KS**) se caracterizan por una transición de la dominancia de procesos de acumulación en formación de suelos a una dominancia de procesos de lixiviación. Los Kastanozems son de poca profundidad, con una superficie parda y acumulación de carbonato o yeso en el perfil; y los Phaeozems son suelos rojizos de praderas con alta saturación de bases, pero con signos de acumulación de carbonatos secundarios no visibles. Los Phaeozems (PH) son suelos fértiles, con un alto nivel productivo en la agricultura y ganadería, cuando se encuentra en terrenos planos. La vulnerabilidad del suelo está caracterizada por una erosión eólica en temporada de sequía y erosión hídrica en temporada de lluvia torrenciales. Las características hidrológicas de los Phaeozems están fundamentadas por la acumulación de arcilla con mayor disponibilidad de almacenamiento de agua. En el SAR, AI y AP se encuentra con horizontes de ≥ 2% de carbonato de calcio, heredado del material parental y con acumulación de carbonatos secundarias endurecidos. Los suelos no son muy profundos, la roca continua comienza en los 100 cm de la superficie del suelo. Los Kastanozems tienen un perfil con un horizonte superficial de humus, poco oscuro y con acumulaciones abundantes de carbonatos secundarios. El material parental son rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias no consolidadas. Se desarrollaron en el SAR, AI y AP con una acumulación de carbonatos secundarios, no cementado con un volumen de 40% de fragmentos gruesos sobre un horizonte dúrico.

Los **Cambisoles** (**CM**) son suelos moderadamente desarrollados por su edad pedogenética limitada o debido al rejuvenecimiento del material del suelo. Presentan rasgos de meteorización donde la transformación del material parental es evidente por un incremento en el porcentaje de arcilla y/o por la remoción de carbonatos. Se encuentran en tierras planas a montañosas en todos los climas con un amplio rango de tipo de vegetación. En el SAR, AI y AP se localizan estos suelos con un horizonte frágico que es un horizonte subsuperficial natural no cementado con una estructura de porosidad tal que las raíces y agua de percolación penetran el suelo entre los agregados y grietas. En algunos sitios se observa una acumulación de carbonatos secundarios endurecidos. Una característica de este suelo en la región es la presencia de una capa con un color Munsell más rojo que 7.5 YR y un croma de > 4, ambos en húmedo.

IV.3.1.3.1. Estado de degradación y erosión del suelo

SEMARNAT (2003) definió para las tierras planas en el SAR una degradación de la superficie moderada en el oeste y ligera en el este del SAR, acompañada con una pérdida de suelo por la acción del viento (**Figura IV.23**). En el noreste se localizó erosión hídrica ligera con pérdida de suelo superficial. Para los principales causantes de estas degradaciones, se detectaron las actividades agrícolas y la deforestación provocada por el cambio de uso de suelo con cobertura vegetal. Al poniente y norte del AI y del AP no se reportó degradación.

Versión Pública

Respecto a la erosión en el SAR, se definió que la mayor parte del SAR en el oeste se presenta sin erosión, solamente algunas áreas en el límite del SAR presentan una erosión hídrica laminar. En la Sierra El Águila al noroeste del SAR se registró una erosión hídrica laminar moderada que se acompaña con la formación de cárcavas. En el este del SAR, se reportó una erosión laminar moderada a leve en especial en el centro, donde se ubica el AP. Parcialmente está acompañada la erosión hídrica laminar con la aparición de surcos. Alrededor del lago El Tule y del lago El Sapo se registraron zonas con una erosión hídrica laminar fuerte.

Para el cálculo de erosión del suelo en el SAR, se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), que ha mostrado ser un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual (con cobertura vegetal) y potencial (sin cobertura vegetal), y que se utiliza como un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos para que hagan que la erosión sea menor que la tasa máxima permisible. En el **Anexo IV.11** se reportan los cálculos de la erosión del suelo en el SAR.

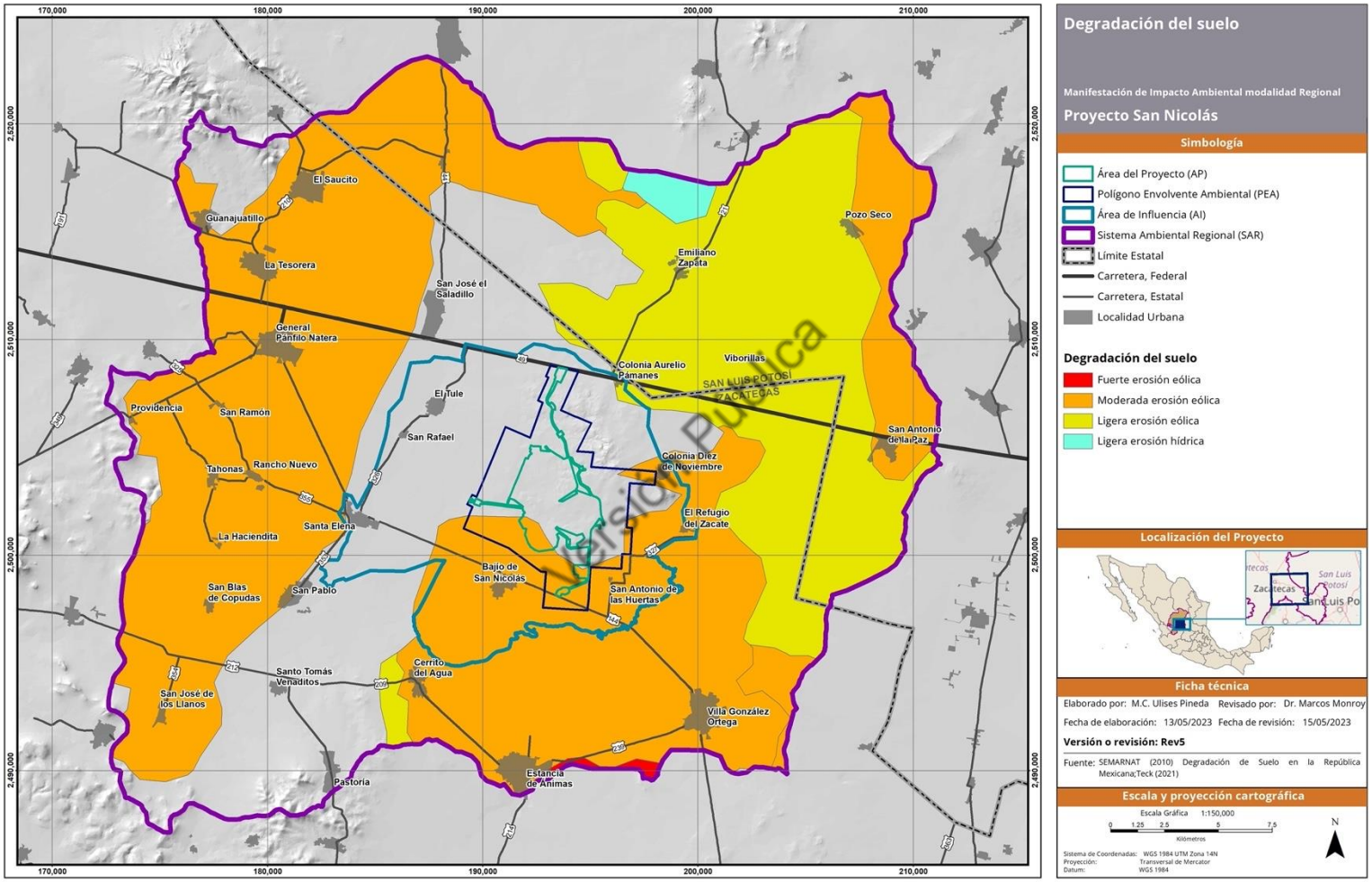


Figura IV.23 Degradación de suelo en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia.

A partir del cálculo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), reportado en el **Anexo IV.11**, se pudo obtener la pérdida de suelo con cobertura forestal en el SAR, AI y AP (**Figura IV.24**). En el SAR se presenta de forma dominante un grado moderado de erosión, con pérdidas que van de 10 a 50 toneladas por hectárea anualmente. Los suelos que se identificaron con mayor riesgo a la erosión son aquellos que presentan baja o nula cobertura vegetal y que son utilizados para actividades de agricultura. En el AI, el grado de erosión dominante es moderado, perteneciente a zonas con actividades agrícolas o siendo sitios con remoción de cobertura vegetal, sobre todo al oeste del AI. Solo se presentan áreas con erosión fuerte (50 a 200 ton/ha/año) en áreas al sur del AI.

En cambio, en el PEA y AP predomina la baja erosión del suelo (< 10 ton/ha/año) que está controlado por la dominancia de cobertura vegetal y representa casi el 95% de la superficie total del AP (**Figura IV.25**).

Considerando el riesgo potencial que existiría en el área cuando se elimine la cobertura vegetal, el grado de erosión aumentaría, puesto que la vegetación es una barrera que permite el freno al deslizamiento de la escorrentía quitándole el poder erosivo, pasando de presentar grado de erosión bajo a un grado de erosión moderado. La dinámica de erosión en el SAR y AI se mantendrán sin cambio alguno con la implementación del Proyecto, ya que solo se verá manifestado en la superficie del AP, con actividades de eliminación de la cobertura vegetal (**Figura IV.26**).

Versión Pública

La erosión en el PEA y AP con la eliminación de la cobertura vegetal para la implementación del Proyecto, tendrá un grado moderado y fuerte de susceptibilidad a procesos erosivos (**Figura IV.27**), que podrán ser minimizados con ejecución de medidas de restauración de suelo, que se adapten a las condiciones geográficas del sitio, tales como: rescate de suelo orgánico, barreras de piedra a curva de nivel, acomodo de material vegetal muerto, presas de piedra o geocostales, así como la restauración de suelo y su correspondiente revegetación, al término de la ocupación de las áreas que fueron objeto del cambio de uso de suelo, sea temporal o permanente. El grado de erosión actual dominante en el AP corresponde a bajo, con un rango no mayor a 10 toneladas por hectárea por año, el cual podría disminuir en las áreas donde sucederá un sellado por la instalación de obras permanentes.

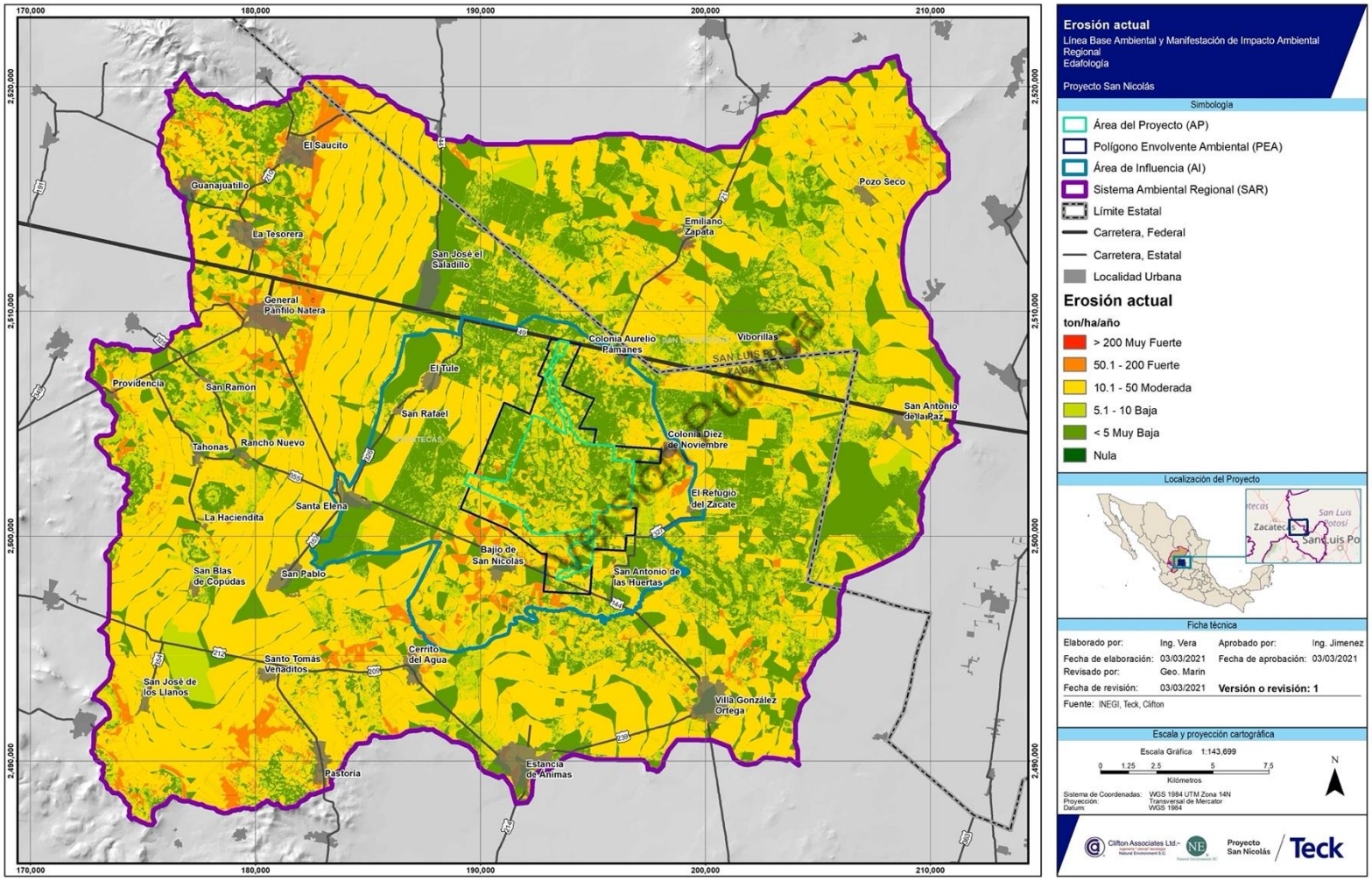


Figura IV.24 Riesgo actual a la erosión (con presencia de cobertura vegetal) en el Sistema Ambiental Regional.

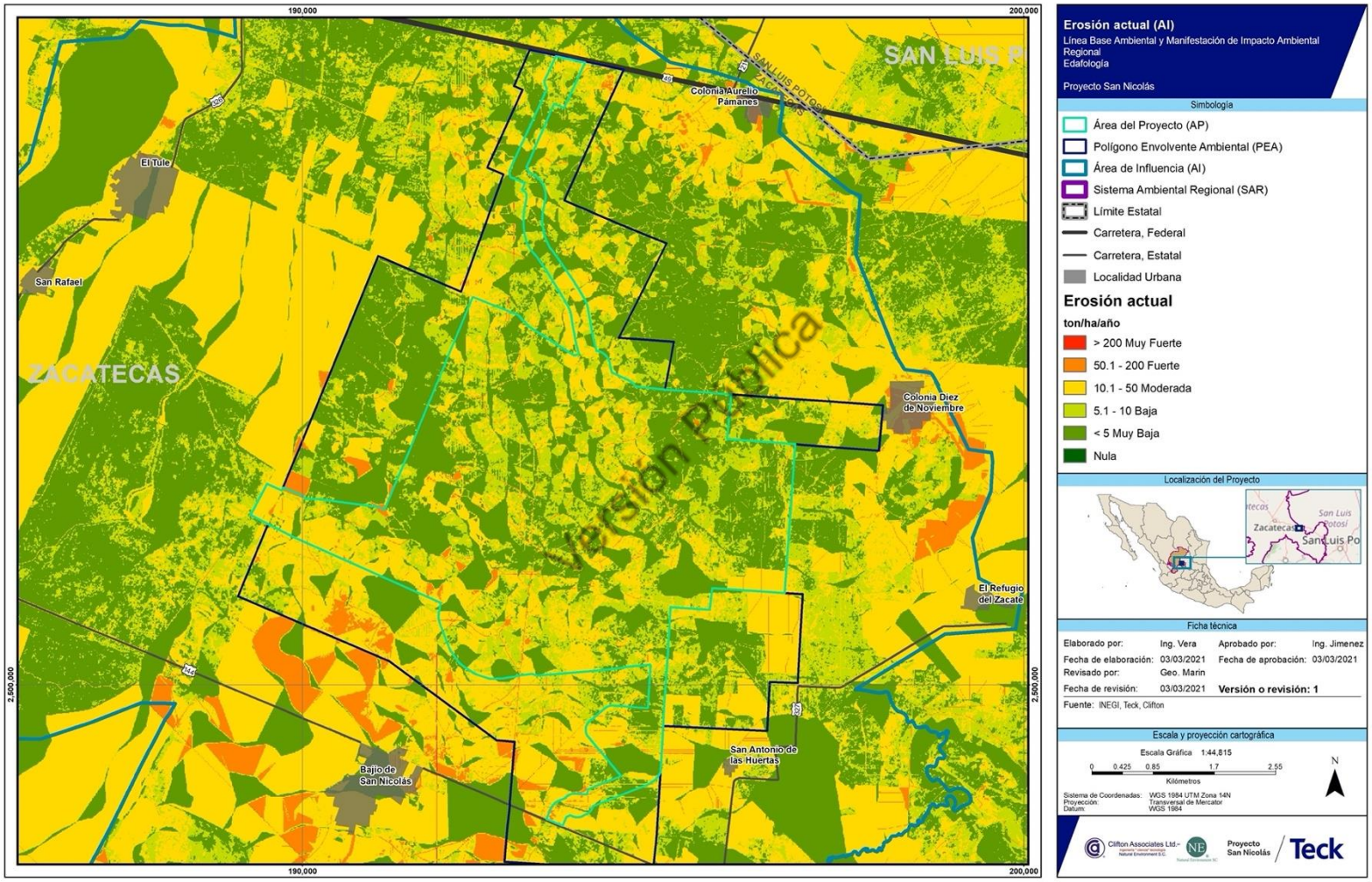


Figura IV.25 Erosión actual (con presencia de cobertura vegetal) en el Área del Proyecto.

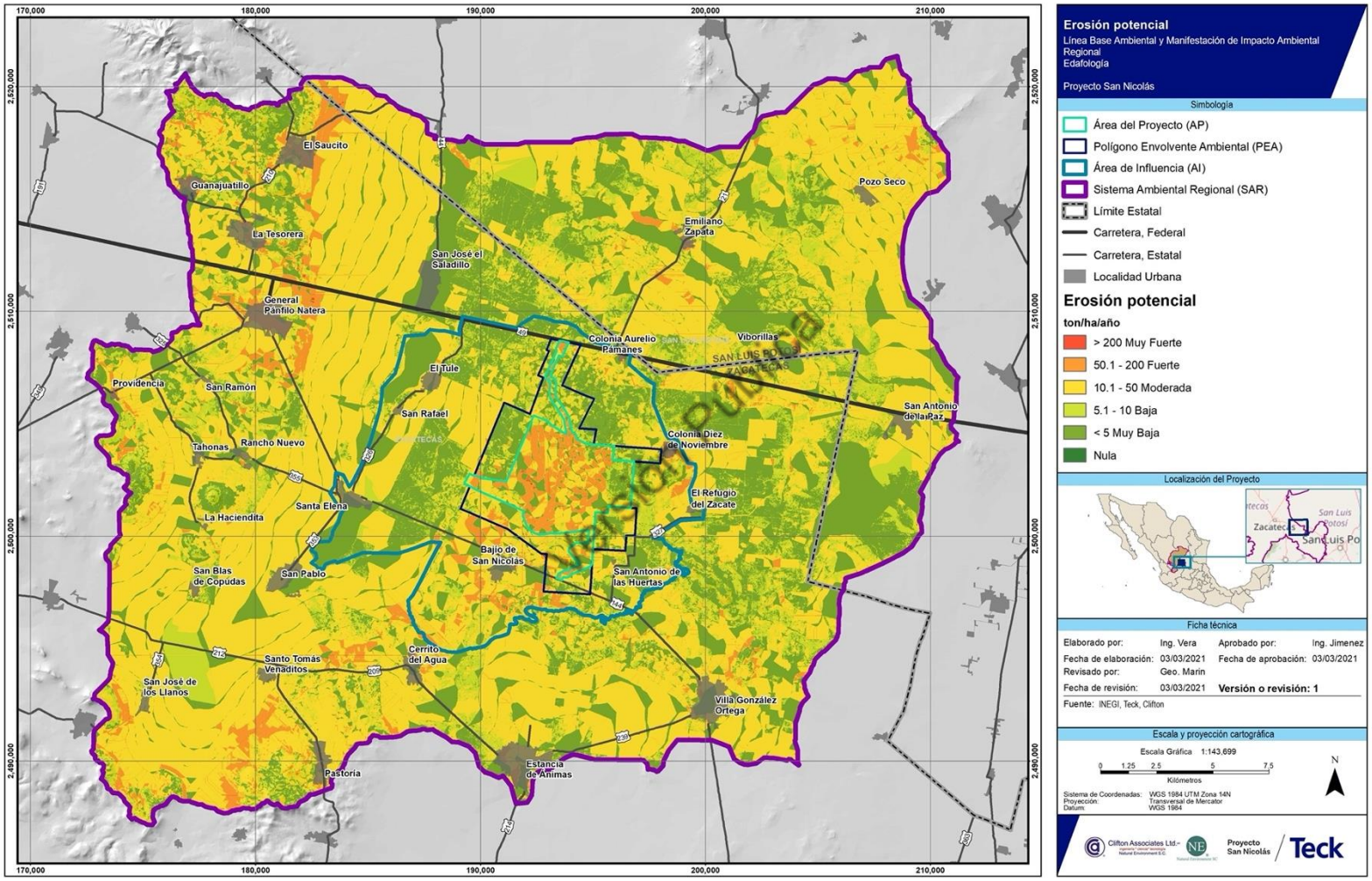


Figura IV.26 Erosión potencial (sin presencia de cobertura vegetal) en el Sistema Ambiental Regional.

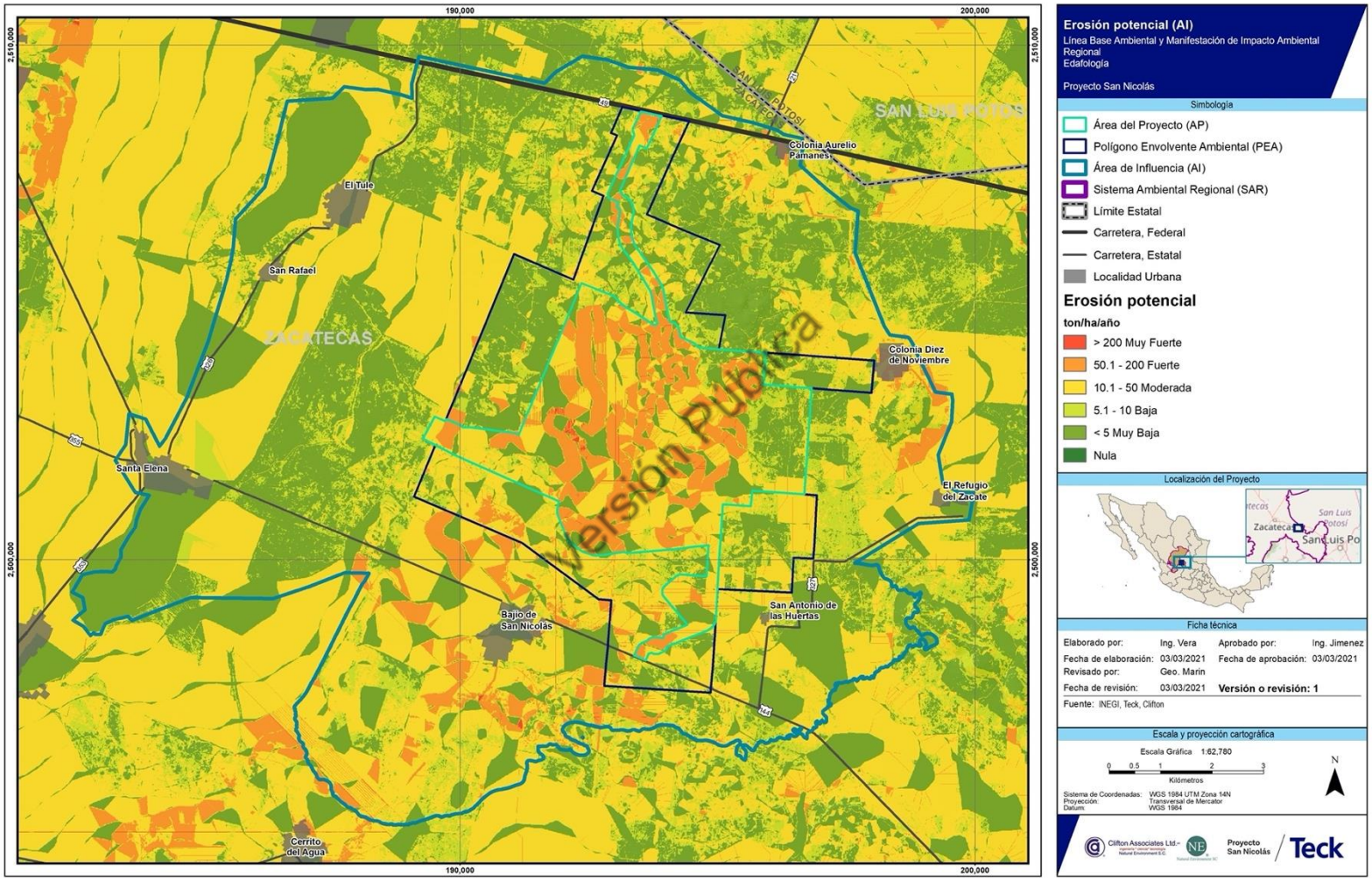


Figura IV.27 Erosión potencial (sin cobertura vegetal) en el Polígono Envolvente Ambiental y el Área del Proyecto.

IV.3.1.3.2. Estado de la calidad química del suelo

Con el propósito de conocer la calidad química del suelo en el AI y AP, se hicieron análisis preliminares aprovechando las campañas de exploración minera del depósito polimetálico de San Nicolás. El muestreo de suelo se llevó a cabo en suelo superficial (0 a 5 cm) sobre una superficie de 1 m^2 por cada muestra. El material de suelo colectado fue pasado a través de la malla de 2 mm para proceder a su análisis. Por cada muestra de suelo, se realizó la preparación de la muestra (digestión) y el análisis multielemental conforme se señala en el **Cuadro IV.11**. Se analizaron 60 muestras de suelo superficial colectadas en suelo de uso agrícola y en suelo con cobertura vegetal, cuya distribución y ubicación geográfica se muestra en la **Figura IV.28.**

Cuadro IV.11 Método de preparación de muestra (digestión) y de análisis de las muestras de suelo superficial.

ID del método	Digestión de la muestra	Método de análisis	Elementos analizados	Descripción
AQ250	Agua regia	ICP-ES & MS	Ag, As, Bi, Hg, Sb, Se, Te, Tl	Una muestra de 0.5 g es digerida en agua regia modificada en un baño de agua caliente. La solución se prepara con HCl diluido y se analiza por ICP-MS.
MA270	4 ácidos	ICP-ES & MS	Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hf, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu	Una muestra de 0.25g es digerida en una solución de 4 ácidos a 200°C y llevado a sequedad. El residuo es disuelto en HCl 50% y analizado por ICP-MS.
FA330	Fusión con ensaye al fuego	ICP-ES	Au	El oro es analizado por ensaye al fuego, mediante colecta con Pb, en una muestra de 30g. El doré es digerido en una mezcla de HCl/HNO_3 y analizado por ICP-ES.

ICP-MS: Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente; **ICP-ES**: Espectrometría de Emisión con Plasma Acoplado Inductivamente.

Versión Pública

La base de datos de los resultados del análisis multielemental de las 60 muestras de suelo se reportan en el **Anexo IV.9**. En el **Cuadro IV.12** se reportan los resultados de las estadísticas básicas de los elementos que son catalogados por la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y se comparan con los criterios de referencia total (CR_T) establecidos por esta norma para el suelo de uso industrial y para el suelo de uso humano y comercial.

Los resultados del análisis exploratorio del suelo superficial demostraron que ningún elemento normado se encuentra en concentraciones en suelo superficial por arriba de la CR_T de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, para suelo de uso industrial; mientras que, para el criterio de suelo de uso humano y comercial, únicamente el vanadio en 18 de 60 muestras y el arsénico en 4 de 60 muestras, rebasan el CR_T normativo. En el caso del Vanadio, las muestras de suelo superficial con concentración total por arriba de su CRT para suelo de uso humano y comercial, se encuentran distribuidas en el AI, alrededor del AP (**Figura IV.29**); mientras que en el caso del Arsénico se distribuyen hacia el sureste del AI, fuera del AP (**Figura IV.30**). Estos resultados deberán ser confirmados con un monitoreo, aplicando los criterios normativos de muestreo de la NMX-AA-132-SCFI-2016 y los criterios analíticos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que sea realizado por una empresa acreditada por EMA y aprobada por PROFEPA.

Cuadro IV.12 Estadísticas básicas y criterios de referencia de aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en el análisis multielemental de muestras de suelo superficial.

Versión Pública

Estadísticas Básicas	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Cd ppm	Cr ppm	Hg ppm	Ni ppm	Ag ppm	Pb ppm	Se ppm	Tl ppm	V ppm
N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
MIN	5	286	5	0.5	11	5	5.8	0.5	2.6	5	0.02	10
MAX	71	2,489	7	1.1	255	97	152.7	3	78.4	19	0.51	167
PROMEDIO	15	751	5	1	57	45	28	1	29	6	0	69
DESV ESTÁNDAR	13	387	0	0	54	20	32	1	13	3	0	38
MEDIA	11	654	5	1	34	30	16	1	20	5	0	50
MEDIANA	12	660	5	1	36	43	16	1	26	5	0	54
CR_T uso de suelo industrial (ppm)	260	67,000	1,900	450	510	310	20,000	5100	800	5,100	67	1,000
N > CR_T NOM-147 uso industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CR_T uso de suelo humano (ppm)	22	5,400	150	37	280	23	1,600	390	400	390	5.2	78
N > CR_T NOM-147 uso humano	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18

CR_T NOM-147: Concentración de Referencia Total de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

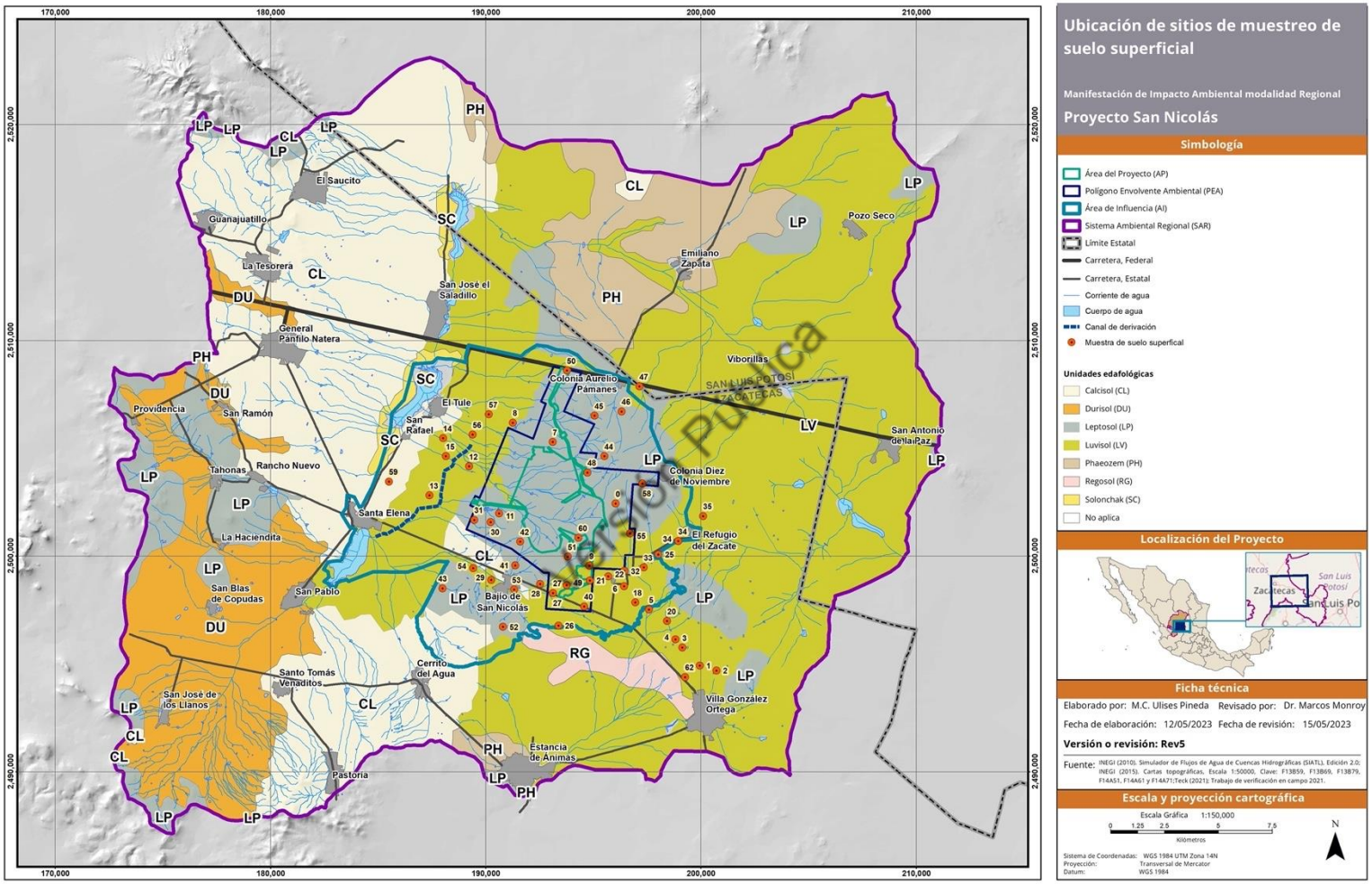


Figura IV.28 Ubicación de los sitios de muestreo de suelo superficial para determinar su calidad química.

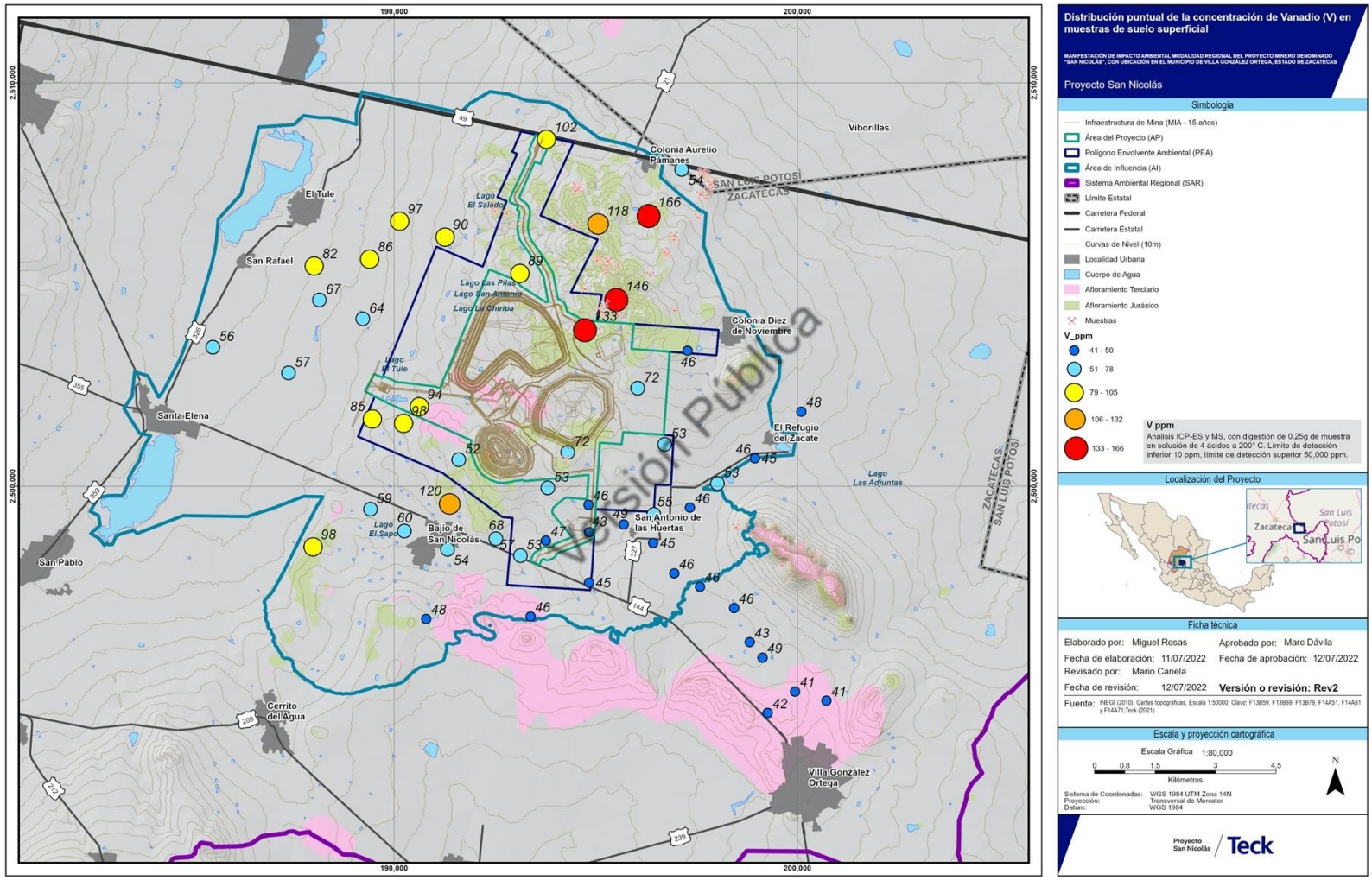


Figura IV.29 Distribución puntual de la concentración de Vanadio (V) en muestras de suelo superficial.

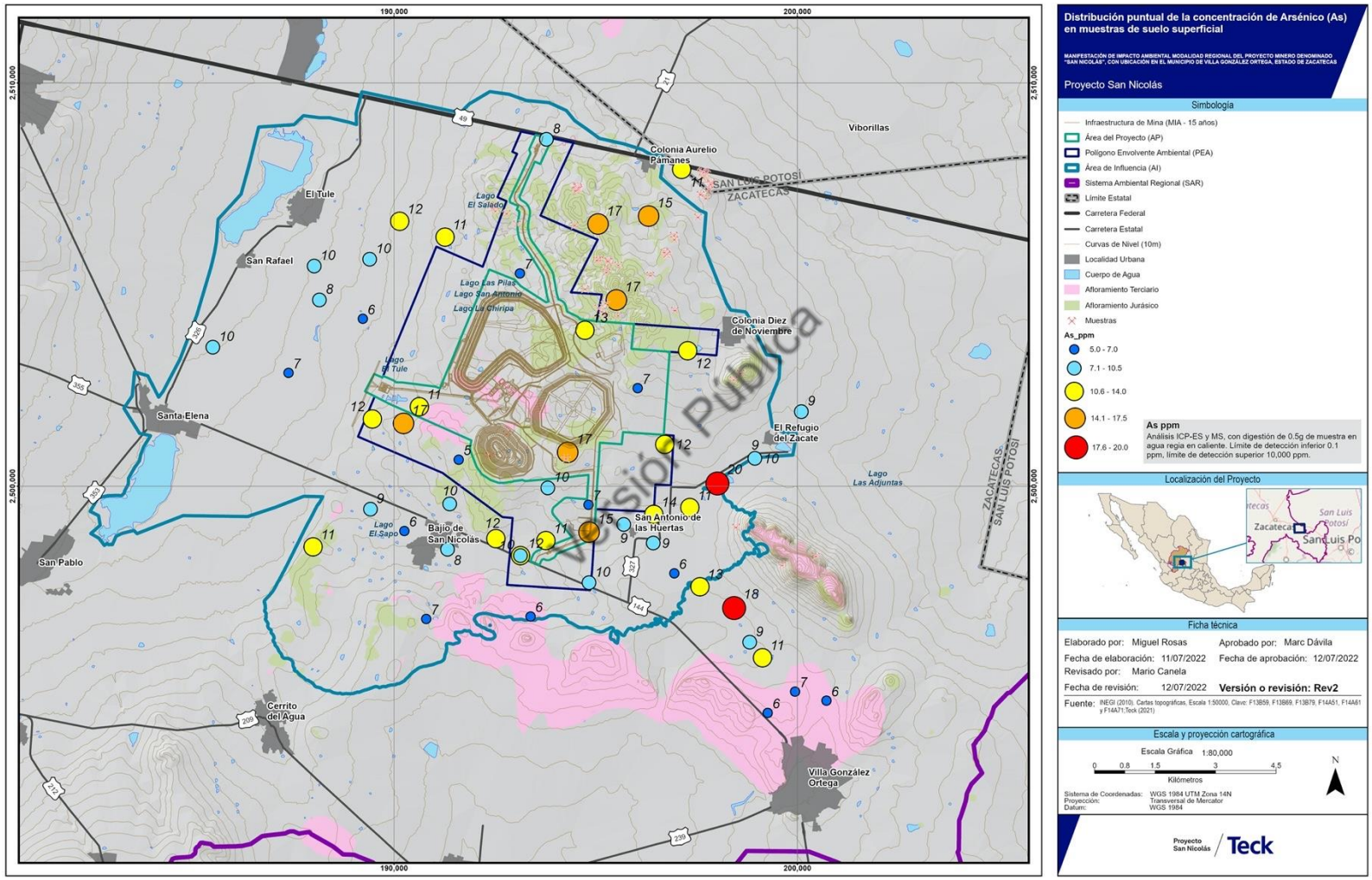


Figura IV.30 Distribución puntual de la concentración de Arsénico (As) en muestras de suelo superficial.

IV.3.1.4. Agua

"El derecho humano al agua debe ser entendido como el acceso de toda persona al agua en la cantidad y calidad suficiente para satisfacer las necesidades básicas" (CPEUM, 2012, Artículo IV, sexto párrafo). Minas de San Nicolás, reconociendo que el acceso en calidad y suficiencia al agua para las personas y las comunidades es un derecho humano, desde el inicio de sus actividades de exploración minera, ha hecho énfasis en entender el comportamiento del agua en el SAR y en el AP, con el propósito de hacer un manejo responsable del agua en todas nuestras actividades.

Para obtener la información necesaria para conocer el acuífero, el Proyecto ha realizado numerosos estudios, pruebas, monitoreos y análisis, que se mencionan a continuación:

- Instalación de red piezométrica de 201 piezómetros tanto en el AP como en el AI, en diversas profundidades.
- Piezometría instalada en los principales arroyos.
- Barrenos de exploración.
- Pruebas de permeabilidad, granulometría, transectos electromagnéticos de baja frecuencia.
- Pruebas de bombeos y de recuperación a largo tiempo y pruebas hidráulicas en intervalos.
- Muestreo de agua subterránea para el análisis de su calidad química.

Versión Pública

Con toda la información obtenida desde 2017 hasta el presente, podemos concluir que el agua de laboreo será suficiente para cubrir las necesidades operativas del proyecto minero, lo que hasta este momento indica que no será necesario obtener agua por medio de otras fuentes externas. Además, de acuerdo con la información obtenida, no se prevé un impacto en las fuentes de abastecimiento municipales de agua subterránea que abastecen de agua para consumo humano en las comunidades localizadas dentro del área de influencia. Aunado a lo anterior, además de la red piezométrica existente, se implementará un sistema robusto de monitoreo y un programa de vigilancia ambiental, para dar seguimiento al comportamiento freático durante la vida del proyecto.

Finalmente, en adición a lo antes expuesto, Minas de San Nicolás ha diseñado un Programa Social de Acceso al Agua, cuyo objetivo general radica en implementar una serie de acciones para fortalecer el acceso seguro al agua para consumo humano en suficiencia y calidad y contribuir con ello al desarrollo de las comunidades dentro del AI del Proyecto, mediante el uso eficiente del agua y la mejora de la calidad en el acceso, elevando con ello el nivel de la salud de la población a través del manejo responsable de las fuentes de suministro y los sistemas de distribución. La ejecución de este programa incluye la realización de un estudio diagnóstico y de ingeniería para evaluar a

detalle el funcionamiento actual de los sistemas de distribución de agua, así como la implementación de medidas específicas de mantenimiento y mejora, monitoreo de la calidad del agua y seguimiento, durante el ciclo de vida del proyecto minero.

IV.3.1.4.1. Hidrología Superficial

El SAR se ubica en el límite de la Región Hidrológica N° 37 "El Salado", con la Región Hidrológica N°12 "Lerma Santiago", abarcando partes de las Subcuencas Hidrológicas "P. San Pablo" (RH37Fa), la cual pertenece a la cuenca hidrológica "San Pablo y otras" (RH37F); y partes de la subcuenca hidrológica "R. Chicalote" (RH12lj), que pertenece a la Cuenca Hidrológica "R. Verde Grande" (RH12l). El SAR se localiza en la Región Hidrológico Administrativa de las Cuencas Centrales del Norte, ubicándose en el lado occidental de la Cuenca Hidrológica Presa San Pablo y otras (**Figura IV.31**). Las principales características hidrológicas de las subcuencas donde se encuentra el SAR se presentan en el **Cuadro IV.13**. Según INEGI (2021) están clasificadas las subcuencas hidrológicas "R. Chicalote" y "P. San Pablo" como cuencas exorreicas, en donde las aguas drenan de una a otra subcuenca. Casi la totalidad del SAR pertenece a la subcuenca hidrológica "P. San Pablo" que se ubica en la región hidrológica "El Salado". La subcuenca presenta una forma irregular alargada en una dirección de Sureste-Noroeste (**Figura IV.31**). Los límites están formados en el Sureste por las Sierras de Pinos, El Mastrante, El Durazno y El Miguelito. Al Noreste no existe una elevación, por lo cual el límite está definido parcialmente por la planicie. En la subcuenca existen varios arroyos intermitentes principales a lo largo de la extensión de la subcuenca que reciben los caudales de varios afluentes locales formando microcuencas endorreicas sin conexiones hidráulicas entre ellos.

Versión Pública

Todos los escurrimientos recibidos en los arroyos fluyen hacia una zona topográficamente baja, donde se infiltran en la propia microcuenca en suelos permeables (cuenca arreica) o desembocan en lagos donde se evaporan o infiltran. Así existen en la subcuenca una multitud de tanques, bordos, represos y lagos que reciben los escurrimientos locales cortando la trayectoria natural de los arroyos y evitando un desarrollo natural de los cauces. En la subcuenca, el tipo de drenaje es principalmente dendrítico, al norte parcialmente paralelo. En esta subcuenca hidrológica se encuentra el AP y el AI.

En el SAR, se distinguen cauces (todos de carácter intermitente) de distinto orden, desde Orden 1 hasta Orden 4, de acuerdo con el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) de INEGI-CONAGUA (INEGI, 2021) (**Figura IV.32**). Tanto en el SAR como en el AP no existen arroyos permanentes, únicamente intermitentes durante la temporada de lluvias.

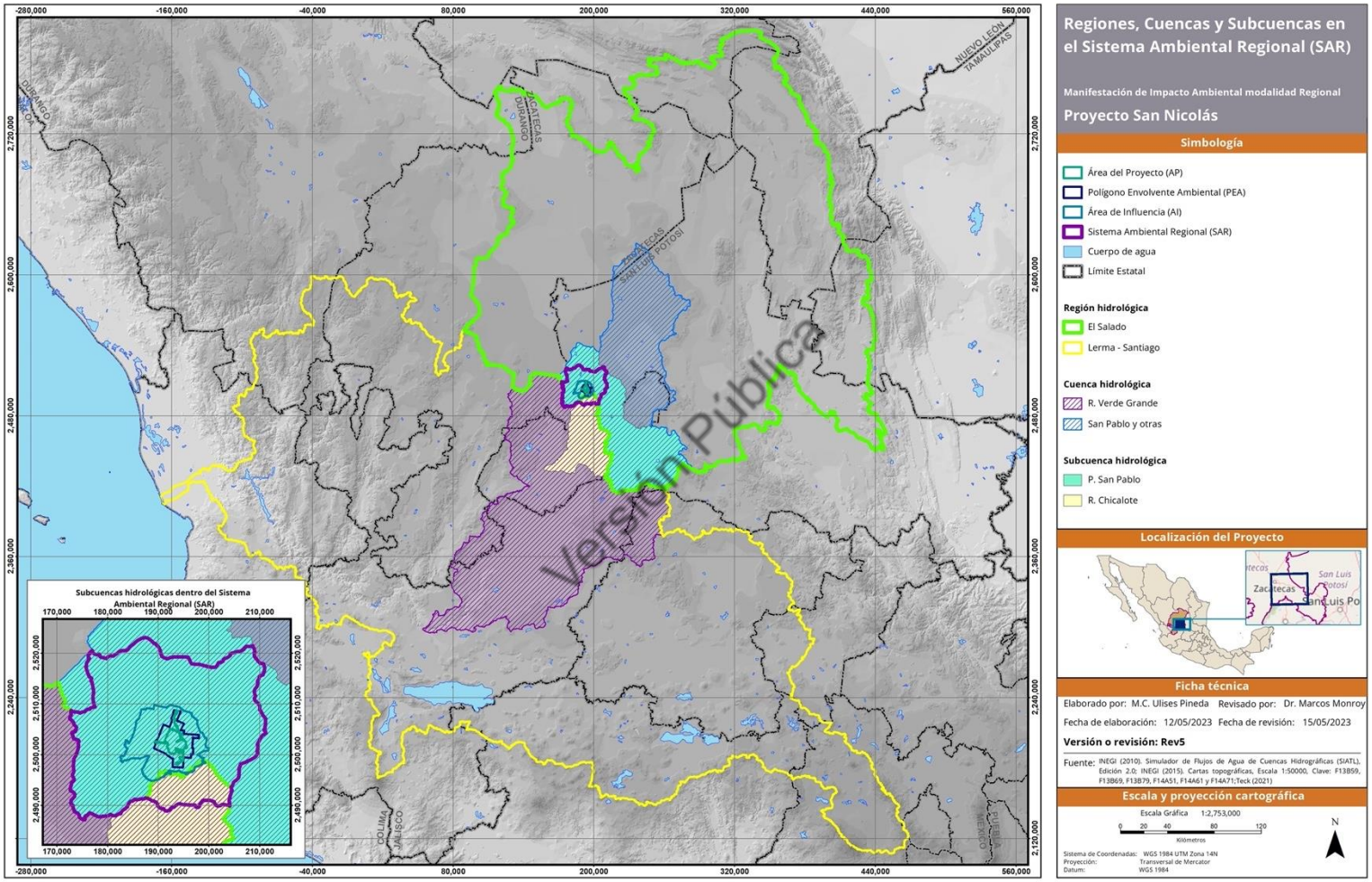


Figura IV.31 Distribución de las regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas hidrológicas con relación al Sistema Ambiental Regional.

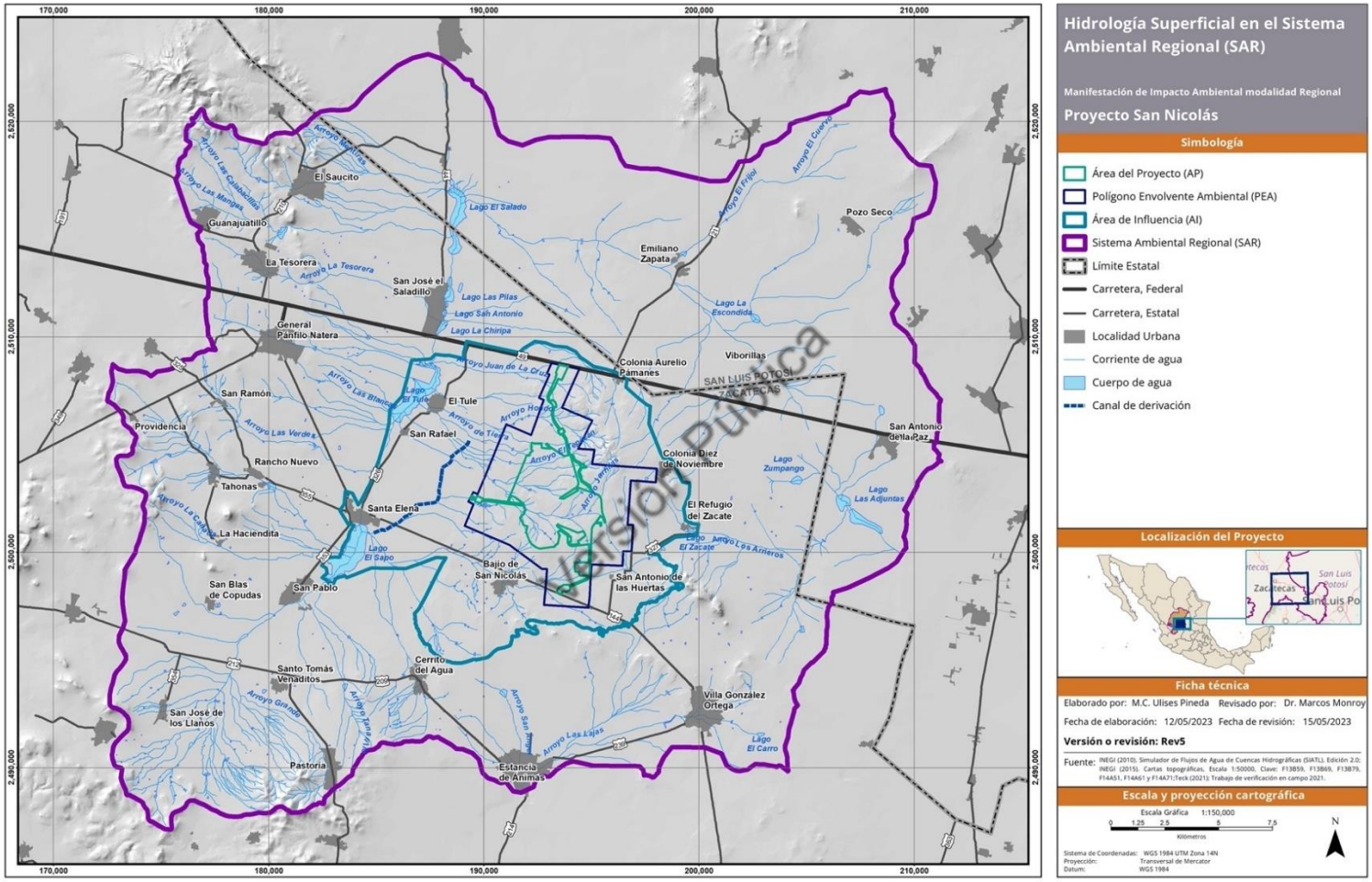


Figura IV.32 Distribución de los arroyos (intermitentes) y cuerpos de agua en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP).

Cuadro IV.13 Principales parámetros hidrológicos de las Subcuencas Hidrológicas donde se encuentra el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2021).

Propiedades	Subcuencas hidrológicas	
	R. Chicalote	P. San Pablo
Región hidrológica	RH 12	RH37
Nombre de la región	Lerma Santiago	El Salado
Cuenca hidrológica	RH12I	RH37F
Nombre de la cuenca	R. Verde Grande	San Pablo y otras
Clave de subcuenca	RH12Ij	RH37Fa
Tipo de Subcuenca	exorreica	exorreica
Lugar a donde drena (principal)	RH12Ib R. Aguascalientes	RH37Gb P. San José
Área total (km^2)	2,054	5,464
Perímetro (km)	270.8	537.89
Densidad de Drenaje	1.5851	1.1648
Coeficiente de Compacidad	1.6848	2.0521
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (km)	0.1577	0.2146
Elevación Máxima en la Subcuenca (msnm)	2,660	2,980
Elevación Mínima en la Subcuenca (msnm)	1,880	2,020
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	6.58	4.87
Elevación Máxima en Corriente Principal (msnm)	2,231	2,450
Elevación Mínima en Corriente Principal (msnm)	1,861	2,115
Longitud de Corriente Principal (m)	113,193	40,019
Pendiente de Corriente Principal (%)	0.326	0.837
Sinuosidad de Corriente Principal	1.4763	1.7468

Versión Pública

Una pequeña parte del sur del SAR pertenece a la subcuenca del Río Chicalote de la Región Hidrológica “Lerma Santiago”. Su forma es casi triangular, alargado hacia el norte en donde se forman los arroyos que fluyen hacia el sur en donde se unen con el río principal de la subcuenca, el Río Chicalote. Además, recibe los caudales de arroyos intermitentes que nacen al este de la subcuenca. La dirección principal del cauce es de norte a sur llegando a los límites estales de Aguascalientes, donde cambia la dirección hacia oeste, y termina al norte de la ciudad de Aguascalientes. Los límites de la subcuenca están constituidos por las sierras de composición riolítica.

A lo largo de la trayectoria se encuentran múltiples obras de almacenamiento para aprovechar el caudal del cauce, entre las que destacan las presas San Marcos con una capacidad de 5 Mm^3/año (CONAGUA, 2020b), El Llavero (1.0 Mm^3), El Gigante y San Gil (CONAGUA, 2020a), ambas con capacidad de 0.7 Mm^3. La composición litológica de la subcuenca El Chicalote con rocas poco permeables se manifiesta en un padrón de drenaje dendrítico–subparalelo.

El SAR carece de escurrimientos superficiales, salvo en periodos de lluvia extraordinarios, en los cuales se forman arroyos torrenciales que escurren desde las zonas más elevadas hacia los lagos de la planicie al oeste del SAR y del AI.

La hidrología que se manifiesta en el SAR es de tipo dendrítico especialmente en las porciones de terrenos de mayor elevación, cambiando a semiparalelo hacia las partes topográficamente más bajas y casi planas en donde generalmente desaparecen; algunas veces desaguan en lagos y bordos de almacenamiento, hacia el oeste del SAR (**Figura IV.32**).

En el SAR se encuentran una serie de lagos, bordos de almacenamiento o represos que reciben los escurrimientos y los caudales de los arroyos (intermitentes), que ocasionalmente almacenan agua durante la temporada de lluvias (Lagos El Tule, El Sapo, El Salado, Las Adjuntas), que tienen poca profundidad, variables niveles de agua y en el periodo de sequía tienden a perder agua por evaporación, hasta quedar prácticamente secos, favoreciendo la formación de sales. También se reconocen una serie de canales que se construyeron con fines agrícolas, como el que sobresale al este de los poblados de Santa Elena y San Rafael, el cual ya no se encuentra totalmente operativo a lo largo de su trayecto original, según evidencias identificadas en campo.

Versión Pública

Los bordos y represos de capacidad reducida fueron construidos a base de tierras compactadas en los mismos cauces y puntos de acumulación de flujos que captan y almacenan agua por algunas semanas durante el tiempo de lluvias.

Durante las campañas de trabajo de campo realizadas para el Proyecto y la revisión bibliográfica de la información de INEGI, y usando la imagen WorldView del 2018, se identificaron a escala del AI aproximadamente 194 y a escala SAR 337 aprovechamientos correspondientes a bordos, abrevaderos y represos construidos a base de suelo y arcillas para captar y almacenar agua, los cuales son destinados principalmente para uso de abrevadero. Prácticamente, todos los cuerpos de agua presentan características intermitentes (**Figura IV.32** y **Figura IV.33**). En el **Anexo IV.14** se presenta la base de datos de los aprovechamientos actuales de agua superficial en el SAR.

Durante la campaña de trabajo de campo en 2019 la evidencia en los bordos, represos y lagos, al inicio del monitoreo en el mes de junio (mes final del periodo de sequía), solo el 18% de los aprovechamientos antropogénicos presentaban agua, este porcentaje fue incrementando durante los meses de julio y agosto hasta llegar a un máximo del 64% de cuerpos con agua durante el mes de septiembre (periodo de lluvias), para volver a descender en los meses de octubre y noviembre (**Figura IV.34**).

En el caso de los bordos, al ser cuerpos de agua en general pequeños y de poca profundidad, tuvieron poca a nula presencia de agua en el mes de junio, mes en los que los lagos se encontraron secos (Clifton, 2020). Hubo sitios que no presentaron agua en ninguna temporada, que evidencia un probable año seco. Los usos del agua superficial en los bordos y represos fueron principalmente de abrevadero en áreas utilizadas para el pastoreo del ganado.

A escala del AP, el punto de mayor acumulación de flujo en su perímetro corresponde al punto más elevado que se ubica en la porción Sureste del polígono y el punto de mayor acumulación de flujo saliente corresponde a la frontera occidental, en dirección al cuerpo de agua más cercano, siendo este el lago El Tule. El lago El Tule se ubica a 7 km al noroeste del AP, este cuenta con un área de 592 ha, Seguido por El Sapo, ubicado a 8 km al oeste del AP, que cuenta con 218 ha y recibe los caudales de la parte meridional del Proyecto.

Versión Pública

IV.3.1.4.1.1. Disponibilidad de agua superficial

Para la Cuenca Hidrológica Administrativa "San Pablo y otras" donde se ubica el SAR, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 2020 una disponibilidad de 3.912 Mm^3. En esta cuenca se midió un volumen medio anual de escurrimiento natural de 30.7 Mm^3 y reportan un volumen anual de extracción de agua superficial de 15.1 Mm^3. Para esta cuenca no se reportó o publicó una zona de veda.

De acuerdo con la información de CONAGUA, existe un único aprovechamiento de agua superficial registrado en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) dentro los límites del SAR. Otros aprovechamientos que entran en los permisos de CONAGUA son las descargas residuales y el uso de la zona federal (CONAGUA, 2021). El aprovechamiento de aguas superficiales es de uso pecuario y tiene un volumen concesionado de 1,825 m^3/año. Los permisos para el aprovechamiento de la zona federal se ubican en los sitios aledaños al Lago El Tule.

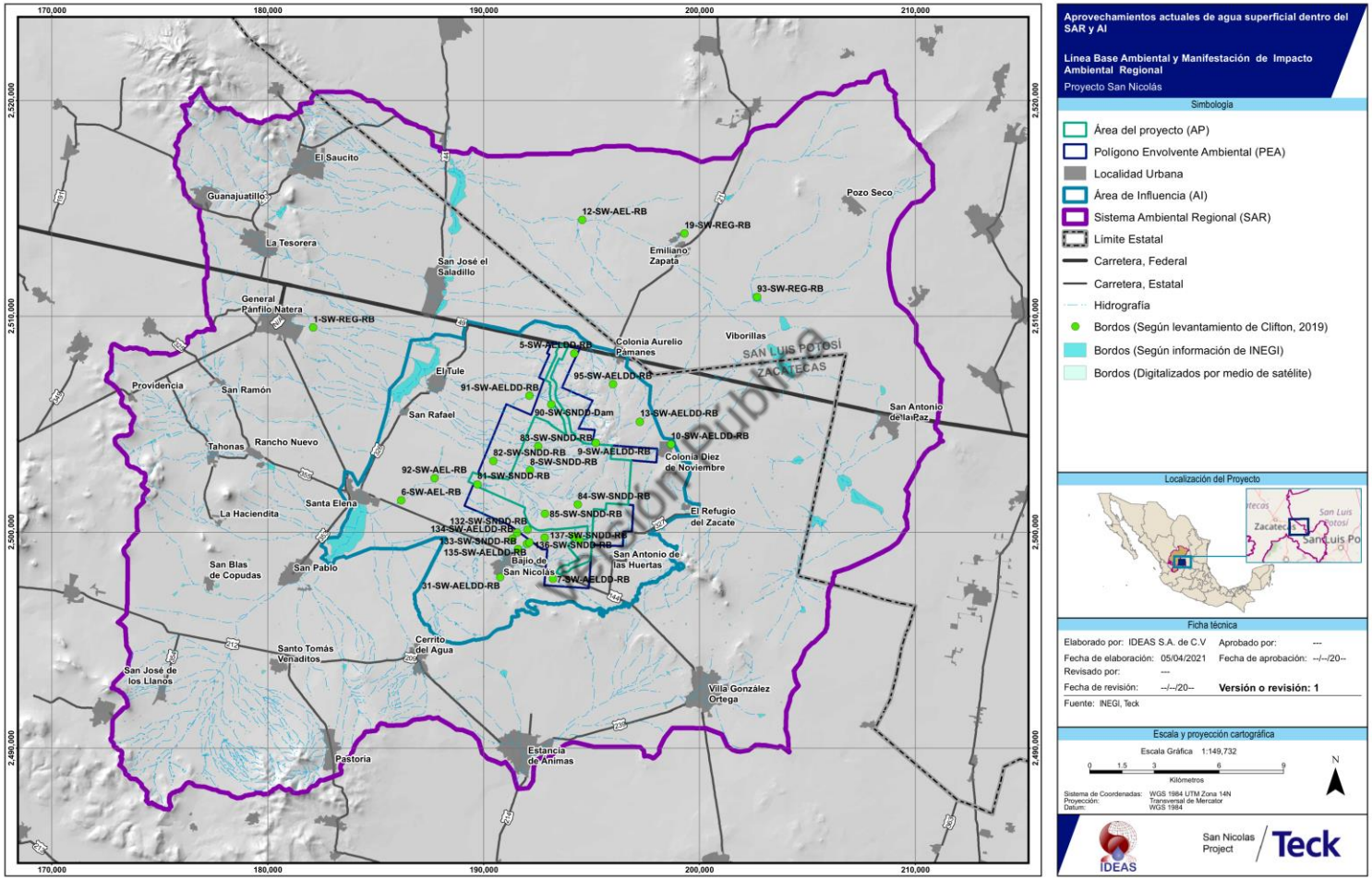


Figura IV.33 Distribución de los bordos, represos, lagos y tanques (aprovechamientos superficiales) en el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP).

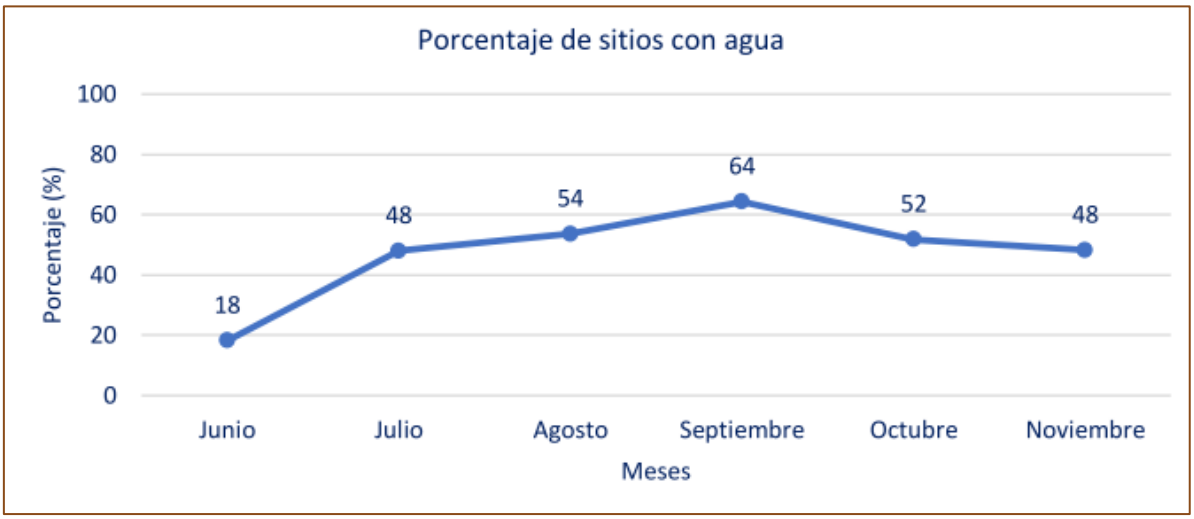


Figura IV.34 Porcentaje de cuerpos de agua (bordos, represos y lagos) con agua superficial durante el periodo de monitoreo de junio-noviembre 2019 (Clifton, 2020).

Versión Pública

IV.3.1.4.1.2. Descripción de las microcuencas hidrológicas

Para describir el sistema hidrológico superficial en el SAR, AI y AP, se elaboró el Estudio Hidrológico Superficial en el SAR del Proyecto Minero San Nicolás (**Anexo IV.13**), donde se identificaron las microcuencas y cauces involucrados en el SAR, y se determinaron sus características hidrológicas e hidráulicas, así como las zonas de inundación en el SAR, AI y AP. En el **Anexo IV.12** se presenta el plano con las microcuencas hidrológicas en el SAR, AI y AP, así como los cauces (intermitentes todos) que representan el sistema hidrológico superficial.

Se analizó para el SAR, AI y AP las características hidrológicas y determinaron los caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Además, se presentó el escenario de inundación para un periodo de retorno de 100 años en el SAR, AI y AP. Para tal fin, se determinaron 7 microcuencas hidrológicas que abarcan en su totalidad la superficie del SAR (**Figura IV.35**). En estas microcuencas se calcularon las características fisiográficas que se presentan en el **Cuadro IV.14**.

Cuadro IV.14 Características fisiográficas de los arroyos principales en cada microcuenca.

Arroyos de las Microcuencas	Superficie (km^2)	Elevación (msnm)		Desnivel topográfico (m)	Pendiente aritmética (%)	Longitud (m)
		Inicio	Fin			
El Sapo	**378.16**	2,240.00	2,027.00	213.00	0.81	26,135.00
El Tule	**397.82**	2,196.00	2,027.00	169.00	0.85	19,784.65
La Presita	**18.22**	2,183.00	2,027.00	156.00	1.21	12,904.09

Cuadro IV.14 Características fisiográficas de los arroyos principales en cada microcuenca.

Arroyos de las Microcuencas	Superficie (km^2)	Elevación (msnm)		Desnivel topográfico (m)	Pendiente aritmética (%)	Longitud (m)
		Inicio	Fin			
Las Adjuntas	**98.11**	2,230.00	2,099.00	131.00	0.86	15,303.29
Las Cruces Occidente	**14.00**	2,229.00	2,098.00	131.00	1.58	8,267.94
Las Cruces Oriente	**22.35**	2,113.00	2,098.00	115.00	0.60	2,490.66
Las Lajas	**100.25**	2,248.00	2,075.00	173.00	1.25	13,820.92

En este estudio, también se estimó el volumen anual de escurrimiento natural según la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 "Conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad", donde se aplicó el método indirecto denominado: precipitación-escurrimiento. En el **Cuadro IV.15** aparecen los cálculos de los volúmenes medios escurridos para cada microcuenca. Para cada microcuenca se ponderó el coeficiente de escurrimiento y la precipitación para obtener una zona homogénea donde se calculó el escurrimiento.

Versión Pública

Para estimar los gastos de diseño, se calculó la pendiente del cauce principal de cada microcuenca por el método de Taylor y Schwarz, y para estimar el tiempo de concentración se utilizó la fórmula de Kirpich. Con los datos edafológicos y de uso de suelo y vegetación, se determinaron los coeficientes de escurrimiento con los números de curvas (que representan las pérdidas de la precipitación en función de la magnitud y capacidad de infiltración del terreno) para las microcuencas de aportación. Este procedimiento se hizo de forma automatizada a través del Visor de Número de Escurrimiento (VNE) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Los resultados de los cálculos de tiempo de concentración y los números de curvas se presentan en el **Cuadro IV.16**.

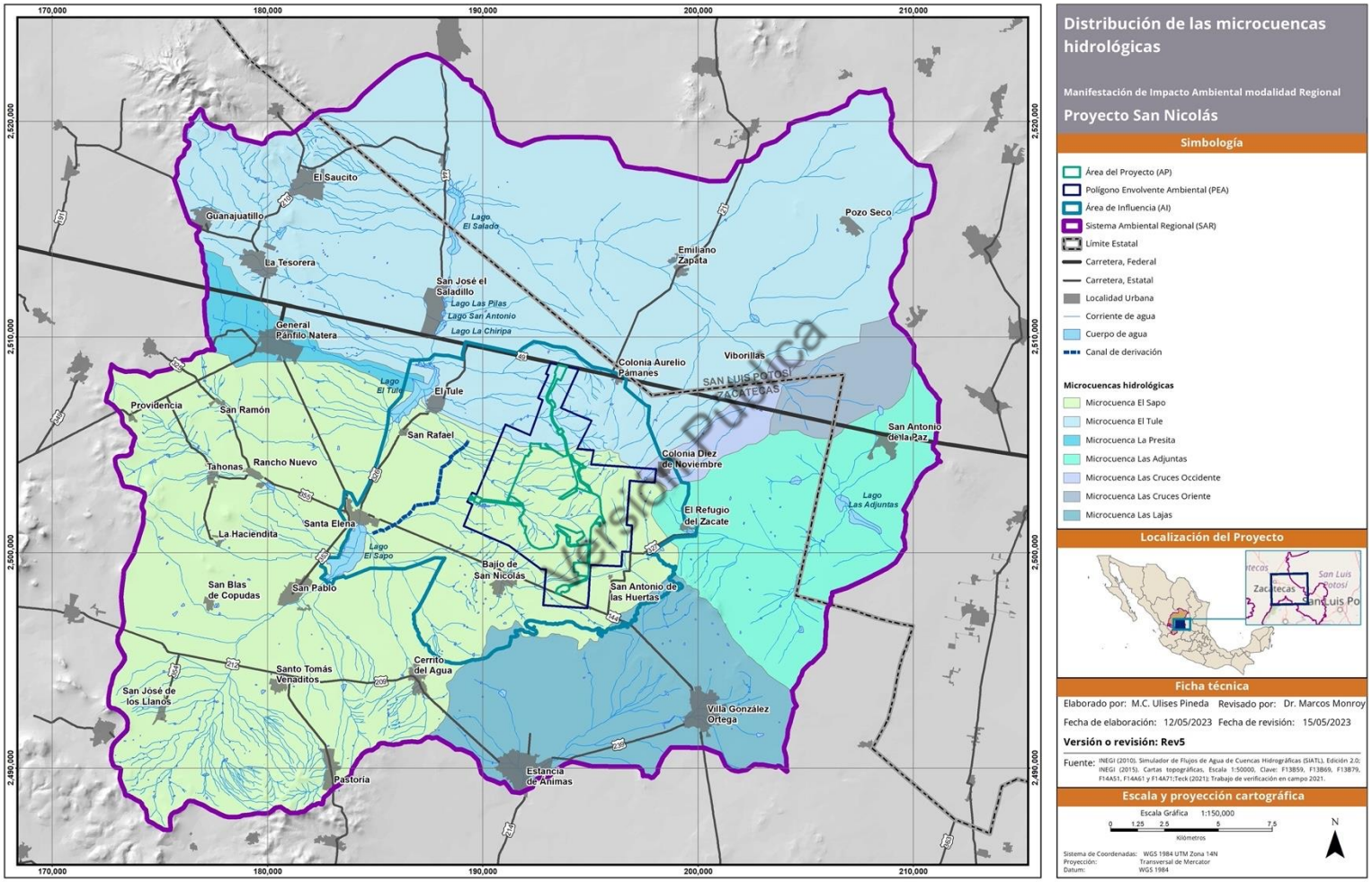


Figura IV.35 Microcuencas hidrológicas en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

Cuadro IV.15 Escurrimiento medio anual por microcuenca en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Parámetros	Microcuencas						
	El Sapo	El Tule	La Presita	Las Adjuntas	Las Cruces Occidente	Las Cruces Oriente	Las Lajas
Superficie (ha)	37,815.65	39,781.72	1,821.78	9,810.69	1,400.33	2,235.32	10,024.66
Precipitación (mm)	421.94	409.39	444.60	359.43	357.01	366.73	357.00
K ponderado	0.263	0.260	0.268	0.249	0.247	0.251	0.276
Ce	0.0979	0.0941	0.1047	0.0796	0.0779	0.0820	0.0988
$Q_{medio\ anual}$ (Mm^3/año)	**15.63**	**15.32**	**0.85**	**2.81**	**0.39**	**0.67**	**3.53**

Cuadro IV.16 Longitud del arroyo, tiempo de concentración y número de curvas por microcuenca.

Microcuenca	Longitud (m)	tc (h)	N (adim)
El Sapo	26,135.00	9.320	80.85
El Tule	19,784.65	9.430	83.72
La Presita	12,904.09	2.950	87.08
Las Adjuntas	15,303.29	5.920	84.17
Las Cruces Occidente	8,267.94	1.860	82.35
Las Cruces Oriente	2,490.66	1.030	85.88
Las Lajas	13,820.92	3.680	84.93

Versión Pública

Los resultados de los procedimientos anteriores se utilizaron para el cálculo de las intensidades, de la precipitación efectiva y de los coeficientes de escurrimientos correspondientes por la metodología de Emil Kuichling y C. E. Gransky para cada microcuenca.

Los valores calculados por esta metodología fueron utilizados en los siguientes métodos para obtener gastos de diseño para diferentes periodos de retorno por cada microcuenca.

- Método Racional;
- Método de Chow;
- Hidrograma Unitario Triangular (H.U.T.).

Los gastos máximos se obtuvieron con el método racional, cuyos resultados de los gastos de diseño para varios periodos de retorno se presentan en el **Cuadro IV.17**. Se determinó el volumen medio anual del escurrimiento en las microcuencas, de acuerdo con la metodología indicada en la NOM-011-CONAGUA-2015. La precipitación media anual varía de 357 mm como mínimo en la microcuenca Las Lajas y como máximo de 444.6 mm en la microcuenca La Presita y el coeficiente de escurrimiento promedio es de 0.091, por lo que el volumen medio anual de escurrimiento en las microcuencas El Sapo, El Tule, La Presita, Las Adjuntas, Las Cruces Occidente, Las Cruces Oriente y Las Lajas es de 15.63, 15.32, 0.85, 2.81, 0.39, 0.67 y 3.53 Mm^3, respectivamente.

Cuadro IV.17 Gastos de diseño para varios periodos de retorno según la metodología de hidrograma unitario triangular.

Tr (años)	Microcuencas						
	El Sapo	El Tule	La Presita	Las Adjuntas	Las Cruces Occidente	Las Cruces Oriente	Las Lajas
5	66.503	89.067	12.009	19.796	3.765	8.439	28.758
10	125.115	154.696	19.043	39.132	8.366	24.715	55.245
25	167.948	201.573	24.018	52.483	11.712	38.579	72.651
50	209.653	250.794	29.336	65.373	14.849	52.444	88.543
100	264.884	316.423	36.370	81.946	19.032	72.336	108.219
250	306.589	366.816	41.860	93.916	21.960	87.406	122.598
500	348.294	419.553	47.350	105.886	24.888	103.079	136.977
1,000	405.780	491.041	55.241	121.078	28.653	123.574	154.383
2,000	447.485	542.607	60.731	132.127	31.372	139.247	167.248
5,000	544.421	666.832	74.627	156.067	37.228	173.003	194.492
10,000	582.745	718.397	80.803	164.814	39.319	185.059	204.330

Tr: periodo de retorno.

Versión Pública

Con la información generada por el estudio hidrológico se realizó un análisis hidráulico para conocer el comportamiento de los escurrimientos superficiales en el SAR, AI y AP, y determinar en conjunto con las avenidas provocadas por los escurrimientos de las cuencas de aportación a las manchas de inundación de los escurrimientos principales.

El estudio de inundación se realizó con el programa Iber (Bladé et al, 2014). El programa Iber es una herramienta numérica para simulaciones hidráulicas que resuelve ecuaciones de agua someras en dos dimensiones (2D-SWE) o Saint Venant 2D, utilizando una malla de volúmenes finitos que puede ser irregular y no estructurada, formada por triángulos, cuadriláteros o combinaciones de ambos.

Para encontrar la respuesta de un terreno ante una tormenta y localizar la zona de inundación a diferentes eventos pluviales, es necesario tener la información de un estudio hidrológico y de un modelo digital de elevación, así como la distribución de uso de suelo y vegetación en el área para definir la rugosidad que se expresa mediante el coeficiente de Manning. Se utilizó la información de los caudales de los arroyos de cada microcuenca donde se tiene que evaluar la posibilidad de formar zonas inundables. El mejor resultado del estudio hidrológico lo ofrece el método de HUT (Hidrograma Unitario Triangular) donde el hidrograma presenta la evolución de caudal con el tiempo de lluvia. Para este estudio se utilizó la información de los hidrogramas unitarios curvilíneos para un periodo de retorno de 100 años (**Anexo IV.13**).

Con toda la información incorporada al programa, se definió por último el tiempo de iteración que se estableció por el mayor tiempo calculado en los hidrogramas de las microcuencas (microcuenca el Tule con 157,140 s). En este caso se utilizó un valor de 160,000 s (44.4 h).

En la **Figura IV.36** se observa la zona máxima de inundación para un periodo de retorno de 100 años que se formaron con la confluencia de los escurrimientos. Las profundidades máximas calculadas son de 4.5 m y se registraron en la microcuenca Las Lajas, donde existe una depresión topográfica local en la trayectoria del cauce. Las profundidades detectadas en las microcuencas se presentan con un valor no mayor de 1 m, en promedio de 0.4 m, o menor. En el lago El Tule se encuentra el nivel de agua a 0.72 m. Al terminar el evento pluvial y de las aportaciones de agua a los arroyos, el agua empieza a desaparecer por infiltración o evaporación en los sedimentos de los arroyos o depresiones topográficas y las zonas máximas de inundación disminuyen. Alrededor de 70,000 s (19.4 h) se observa la zona máxima de inundación. Es necesario mencionar que en este cálculo están considerando solamente los principales arroyos de cada microcuenca que presentan naturalmente los caudales máximos de cada una. Las zonas de inundación se mantienen principalmente en las orillas de los arroyos y en los lagos donde descargan los arroyos. Los más grandes arroyos del área, el Tule y el Sapo, que también presentan los caudales mayores de toda el área, forman zonas de inundación más extensos y durables, pero siempre limitadas a las zonas cercanas de su origen de desbordamiento. En la microcuenca Las Adjuntas se observa una zona de inundación más extensa en el área de la laguna Las Adjuntas. Las zonas de inundación en las microcuencas pequeñas la Presita, las Cruces Occidente y Oriente son despreciables y se concentran solamente en las lagunas donde se descargan los arroyos.

Versión Pública

En un cálculo para determinar la zona de inundación para el AI se consideró solamente las características hidráulicas de los arroyos que se encuentran dentro de los límites del AI y AP. El resultado de la inundación máxima en el área se aprecia en la **Figura IV.37**. La profundidad del agua en las zonas inundadas se mantiene muy somera. Las zonas de inundación más profundas

(hasta 0.37 m) se detectaron en la zona que se localiza entre los lagos El Sapo y el Tule y en un área que se localiza al este del centro de población de Bajío de San Nicolás.

En el AP se mantienen las zonas de inundación y sus profundidades muy limitadas a menos de 10 cm. El AP se encuentra en una elevación del terreno donde apenas inician los escurrimientos con caudales todavía bajos.

Cabe señalar que la información aquí reportada sobre la identificación y el estudio de las microcuencas, la determinación de la carga hidráulica, la consideración de la disponibilidad de agua superficial en las microcuencas implicadas, el cálculo de los escurrimientos medios anuales, es información sobre la línea base ambiental de las condiciones hidrológicas en el SAR, AI y AP, que ha sido tomada en consideración para el balance hídrico del Proyecto, conforme se establece en el Manual de Buenas Prácticas para el uso del Agua en la Industria Minera en México (IMTA, 2021: https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/libros/2021/manual_uso_del_agua_industria_minera_mexico_IMTA.pdf).

Versión Pública

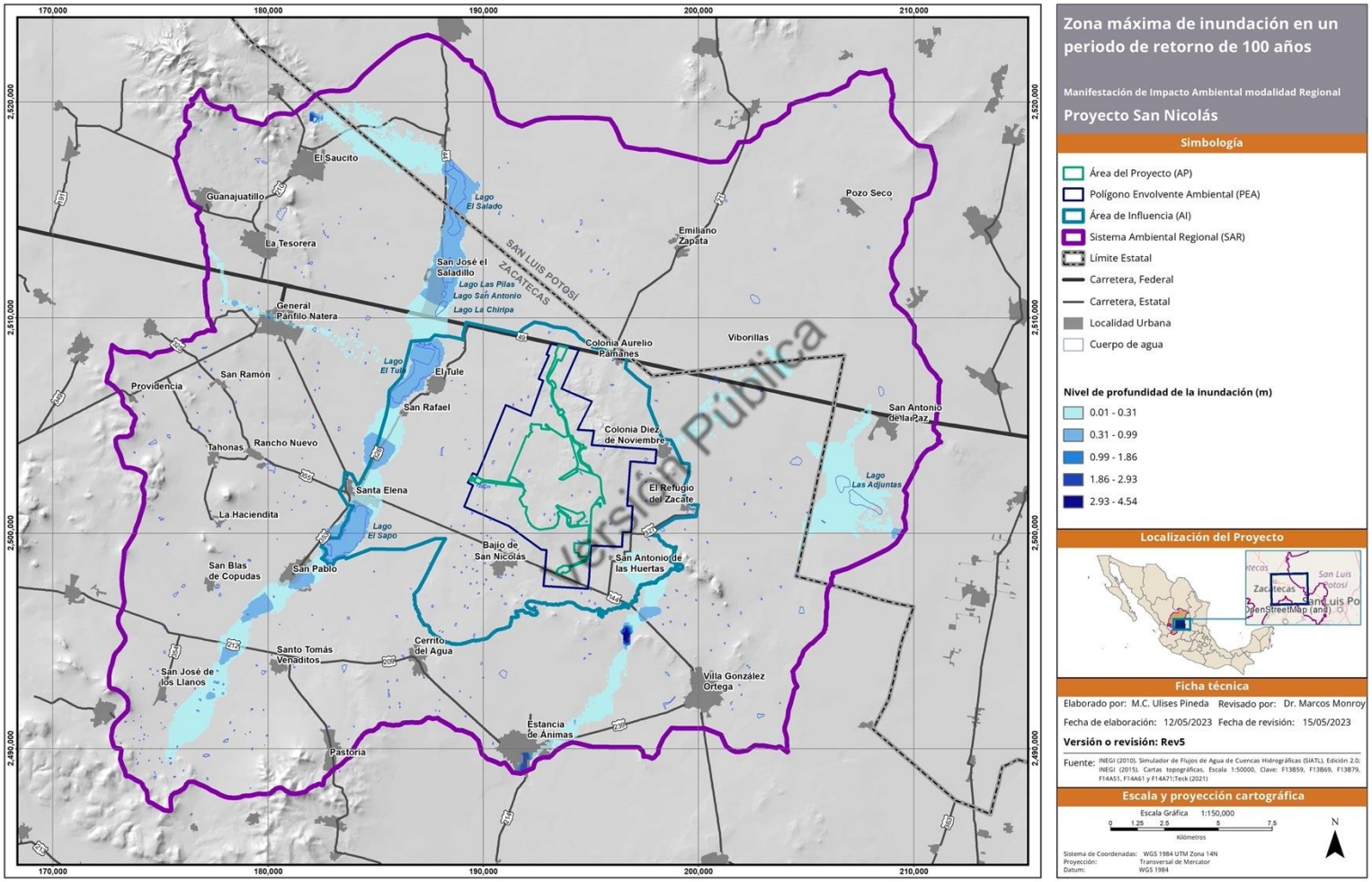


Figura IV.36 Zonas de inundación máxima en el Sistema Ambiental Regional (SAR) para un periodo de 100 años.

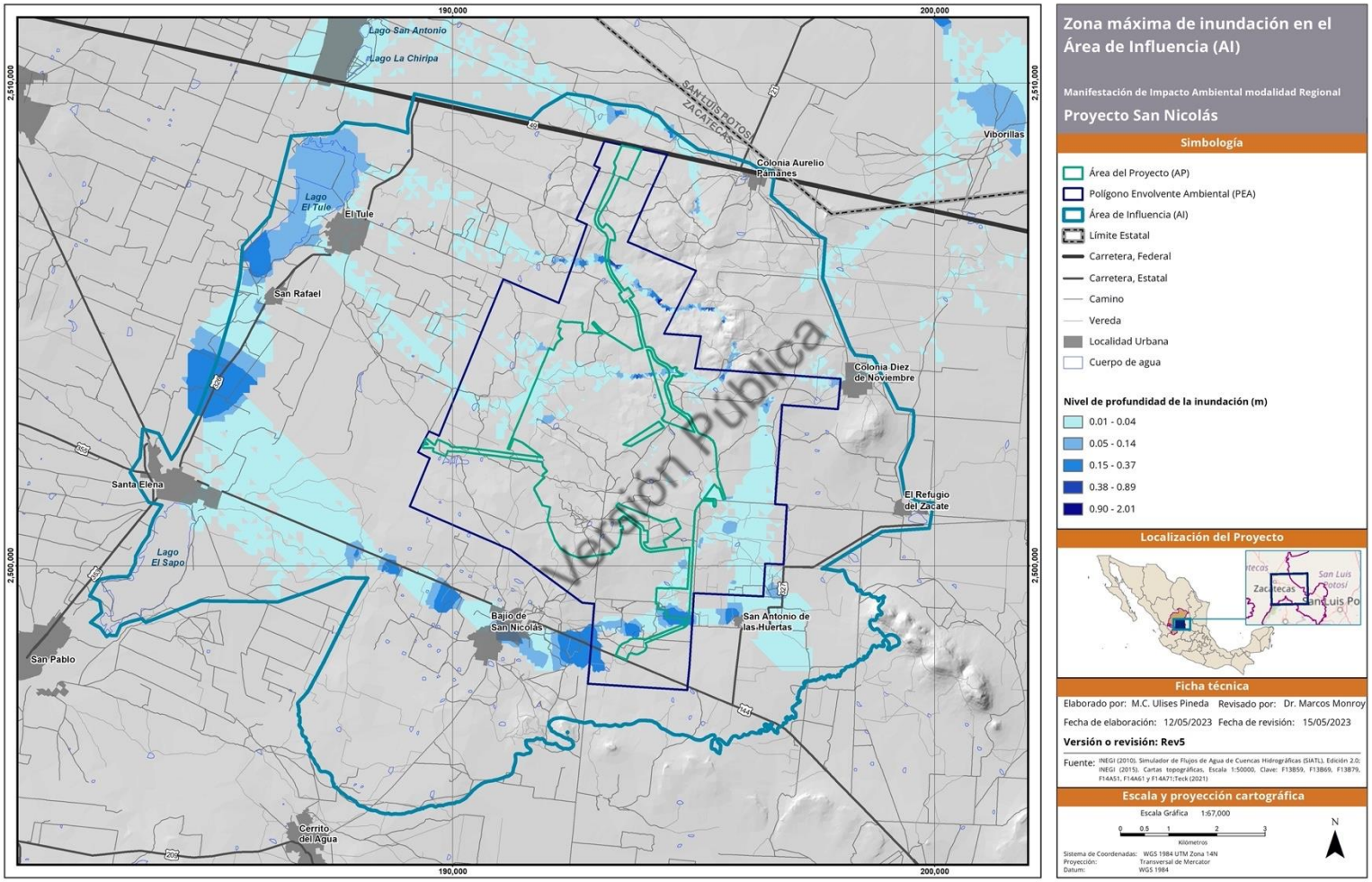


Figura IV.37 Zonas de inundación máxima en el Área de Influencia del Proyecto para un periodo de 100 años.

IV.3.1.4.1.3. Análisis de la calidad química del agua superficial

Durante los años 2019 y 2020, como parte de la caracterización de la línea base ambiental en el SAR, AI y AP, se llevaron a cabo campañas de muestreo de agua superficial en varios sitios del SAR y AI para evaluar la calidad de agua superficial en temporadas de lluvias y secas: durante los meses de julio a noviembre para la temporada de lluvias del año 2019, el mes de junio para la temporada de secas del año 2019; y el mes de julio para la temporada de lluvias 2020, todo esto en diferentes sitios distribuidos en el AI y del SAR, aguas arriba y aguas abajo del AP. Para la generación de la línea base de la calidad del agua superficial del Proyecto, se tomaron en cuenta en su muestreo todos aquellos diferentes cuerpos de agua superficiales existentes en el periodo de lluvias, ya que salvo contadas excepciones son temporales y desaparecen en época de secas.

De las siete microcuencas definidas, las involucradas con el Área del Proyecto (AP) son El Sapo y El Tule, en un orden aproximado del 70 y 30%, respectivamente. Las otras microcuencas drenan, ya sea en sentido opuesto al Proyecto, hacia el lado contrario de la línea divisoria o se encuentran muy alejadas como para tener cualquier interrelación con el AP, pero que forman parte del área del SAR, estas son La Presita, Las Adjuntas, Las Cruces Occidente, Las Cruces Oriente y Las Lajas (**Figura IV.35**).

Versión Pública

Tomando como base lo anterior, la microcuenca El Sapo genera sus principales escurrimientos desde el sur y el este del SAR, pero únicamente estos últimos cruzan el AP desde su cabecera, próxima a la localidad de San Antonio de las Huertas. El drenaje involucrado en el AP muestra una dirección general de este a oeste hacia los lagos El Sapo y El Tule, en donde descargan.

Otras localidades ubicadas en esa parte alta del área de captación, próximas a la divisoria de aguas son El Refugio del Zacate y Colonia Diez de Noviembre; sin embargo, ambas se ubican dentro de las microcuencas vecinas Las Adjuntas y Las Cruces Oriente, y drenan en sentido contrario a la ubicación del AP.

Por su parte la microcuenca El Tule, define tres de sus escurrimientos principales en dirección este a oeste, para descargar en el lago El Tule; de este drenaje solamente sus cabeceras están involucradas con el AP. Esta microcuenca drena otros escurrimientos desde su línea divisoria de aguas hacia el este sin efecto en el AP.

Dado que no existen criterios o valores normativos de referencia para agua superficial natural (excluyendo las aguas residuales), se llevó a cabo un análisis e interpretación estadística para proponer concentraciones de línea base de referencia para los diferentes elementos analizados. Se compararon las concentraciones reportadas en las muestras de agua superficial con

el valor de la media por elemento analizado, reportadas para todas las concentraciones en el SAR, sin distinguir temporada de seca o temporada de lluvias.

Cabe mencionar que las campañas de muestreo en las temporadas de lluvias fueron favorecidas por la presencia de agua en los cuerpos de agua superficial, natural o artificial, ya que en la mayoría de ellos desaparece el agua en época de secas, por lo tanto, se tiene un mayor número de resultados para la temporada de lluvias que para la de secas. El principal uso de los cuerpos de agua superficial (bordos y lagos), corresponde al de abrevadero, excepto en los lagos El Tule y El Saladillo, en los cuales no se reporta ningún uso, si bien se ha reportado como principal uso el pecuario, algunos usuarios reportaron que la calidad del agua es tan mala que no pueden aprovecharla ni para los animales.

Puesto que no hay criterios normativos o de referencia para el agua superficial, en el análisis de la calidad del agua superficial, se tomaron en cuenta los resultados de elementos traza, tales como arsénico (As), zinc (Zn) y cobre (Cu), puesto que estos elementos son característicos de mineralizaciones polimetálicas con mayor movilidad en aguas naturales. Además, se consideraron otros elementos como coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno total (N_T), fósforo total (P_T), y sólidos suspendidos totales (SST), los cuales pueden estar asociados a la actividad agrícola y pecuaria, y con presencia de aguas residuales municipales no tratadas.

Versión Pública

A continuación, en el **Cuadro IV.18**, se muestra el resumen de resultados de los elementos analizados en agua superficial durante las tres temporadas de muestreo para el SAR y AI. En este cuadro se muestran columnas que indican N (número de muestras), MIN (concentración mínima), MAX (concentración máxima), MEDIA (concentración promedio) y DESVEST (desviación estándar).

En el **Anexo IV.15** se presenta un informe detallado de la calidad química del agua superficial resultado de esta caracterización de la línea base ambiental en el SAR y AI del Proyecto; en el **Anexo IV.16** se encuentra el mapa con la ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial; en el **Anexo IV.17** se reporta la base de datos de los resultados de los muestreos de agua superficial; en el **Anexo IV.18** se presentan las bitácoras de muestreo y cadena de custodia de los muestreos de agua superficial; en el **Anexo IV.19** los reportes de resultados del muestreo para determinar la calidad química del agua superficial; en el **Anexo IV.20** los mapas con la representación espacial del análisis de la calidad química del agua superficial; en el **Anexo IV.21** el Anexo fotográfico del muestreo y caracterización del agua superficial. Debe señalarse que los muestreos de agua superficial y el análisis correspondiente fueron realizados por laboratorios que cuentan con acreditación vigente de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobación por PROFEPA.

Cuadro IV.18 Resultados del análisis de línea base de agua superficial en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento o Criterio	Unidad	Área de Influencia (AI)				Sistema Ambiental Regional (SAR)			
		N	MIN	MAX	MEDIA	N	MIN	MAX	MEDIA
Temporada de secas 2019									
Arsénico Total	mg/L	1	0.028	0.028	0.028	3	0.019	0.657	0.235
Zinc Total	mg/L	1	0.121	0.121	0.121	3	0.049	0.168	0.112
Cobre Total	mg/L	1	0.029	0.029	0.029	3	0.006	0.029	0.021
DBO	mg/L	1	ND	ND	ND	3	ND	430	143
Nitrógeno Total	mg/L	1	126.00	126.00	126.00	3	14.64	216.00	118.88
Fósforo Total	mg/L	1	26.77	26.77	26.77	3	7.27	206.50	80.18
SST	mg/L	1	2.89	2.89	2.89	3	0.95	31.46	11.77
Temporada de lluvias 2019									
Arsénico Total	mg/L	53	<0.005	0.719	0.023	57	<0.005	0.719	0.025
Zinc Total	mg/L	49	<0.005	1.243	0.108	53	<0.005	1.243	0.105
Cobre Total	mg/L	53	<0.005	0.405	0.028	57	<0.005	0.405	0.027
DBO	mg/L	31	<2	120.00	16.19	32	<2	120.00	17.18
Nitrógeno Total	mg/L	31	0.830	42.32	6.01	32	0.830	42.32	6.32
Fósforo Total	mg/L	31	0.106	13.44	1.20	32	0.106	13.44	1.23
SST	mg/L	35	<10	8400	481	36	<10	8400	485
Temporada de lluvias 2020									
Arsénico Total	mg/L	20	<0.005	0.319	0.021	22	<0.005	0.319	0.020
Zinc Total	mg/L	20	0.009	0.584	0.086	22	0.009	0.584	0.086
Cobre Total	mg/L	20	<0.005	0.179	0.024	22	<0.005	0.179	0.023
DBO	mg/L	10	<2	16.80	3.53	11	<2	16.80	3.30
Nitrógeno Total	mg/L	10	0.92	8.71	3.36	11	0.92	8.71	3.38
Fósforo Total	mg/L	10	0.11	6.88	1.16	11	0.11	6.88	1.12
SST	mg/L	10	25	9340	1025	11	25	9340	955

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno; SST = Sólidos Suspendidos Totales; N = Número de muestras analizadas; MIN = Valor mínimo reportado; MAX = Valor máximo reportado.

Temporada de secas 2019: muestreo durante el mes de junio 2019.

Temporada de lluvias 2019: muestreo durante los meses de julio a noviembre 2019.

Temporada de secas 2020: muestreo durante el mes de julio 2020.

Versión Pública

La mayoría de los elementos analizados en el agua superficial, se reportaron concentraciones mayores en la temporada secas (2019), respecto a las dos temporadas de lluvias (2019 y 2020), mientras que las concentraciones en ambas temporadas de lluvias, fueron similares y consistentes. La concentración mayor reportada en temporada secas se atribuye a una concentración asociada

al menor volumen de agua, mientras que, en las temporadas de lluvias, existe una dilución de los contaminantes por el mayor volumen de agua. Puesto que, en temporada de secas, el valor de N es pequeño, al estar la mayoría de los sitios sin presencia de agua, mientras que, en temporadas de lluvias, se tiene una N mayor al presentar agua prácticamente todos los sitios de muestreo, el valor estadístico de la media está dominado por las concentraciones en temporada de lluvias, mientras que los altos valores de la desviación estándar encontrados, son consecuencia de las altas concentraciones en temporada de secas. Sin embargo, para propósitos del valor de concentración de referencia de línea base ambiental en agua superficial, se consideran los valores de la media reportados en el SAR.

A continuación, se describe la distribución espacial de las concentraciones reportadas por elemento en las diferentes campañas de muestreo del agua superficial (temporada de secas 2019, temporada de lluvias 2019 y temporada de lluvias 2020).

Arsénico

Versión Pública

Las concentraciones de arsénico presentaron valores que oscilaron entre 0.005 y 0.72 mg/L, encontrándose la mayor concentración (arriba de dos veces la concentración media de arsénico en agua superficial del SAR) en el sitio localizado en el arroyo La Presita, en la microcuenca del mismo nombre, que no tiene influencia del AP, ni del AI, ya que se ubica en otra microcuenca, pero sí tiene descarga en el Lago El Tule. A observar que existe un escaso número de muestras analizadas, ya que la mayoría de los sitios reportaron sin presencia de agua superficial en temporada de secas. Otros sitios con alta concentración de arsénico en agua superficial, son el lago El Sapo y un sitio cerca del pasivo minero de la mina El Salvador, al SE del AP, donde se encontraron concentraciones de arsénico por arriba de la media para este elemento en agua superficial en el SAR.

Cabe señalar que el lago El Tule es el receptor final aguas abajo, no solo de la microcuenca el Sapo, donde se encuentra mayormente el AP y el AI, sino también de las microcuencas El Tule y la Presita, por lo que la concentración alta en arsénico reportada en el agua superficial en este cuerpo de agua, podría ser consecuencia de los distintos aportes de las tres microcuencas, donde sobresale ya la alta concentración reportada en temporada de lluvias y en temporada de secas en la microcuenca La Presita, al este del centro de población de General Pánfilo Natera. También a subrayar las altas concentraciones de arsénico reportadas en el agua superficial al SE del AP, en sitios cercanos del pasivo ambiental de la mina El Salvador, donde aún están expuestos depósitos de tepetate intemperizado y suelos aparentemente contaminados por las antiguas operaciones mineras.

Cobre

Las concentraciones de cobre oscilan en el SAR entre valores de 0.005 y 0.405 mg/L, encontrándose las mayores concentraciones, al igual que el arsénico, en el arroyo La Presita, al este de la población General Pánfilo Natera, sin tener influencia del AP al estar en la microcuenca La Presita; así como aguas abajo del AP en la microcuenca el Sapo, en el sitio cercano del poblado de Bajío de San Nicolás, al sur del AI; en el lago El Tule; al SE del AP, cerca del sitio del pasivo ambiental de la mina El Salvador; y en la cabecera de la microcuenca Las Cruces Occidente, por lo que este último sitio no tiene interacción con el AP; en todos los casos en concentraciones por arriba del valor de la media del cobre para agua superficial en el SAR.

Zinc

Las concentraciones de zinc oscilan en valores entre 0.0045 y 1.24 mg/L, encontrándose las mayores concentraciones al igual que el cobre, en el sitio cerca del poblado Bajío de San Nicolás, y en el sitio localizado en el arroyo La Presita al este del poblado de General Pánfilo Natera; en el lago El Tule; al SE del AP, cerca del sitio del pasivo ambiental de la mina El Salvador, en todos los casos en concentraciones por arriba del doble del valor de la media del zinc para agua superficial en el SAR.

Versión Pública

Para el análisis e interpretación de las concentraciones arriba reportadas como línea base ambiental para arsénico, cobre y zinc en el agua superficial, se puede asumir que estén asociadas a fuentes geoquímicas naturales o a pasivos mineros que beneficiaron mineralizaciones polimetálicas en la región. Por ello, se hizo el análisis de la información geoquímica generada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) para el SAR, a través del análisis de sedimentos activos de arroyo, los cuales son indicadores de anomalías geoquímicas.

Es importante mencionar que superficies con anomalías geoquímicas de alteración con contenidos de metales y metaloides, pueden tener origen de manera natural, puesto que el material ahí presente puede ser progresivamente “lavado” (lixiviado), pasando al medio hídrico, ya sea en suspensión o en solución y es conducido por las escorrentías hacia las partes bajas de las cuencas, creando áreas de acumulación de metales, como pudieran ser los receptores intermedios (bordos) o finales (lagos, en el caso de las microcuencas del SAR). No se puede generalizar que se incrementan los valores naturales de elementos en el agua o sedimentos de arroyos, ya que este es un proceso que forma parte del sistema hidrológico y así es como como opera la cuenca, por lo que a manera de anomalías se pueden encontrar altas concentraciones en ciertos lugares y en otros no, ya que existe la presencia y distribución de zonas de alteración que aportan elementos químicos a sedimentos y a cuerpos de agua.

Para el análisis de la geoquímica de sedimentos activos de arroyo, se utilizaron los resultados reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM), en las cartas a escala 1:50,000 de Ojocaliente F13-B69 y Salinas Hidalgo F14-A61, las cuales cubren la totalidad del SAR. A partir de esta información, se elaboraron mapas de la distribución de arsénico, cobre y zinc en los sedimentos activos de arroyo en el SAR, considerando que existe una mineralización con denudación activa asociada a los escurrimientos, lo cual puede relacionarse como una fuente de enriquecimiento debido a la interrelación roca-agua, acción que permite desde el intemperismo el incremento de diversos elementos químicos, principalmente metales y metaloides como solutos en el agua.

Los resultados reportados por el SGM para el arsénico, cobre y zinc en sedimentos activos de arroyos ubicados en el SAR, parecen sugerir que las altas concentraciones de estos metales reportados en el agua superficial al noroeste del SAR en la microcuenca La Presita, al este del poblado General Pánfilo Natera, pudieran estar asociadas a las anomalías geoquímicas de las mineralizaciones en el distrito minero La Tesorera; mientras que las altas concentraciones de línea base en agua superficial para arsénico, cobre y zinc identificadas en los lagos El Tule y el Sapo, parecen estar asociadas a los aportes de los escurrimientos en la microcuenca El Sapo, por un lado, los aportes al oeste de estos lagos desde las anomalías geoquímicas de la mineralización en el distrito de la unidad minera San José, y por otro lado, desde el este de la microcuenca El Sapo, por los aportes de las anomalías geoquímicas de la mineralización San Nicolás y El Salvador. A esto, se suman las altas concentraciones de los metales en el agua superficial al S-SE del AP, en el área cercana del pasivo ambiental minero de El Salvador, con exposición superficial de residuos mineros intemperizados.

Versión Pública

Además de los metales arriba descritos, como se mostró en el **Cuadro IV.18**, se analizaron en agua superficial a demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno total (N_T), fósforo total (P_T) y sólidos suspendidos totales (SST). A continuación, se hace una breve descripción de la concentración y distribución de estos elementos en el agua superficial del SAR, AI y AP, para las temporadas de secas y lluvias del 2019, y para la temporada de lluvias 2020.

Coliformes Fecales

Tomando en cuenta el total de muestras de los dos periodos de muestreo, se tiene una media de coliformes fecales en el SAR equivalente a 2209 NMP/100 mL. Las mayores concentraciones se localizaron en el arroyo La Presita, al este del poblado de General Pánfilo Natera, sin influencia del AP, en la microcuenca La Presita; y en una zona sur del AP. Esto último es atribuible a la intensa actividad pecuaria que se desarrolló hasta recientemente en el AP, y que se detuvieron a partir de la adquisición de los predios por parte del Promovente del proyecto minero.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Los valores de la media de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentan grandes variaciones entre las diferentes temporadas de muestreo, con una media en el SAR de 20.49 mg/L. Las mayores concentraciones de DBO se encontraron de una manera similar a los coliformes fecales, al sur del AP (cerca del poblado Bajío de San Nicolás) y en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera), sin influencia del AP; así como dentro del AP, dentro de la microcuenca El Sapo, lo cual se asocia a la actividad pecuaria en estas áreas.

Nitrógeno Total (N_T)

Las medias del nitrógeno total (N_T) también presentan variaciones importantes entre las diferentes temporadas de muestreo. A partir de las 46 muestras en los tres periodos de muestreo, se tiene una media de N_T en el SAR equivalente a 10.4 mg/L. La mayor concentración se localizó en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera), sin influencia del AP; con distribución similar a la DBO, dentro del AP, y al sur del AP y de la comunidad de Bajío de San Nicolás.

Versión Pública

Fósforo Total (P_T)

El fósforo total presenta una media consistente durante las temporadas de lluvias alrededor de 1.2 mg/L, mientras que, en la temporada de secas, el valor de la media se incrementa hasta 26.77 mg/L; aunque la media para P_T en el SAR equivale a 1.9 mg/L. Se aprecia un fuerte factor de dilución por la temporada de lluvias. De una manera similar, la mayor concentración se localizó en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera); en el AP, y aguas abajo del AP, en el Lago El Tule.

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales (SST) presentan una media que oscila entre 485 y 955 mg/L durante las tres temporadas de muestreo, con la media de SST en el SAR que equivale a 603 mg/L. La mayor concentración nuevamente en el sitio localizado en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera), sin influencia del AP y en la parte sur del AP, así como en el lago El Tule. En general, se aprecia una distribución espacial y de concentraciones similares entre el P_T y el SST en el SAR, particularmente en ambas temporadas de lluvias.

A partir de los resultados reportados del análisis de la calidad química del agua superficial en el SAR y AI del Proyecto (**Anexo IV.15**), se calcularon los valores de la Media de cada elemento en el SAR, para considerarlos como concentraciones de línea base, previa actividades del Proyecto, lo cual se reporta en el **Cuadro IV.19**. A señalar que, de estos resultados obtenidos, entre el

11 y 20% de las muestras analizadas, se encuentran por arriba del correspondiente valor de la media calculado, de las cuales, las concentraciones altas se encontraron principalmente en el área sur del AP, al sur del AI en un sitio cercano del poblado de Bajío de San Nicolás, en el lago El Tule, en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera) y al oeste de los lagos El Tule y El Sapo.

Cuadro IV.19 Concentraciones medias de elementos analizados en el agua superficial en el SAR, considerados como concentraciones líneas base previa actividades del Proyecto.

Elemento analizado		N	Media	Unidad	N > Media (% N)
Arsénico	As	82	**0.0312**	mg/L	9 (11%)
Zinc	Zn	78	**0.1000**	mg/L	17 (22%)
Cobre	Cu	82	**0.0255**	mg/L	15 (18%)
Coliformes Fecales	-	34	**2208.5**	NMP/100 mL	6 (18%)
Demanda Bioquimica de Oxigeno	DBO	46	**20.4913**	mg/L	7 (15%)
Nitrógeno Total	N_T	46	**10.4315**	mg/L	8 (17%)
Fósforo Total	P_T	46	**1.8899**	mg/L	9 (19%)
Sólidos Suspendidos Totales	SST	50	**603.288**	mg/L	10 (20%)

Versión Pública

Sobresale también la alta concentración de estos elementos en el lago El Tule, tanto en temporada de secas como de lluvias, lo cual se atribuye a que este cuerpo de agua es el receptor final de escorrentías de tres microcuencas hidrológicas (La Presita, El Sapo y El Tule), con aportes de distintas fuentes naturales y antropogénicas: [i] en la microcuenca La Presita y noroeste de la microcuenca El Tule, se reconoce las fuentes del distrito minero de La Tesorera; [ii] en la microcuenca El Sapo, se reconoce al oeste los aportes del distrito de la unidad minera San José, mientras que al este los aportes de la mineralización de San Nicolás y El Salvador, así como de las actividades antrópicas agrícolas y pecuarias, tanto al este, como al oeste de este cuerpo de agua; y [iii] en la microcuenca el Tule, con el aporte en metales del distrito minero La Tesorera y la influencia de las actividades agrícolas y pecuarias al oeste de esta microcuenca.

A partir de la distribución y concentración de los metales (arsénico, cobre y zinc) en sedimentos activos reportados por el SGM, así como de la distribución y concentración de los mismos metales en el agua superficial del SAR, se asume que las altas concentraciones de línea base son producto de manera natural a la presencia de las anomalías geoquímicas asociadas a las mineralizaciones de La Tesorera, San José y San Nicolás y El Salvador, así como el aporte del pasivo ambiental minero de El Salvador. Por otro lado, la distribución y concentración de los coliformes

fecales, del DBO, del nitrógeno total y del fósforo total, parece estar asociada a las actividades antrópicas que prevalecen actualmente en el SAR, esto es, actividades agrícolas y pecuarias, y en menor medida a descargas residuales por las comunidades alrededor del AI, dentro del SAR. Ante este escenario aquí reportado, el Promovente propone continuar monitoreando estos parámetros en agua superficial, aguas arriba y aguas abajo del AP.

IV.3.1.4.2. Hidrogeología

IV.3.1.4.2.1. Caracterización del sistema acuífero

En zonas áridas y semiáridas, donde el agua superficial es escasa, el agua subterránea es la principal y a veces la única fuente para los diversos usos en las regiones (sea ganadería, agricultura o industria), así como para las poblaciones.

Se reconoce la cuenca superficial como el espacio óptimo para el estudio y gestión de los recursos hídricos superficiales, mientras que, para el agua subterránea, se presentan ciertas limitaciones, dado que los límites naturales superficiales que drenan el agua dentro de una cuenca no corresponden siempre con los del subsuelo, al grado de que pueden existir conexiones subterráneas entre cuencas que están superficialmente separadas.

Versión Pública

El SAR abarca casi en su totalidad el acuífero administrativo (3228) La Blanca, que ocupa la parte occidental y centro del SAR. Al sur del acuífero La Blanca se localiza el acuífero administrativo (3229) Loreto, cuya parte septentrional se ubica en el SAR (**Figura IV.38** y **Anexo IV.22**). En la parte oriental del SAR se localizan sin mayor influencia para el SAR, AI o para el AP, porciones de los acuíferos administrativos (3212) El Barril, (2404) Santo Domingo, (2403) Salinas de Hidalgo y (3230) Villa Hidalgo. En una pequeña parte en el occidente del SAR, se ubica el acuífero administrativo (3212) Ojocaliente. El AI y el AP se encuentran solo en los acuíferos La Blanca y Loreto, aunque el acuífero La Blanca en mayor proporción.

El aluvión es el material de mayor importancia hidrogeológica en la región altiplano debido a su potencialidad y a su permeabilidad, clasificada de media a alta. Las rocas sedimentarias son predominantemente del tipo calcáreo, con permeabilidad media.

Diversos autores han realizado estudios, investigación o trabajos sobre la geología regional del área, con el objeto de explicar la generación, tanto de los rasgos del paisaje actual, como de la sobreposición de eventos que produjeron los diferentes rasgos geomorfológicos y cuyo resultado se aprecia en el paisaje y debajo de este.

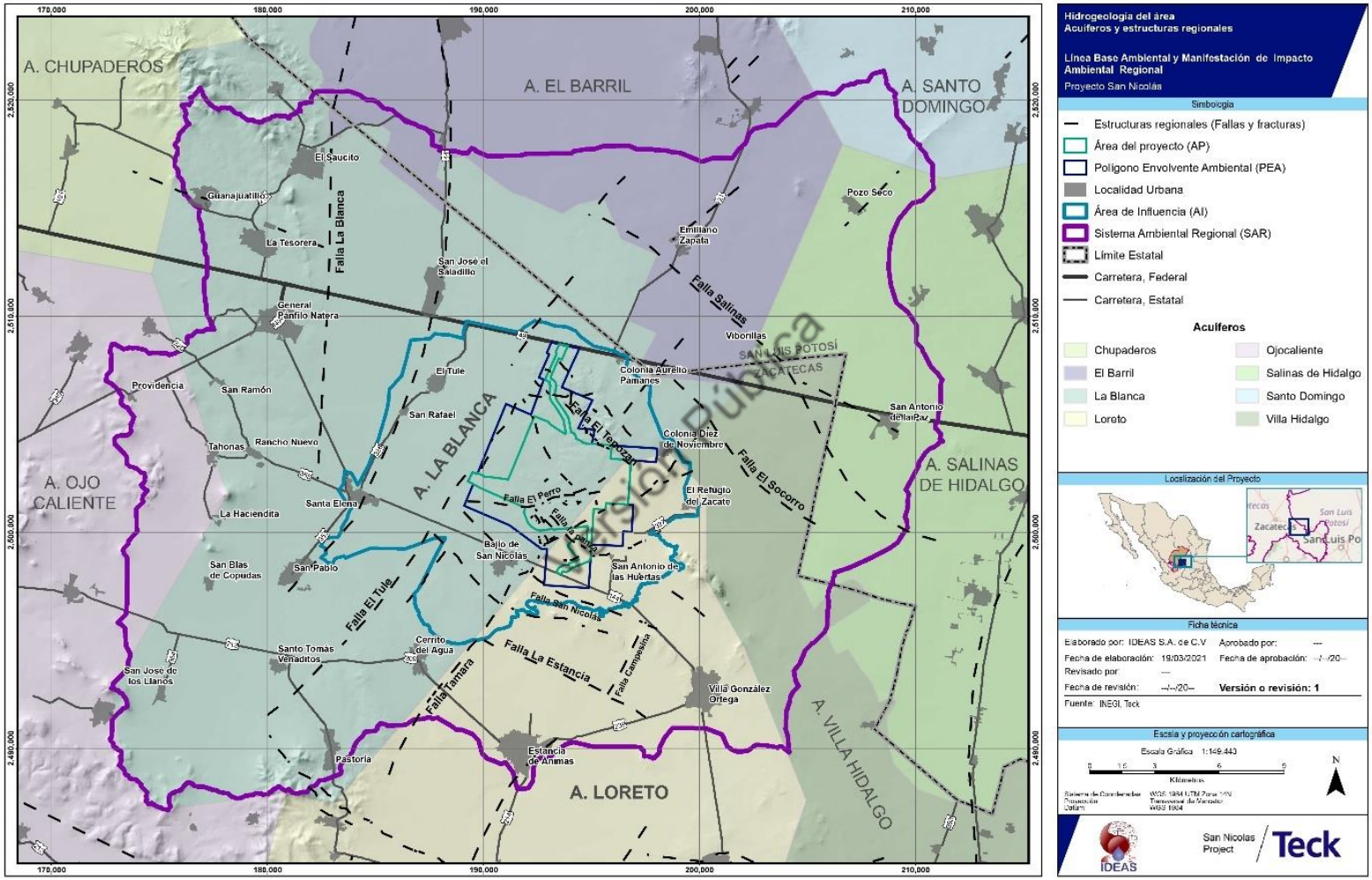


Figura IV.38 Ubicación de los acuíferos en relación con el Sistema Ambiental Regional, el Área de Influencia y el Área del Proyecto.

En el subsuelo se encuentra una serie de fosas rellenas con sedimentos de múltiples composiciones, acumulados en los bajos gravimétricos. El modelo conceptual definido a partir de la interpretación de los procesos tectónicos que dejaron las grandes estructuras y sus resultantes, permiten percolar el agua de lluvia para convertirse en infiltración hacia los diversos acuíferos. Los depósitos citados, forman acuíferos, acuitardos y estratos semiconfinantes, donde se permite el paso del agua, definiendo flujos subterráneos en direcciones preferenciales que, en ciertos casos, obedecen al control estructural.

Con base en lo anterior, se determinó que en la región existe un sistema acuífero estratificado compuesto por un acuífero superior, uno intermedio y otro profundo. El acuífero superior está constituido por sedimentos aluviales y fluviales, de granulometría variada (gravas, arenas y limos) con un espesor máximo del orden de 35 m, que presenta permeabilidad primaria. El acuífero freático es de tipo "libre" o no confinado. Su recarga es típicamente local, procedente de las temporadas de lluvia con infiltración directa al subsuelo, alcanzando el nivel freático o forma niveles colgados.

Versión Pública

Hacia la porción central de la llanura, en ausencia o escasez de los sedimentos fluvio-aluviales, el acuífero está compuesto por un conglomerado semiempacado a bien compactado en un cementante calcáreo, cuyos depósitos pueden alcanzar espesores de algunos cientos de metros y funciona como medio rocoso fisurado. Por tanto, el cementante puede contar con permeabilidad secundaria, formada por su sistema de fisuras intercomunicadas que, en sitios específicos, las aberturas pueden inclusive formar cavidades al estar ampliadas por la dilución del cementante. Sin embargo, esta misma característica hace que la presencia de vacíos sea aleatoria, en donde los pequeños espesores de sedimentos fluvio-aluviales que le sobreyacen, trabajan como un solo acuífero libre.

El acuífero intermedio y el profundo son acuíferos en medios rocosos fisurados. El intermedio está compuesto por una alternancia de lutitas y limolitas que sobreyacen al inferior y le sirven de capa semiconfinante dada su baja conductividad hidráulica. En el acuífero inferior los paquetes de rocas son una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias altamente fracturadas, su permeabilidad es secundaria por fisuras y su respuesta hidráulica es amplia; a mayor profundidad las calizas y areniscas representan un acuífero potencial que puede presentar condiciones de semiconfinamiento (CONAGUA, 2020). Estas rocas representan el acuífero regional, que es de amplia extensión, espesor y composición variable y es convencionalmente denominado aquí como acuífero profundo por su posición estratigráfica local. Estos acuíferos constituyen un sistema hidráulicamente interdependiente con zonas de agua aprovechables en las llanuras.

Si bien lo descrito anteriormente es una caracterización de las condiciones hidrogeológicas del SAR, se revisaron las condiciones hidrogeológicas específicas dentro del AI y AP para generar un modelo de flujo que represente las condiciones hidráulicas en el AP durante las actividades del Proyecto (FloSolutions, 2021). Para tal fin, se realizaron estudios que incluyeron barrenos de exploración, pruebas de permeabilidad, granulometría, transectos electromagnéticos de baja frecuencia, piezometría, pruebas de bombeos y de recuperación a largo tiempo y pruebas hidráulicas en intervalos, así como el muestreo de agua subterránea para el análisis de su calidad química.

En el estudio se estimaron las condiciones hidráulicas de las unidades geológicas que constituyen a los acuíferos. El depósito de sulfuros masivos volcanogénicos de San Nicolás, en conjunto con el domo riolítico adyacente y la alteración por silicificación forman un acuífero oblongo en forma de cono de alta permeabilidad, inclinándose hacia el suroeste con dimensiones de 1,400 m x 800 m x 650 m. Este acuífero homogéneo está delimitado por el sistema de fallas La Panza, que incluye la falla inclinando al NE. Las dos fallas son altamente permeables. Sobreyaciendo y encajando el acuífero se localizan las unidades geológicas compuestas de sedimentos, rocas volcanosedimentarias y volcánicas como conglomerados, tobas y rocas volcánicas de baja a moderada conductividad.

Versión Pública

Basado en las pruebas de bombeo, se estima que existe un contacto hidráulico del sistema de fallas La Panza con el sistema de fallas o fracturas Tamara (la cual se interpreta que se inclina hacia el sureste), lo que posiblemente proporciona una conexión hidráulica con un área que comprende el margen oriental de Bajío de San Nicolás hasta la falla, alrededor de 2 km de distancia.

Varias de las fallas detectadas están rellenas con material fino tipo “salbanda de falla”, que se formó durante el movimiento en el plano de la falla. Cuando existe este material fino en la falla se convierte en una barrera hidráulica, como reconoce la falla El Tule que se inclina hacia el oeste formando el límite oriental del acuífero administrativo La Blanca al oeste de San Nicolás.

En el AP se localiza un material de baja a moderada conductividad de los conglomerados terciarios y de las rocas volcánicas del Jurásico-Cretácico. El nivel de agua se encuentra a una profundidad entre 10 m y 30 m, que se inclina hacia el oeste-suroeste.

Profundidad al nivel estático en los pozos del área de influencia

Para el análisis del comportamiento de los niveles del agua subterránea en el AI, se realizó un levantamiento en campo de los aprovechamientos existentes (REPDA) en el año 2019 y 2020. Para el SAR se utilizaron los datos disponibles de CONAGUA (2020a, 2020b, 2020c y 2020d).

A continuación, se describen los resultados de las profundidades y elevaciones del nivel estático, así como sus configuraciones espaciales.

Las profundidades de los niveles más representativas en los aprovechamientos censados, se registraron en un rango de 50 a 100 metros de profundidad. Por otra parte, el 26% de los pozos presentaron niveles dentro de los primeros 50 metros de profundidad, mientras que las mayores profundidades al nivel estático, medidas en campo, se encontraron en un rango de 100 a 155 metros.

Aunado a lo anterior, existieron sitios censados donde no fue posible una medición, si bien por problemas para introducir la sonda, o la bomba se encontró en operación o restricción del sitio.

En la **Figura IV.39**, se muestran las configuraciones de las isolíneas de profundidad al nivel estático, verificados en los aprovechamientos. Aparentemente, la distribución de las profundidades no presenta un comportamiento particular, sin embargo, la presencia de aprovechamientos con niveles menores a los 10 metros, genera una isolínea cuyo trazo pasa cerca del contorno del AP. Las profundidades entre los 10 y 50 metros se ubican principalmente en los límites y cercanías de las áreas donde se localizan los lagos. Se detectaron 3 conos de abatimiento, dos al sureste del AI con profundidades de 80 m y 150 m, y uno en el norte dentro del AI con una profundidad de 80 m. Estos conos son resultado de una extracción intensiva en los pozos, principalmente de uso agrícola y por la cercanía de los pozos que se interfieren y potencian el abatimiento.

Versión Pública

Elevación del nivel estático en los pozos del área de influencia

La configuración de la elevación del nivel estático se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor de la elevación topográfica del terreno y la profundidad al nivel estático, que se midió en los aprovechamientos censados. A partir de dicha configuración es posible obtener las direcciones preferentes del flujo subterráneo de acuerdo con la teoría de flujo subterráneo de Darcy.

Las curvas equipotenciales (igual elevación) obtenidas, indican que el agua sigue trayectorias normales a las curvas de isovalores de la elevación del nivel estático, en el sentido en que decrece la carga hidráulica y que el flujo subterráneo tiene una tendencia similar a la dirección del escurrimiento superficial.

Las elevaciones del nivel estático obtenidas están en el rango de 1,950 a 2,200 msnm. Los aprovechamientos se agrupan en distintas elevaciones del nivel, el primer rango se ha dividido de 1,950 a 2,000 msnm, en estas elevaciones se concentra el 30%; por otra parte, el 15% de los aprovechamientos, presentan elevaciones al nivel de 2,051 a 2,100 msnm; y la elevación del nivel del 13% de los pozos se ubica entre 2,101 y 2,150 msnm.

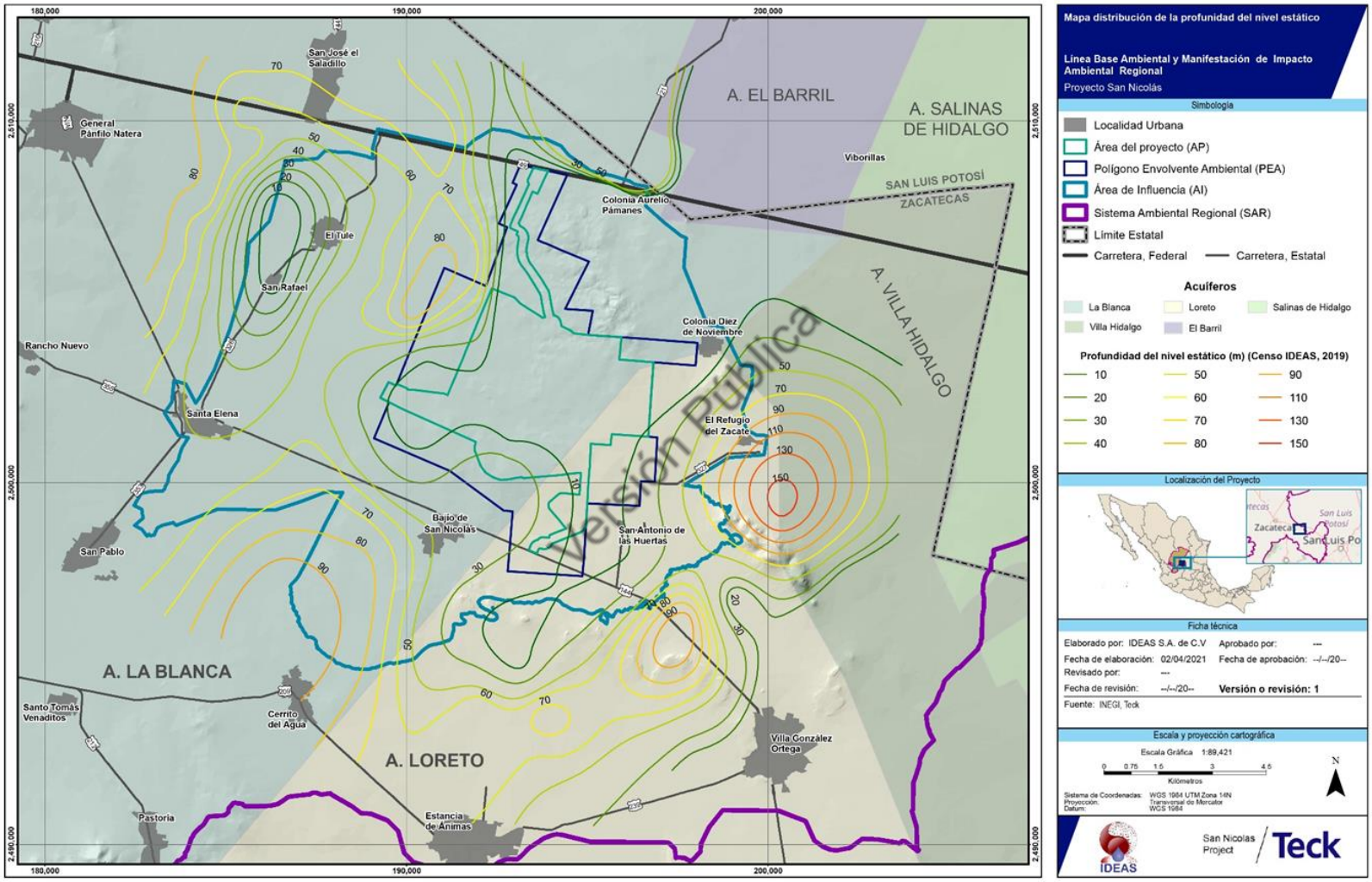


Figura IV.39 La profundidad al nivel estático (m) en pozos del Área de Influencia.

Los rangos de elevación de 2,001 a 2,050 msnm y de 2,151 a 2,200 presentan en menor proporción la cantidad de aprovechamientos con el 5% y 3%, respectivamente, de los aprovechamientos censados.

En la **Figura IV.40**, se representa la configuración de la elevación del nivel estático en pozos donde se señala la dirección del flujo subterráneo. En este caso se presentan dos direcciones de flujo preferenciales, las mayores elevaciones se presentan con coincidencia del límite entre los acuíferos administrativos La Blanca y Loreto, a partir del cual divergen dos direcciones de flujo, una de ellas hacia el oeste donde el flujo fluye hacia las zonas donde se localizan los lagos el Tule y el Sapo, desde los 2,130 a los 2,010 msnm; con dirección al lago el Sapo, se observa la presencia de un cono de abatimiento, esto en coincidencia con la zona agrícola conocida como "La Chiripa".

La segunda dirección de flujo es hacia el este (acuífero Loreto y Villa Hidalgo), donde se observan dos áreas, las cuales presentan un abatimiento o cono de depresión. Estos conos de abatimiento se forman a partir de un tránsito de dos direcciones de flujo encontradas, uno que viaja en dirección NW-SE y otro de SE-NW. A partir de las observaciones mencionadas se concluye que el acuífero ya presenta evidencia de zonas de abatimiento como resultado de una extracción intensiva, principalmente debido a la interferencia entre conos por la cercanía entre pozos.

Versión Pública

Profundidad al nivel estático en los pozos del SAR

La información piezométrica a escala del SAR, se obtuvo de los documentos de disponibilidad de agua subterránea en los acuíferos La Blanca, Loreto y Salinas de Hidalgo de CONAGUA (2020a, 2020b y 2020c). La configuración de la profundidad del nivel estático en la zona varió de 20 a 100 metros (**Figura IV.41**), obteniendo las menores profundidades con información del acuífero Salinas de Hidalgo, hacia el este del SAR. Mientras que, en la porción sur, con información de la configuración de niveles para el acuífero Loreto, se observan profundidades de 40 a 70 metros. Las mayores profundidades se obtienen por la configuración de niveles en el acuífero La Blanca, donde los valores son de 30 a 100 metros.

Elevación del nivel estático en los pozos en el SAR

Se utilizó la información de los acuíferos La Blanca, Loreto y Salinas de Hidalgo como se representan más el sistema acuífero dentro del SAR. Como se observa en la **Figura IV.42**, la conformación de la elevación del nivel en la zona del acuífero la Blanca, es muy similar a la observada en la profundidad del nivel. La dirección preferencial en esta parte, es de los alrededores del polígono del acuífero hacia su centro.

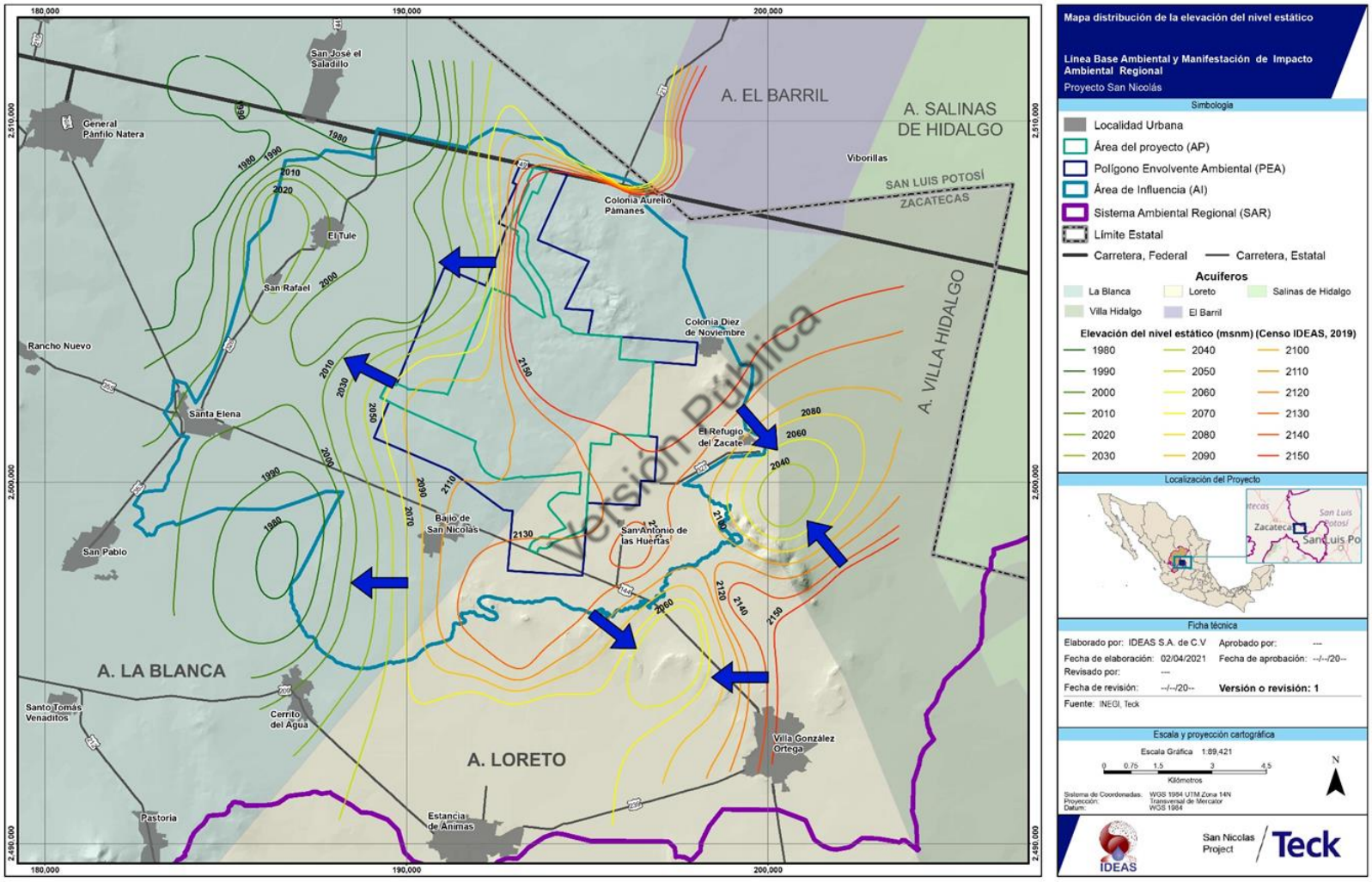


Figura IV.40 La elevación del nivel estático (msnm) en pozos del Área de Influencia.

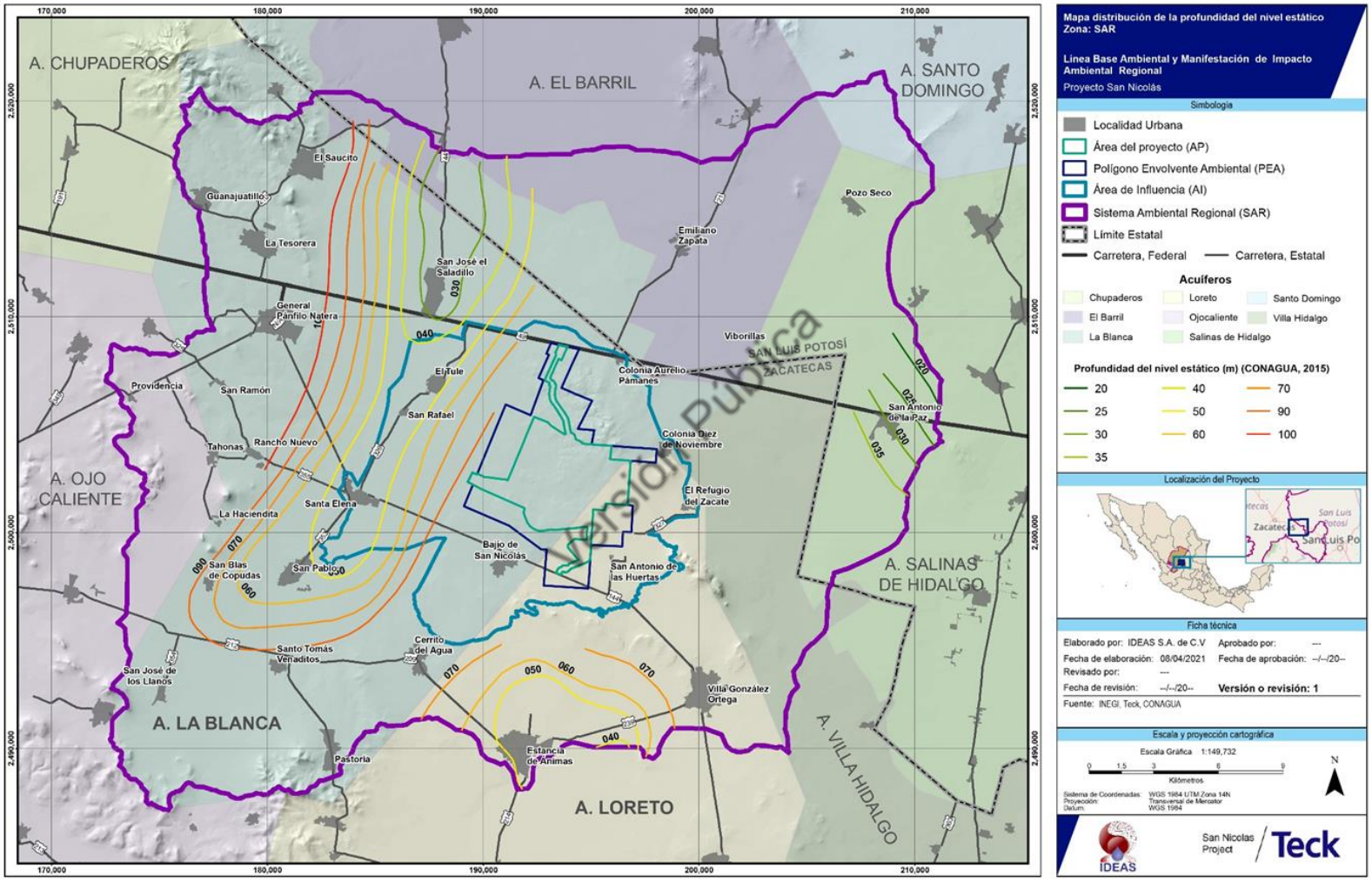


Figura IV.41 La profundidad al nivel estático (m) en los pozos del Sistema Ambiental Regional (SAR).

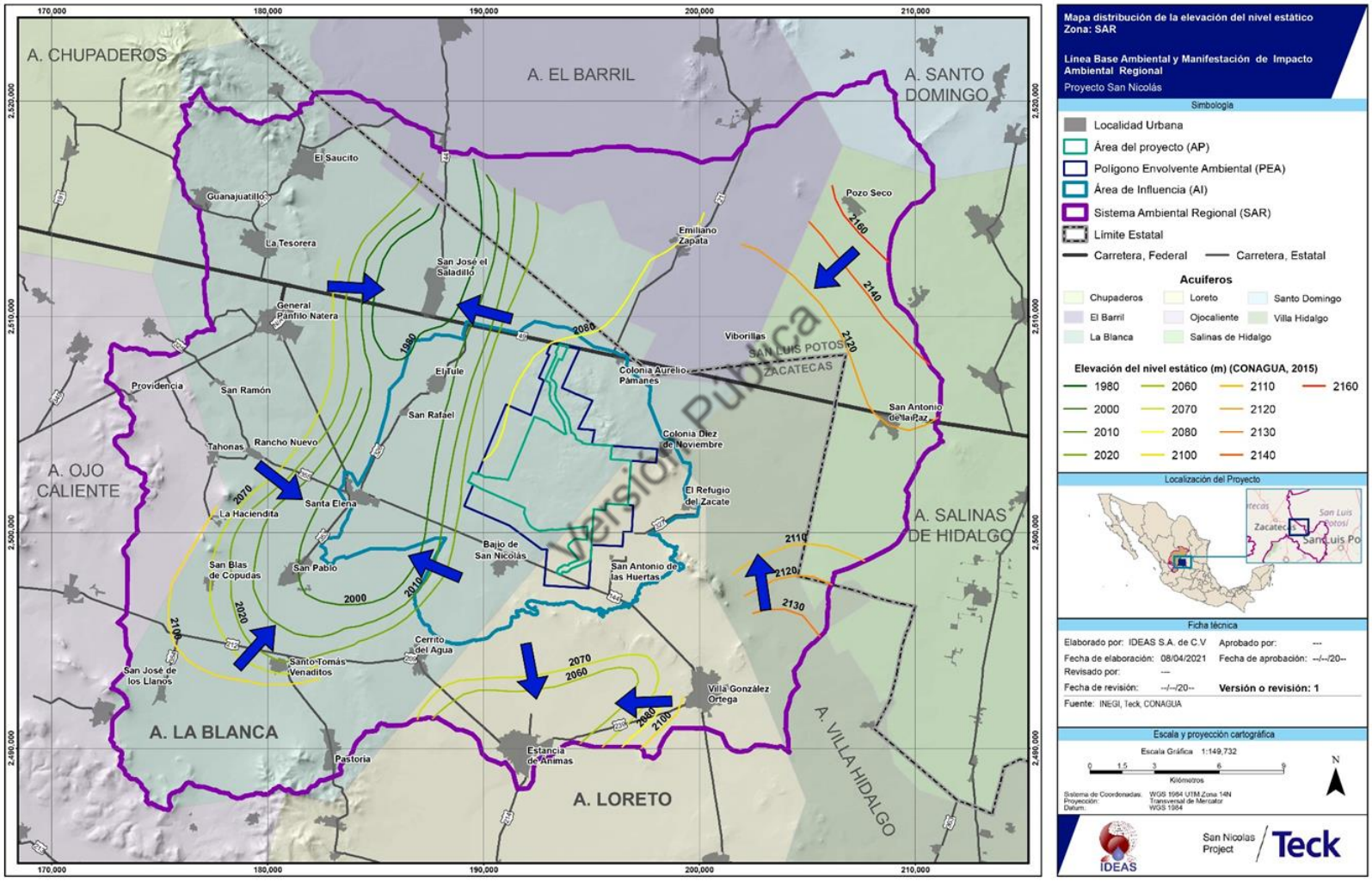


Figura IV.42 La elevación del nivel estático (msnm) en los pozos del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Al norte del SAR se tiene una dirección de noreste a suroeste, que corresponde a la configuración del acuífero Salinas de Hidalgo, al igual que las isolíneas más abajo de estas, que están sobre el acuífero Villa Hidalgo, estas cuentan con una dirección preferencial de sur a norte. En la porción sur del SAR, está la conformación de isolíneas del acuífero Loreto, donde la dirección preferencial del flujo subterráneo es hacia el sur y suroeste. A esta escala regional, no se observa la presencia de conos de abatimiento, sin embargo, en las configuraciones locales, fue posible notarlos.

En el **Anexo IV.23** se presenta el estudio detallado de hidrogeología del SAR y AI, mientras que en el **Anexo IV.24** se presentan los planos con la profundidad y elevación de los niveles estáticos en el SAR y AI.

Parámetros hidráulicos de los acuíferos principales

Para determinar los parámetros hidráulicos de las unidades litológicas que constituyen a los acuíferos, se analizó la información de pruebas de bombeo previamente realizadas (CONAGUA, 2020a). En el caso del acuífero La Blanca, los valores de transmisividad obtenidos varían de $2.0x10^{-5}$ a $2.7x10^{-3}$ m^2/s; y los valores de conductividad hidráulica, considerando un espesor saturado de 100 m, entre $2.7x10^{-7}$ y $2.7x10^{-5}$ m/s (0.02 a 2.3 m/d).

Versión Pública

Los parámetros hidráulicos en el acuífero Loreto establecen que los valores de transmisividad obtenidos varían de $2.0x10^{-5}$ a $1.0x10^{-3}$ m^2/s; considerando un espesor saturado promedio de 60 m, los valores de conductividad hidráulica varían de $3.3x10^{-7}$ a $1.7x10^{-5}$ m/s (0.03 a 1.4 m/d) (CONAGUA, 2020b).

Los parámetros hidráulicos del Acuífero Villa Hidalgo establecieron valores de transmisividad entre 3.5×10^{-5} y 45.6×10^{-3} m^2/s; con un espesor saturado promedio de 80 m, los valores de conductividad hidráulica varían de 4.4×10^{-7} a 5.7×10^{-4} m/s (0.04 a 49.2 m/d), (CONAGUA, 2020c).

IV.3.1.4.2.2. Cálculo de vulnerabilidad conforme al método GOD (NOM-141-SEMARNAT-2003)

Para la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero se emplea el método GOD, el cual se define por la siguiente expresión:

$$VAq = (G)\ (O)\ (D)$$

Donde:

VAq = Índice de vulnerabilidad del acuífero

G = Confinamiento hidráulico del agua subterránea

O = Granulometría y litología sobreyacente

D = Profundidad del agua subterránea

Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G). Es el tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea, su valor se obtiene del **Cuadro IV.20**.

Cuadro IV.20 Confinamiento hidráulico del agua subterránea.

Confinamiento hidráulico	Índice
Surgente o artesiana	0.0
Confinada	0.2
Semiconfinada	0.4
Libre o freática	**0.6**
Subálvea o freática aflorante	1.0

Versión Pública

Granulometría y litología sobreyacente (O). Se refiere a la litología de la zona saturada, es decir, se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas, en consecuencia, mide la permeabilidad, así como la porosidad. Los valores para cada tipo de litología se presentan en el **Cuadro IV.21**.

Cuadro IV.21 Granulometría y litología sobreyacente.

Estratos sobreyacentes			
no consolidadas (sedimentos)	**consolidadas**		**índice**
	(rocas porosas)	**(rocas densas)**	
Arcillas lacustres/estuarinas, suelos residuales			0.4
Limos aluviales, loess, till glacial	Lutitas, pizarras		0.5
Arenas aluviales y fluvioglaciales	**Limolitas, toba volcánica**	**Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas**	**0.6**

Cuadro IV.21 Granulometría y litología sobreyacente.

Estratos sobreyacentes			
no consolidadas (sedimentos)	consolidadas		índice
	(rocas porosas)	(rocas densas)	
Arena eólica	Areniscas	---	0.7
Gravas aluviales y eluviales	---	Lavas recientes	0.8
---	Caliche, calcarenitas	---	0.9
---	---	Calcretitas y calizas karstificadas	1.0

Profundidad del agua subterránea (D). Se utilizará el acuífero menos profundo en la evaluación de la vulnerabilidad, excepto cuando existan pequeños acuíferos colgados. Los valores en función de la profundidad son los siguientes presentados en el **Cuadro IV.22**.

Cuadro IV.22 Profundidad del agua subterránea.

Profundidad	Índice
Mayor a 50 m	**0.60**
Entre 20 – 50 m	0.70
Entre 5 – 20 m	0.80
Menor a 5 m	0.90

Se considera este valor a partir de datos oficiales publicados en el ACUERDO por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales subterráneas del acuífero La Blanca, clave 3228, en el Estado de Zacatecas, Región Hidrológico-Administrativa VII, Cuencas Centrales del Norte (DOF, 22 febrero 2019).

Versión Pública

Vulnerabilidad del acuífero La Blanca

Para las condiciones del acuífero La Blanca los valores asignados a las variables que representan la expresión del método GOD fueron los siguientes:

$$VAq = (G)\ (O)\ (D)$$

G= 0.6 (acuífero libre)

O= 0.6 (Toba volcánica y formaciones volcánicas antiguas)

D= 0.60 (mayor a 50 metros profundidad)

VAq = (0.6) (0.6) (0.60)

VAq = 0.216

Se considerará un acuífero vulnerable cuando el valor de dicho índice sea mayor a 0.25. Para el caso del **acuífero La Blanca**, se ha obtenido un valor de 0.216 en el índice de vulnerabilidad, por lo que el acuífero se clasifica como **acuífero no vulnerable**.

IV.3.1.4.2.3. Disponibilidad de agua subterránea

Los acuíferos que tienen más influencia en el SAR (La Blanca, Loreto, Villa Hidalgo y El Barril), presentan un déficit en la disponibilidad del volumen del agua subterránea.

Como ha sido debidamente descrito en secciones y capítulos anteriores, la fuente de agua considerada para la operación minera es el agua producto del agua de laboreo de las obras del minado superficial, las cuales se encuentran ubicadas específicamente en el acuífero La Blanca.

La disponibilidad media anual en el acuífero La Blanca (3228) se determinó considerando una recarga media anual de 19.0 hm^3/año, de los cuales 17.8 hm^3 son recarga natural y 1.2 hm^3 recarga incidental; para el caso de este acuífero no existen descargas naturales comprometidas, el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 29,008,000 m^3 anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua, con fecha de corte del 20 de febrero del 2020, resultando un déficit de 10,008,000 m^3/año (CONAGUA, 2020a) (**Cuadro IV.23**).

Versión Pública

La disponibilidad media anual en el acuífero Loreto (3229) se determinó considerando una recarga media anual de 32.7 hm^3/año, de donde 29.0 hm^3 es recarga natural y 3.7 hm^3 es recarga incidental; para el caso del acuífero Loreto no existe descarga natural comprometida; para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 81,653,700 m^3 anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua, con fecha de corte del 20 de febrero del 2020, resultando un déficit de 48,953,700 m^3/año (CONAGUA, 2020b) (**Cuadro IV.23**).

Cuadro IV.23 Volumen de agua subterránea disponible en los acuíferos La Blanca y Loreto.

Región hidrológico-administrativa	Entidad federativa	Clave	Acuífero	R	DNC	VEAS				DMA	
						VCAS	VEALA	VAPTYR	VAPRH	Positiva	Negativa (déficit)
				CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES							
VII Cuencas Centrales del Norte	Zacatecas	**3228**	**La Blanca**	**19.00**	**0**	**29.008**	**0**	**0**	**0**	**0.00**	**-10.008**
		3229	Loreto	32.70	0	81.6537	0	0	0	0.00	-48.9537
		3230	Villa Hidalgo	41.0	0	52.1734	0	0	0	0.00	-11.1734
	San Luis Potosí	2402	El Barril	31.6	0	93.6462	0	0	0	0.00	-62.0462

R: recarga total media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción de aguas subterráneas; VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

Versión Pública

En el acuífero Villa Hidalgo (3230) se determinó la disponibilidad media anual considerando una recarga media anual de 41.0 hm^3/año, de los cuales 38.5 hm^3 son recarga natural y 2.5 hm^3 recarga incidental; no existe descarga natural comprometida; el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 52,173,400 m^3 anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua, con fecha de corte del 20 de febrero del 2020, resultando un déficit de 11,173,400 m^3/año (CONAGUA, 2020c) (**Cuadro IV.23**).

Para el acuífero El Barril (2402) se determinó la disponibilidad media anual con una recarga media anual de 31.6 hm^3/año, de los cuales 18.0 hm^3 son recarga natural y 5.6 hm^3 recarga incidental; no existe descarga natural comprometida; el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 93,646,220 m^3 anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua, con fecha de corte del 20 de febrero del 2020, resultando un déficit de 62,046,220 m^3/año (CONAGUA, 2020d) (**Cuadro IV.23**).

El déficit en la disponibilidad del agua subterránea en los acuíferos indica que no existe volumen favorable para otorgar concesiones. Por lo tanto, el volumen máximo que puede extraerse de los acuíferos para mantenerlo en condiciones sustentables corresponde al volumen de recarga media anual que recibe el acuífero.

Hasta el momento se han otorgado en el área del SAR según la base de REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) títulos de concesión, asignación y permisos de descarga que suman una cantidad de 598 aprovechamientos con una descarga total de 37,144,999 m^3 anuales. Las aguas extraídas se destinan al uso doméstico, agrícola/pecuario y público/urbano. En el **Cuadro IV.24** se presenta la cantidad de aprovechamientos y volumen de descarga concesionada en el SAR y la parte que se ubica en el AI. En el **Anexo IV.25** se reporta la base de datos de aprovechamientos de agua subterránea en el SAR, mientras que en el **Anexo IV.26** se incluye el plano de ubicación geográfica de los sitios de aprovechamiento de agua subterránea en el SAR.

Cuadro IV.24 Cantidad de aprovechamientos y volumen de descarga concesionada en el Sistema Ambiental Regional (REPDA-CONAGUA, 2023).

Área de ubicación	Uso destinado	Cantidad de aprovechamientos	Volumen de descarga (m^3/año)
SAR	Doméstico	6	2,402
	Económico (agrícola/pecuario)	367	30,995,298
	Otros usos	17	277,366
	Público/urbano	148	2,324,542
Total		**538**	**33,599,609**
AI	Económico (agrícola/pecuario)	48	3,407,960
	Público/urbano	12	137,431
Total		**60**	**3,545,391**

Versión Pública

El sistema de acuíferos en que se encuentra el SAR está sujeto a las disposiciones de varios decretos de veda; el primero rige en casi la totalidad de superficie del sistema acuífero y es el "Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en los municipios de Noria de Ángeles, Pinos, etc., ubicados en el Estado de Zacatecas", publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 9 de febrero de 1978. Esta veda es de tipo II en la que la capacidad de los acuíferos solo permite extracciones para usos doméstico y abrevadero que se realicen por medios manuales.

En una pequeña porción de la región occidental rige el "Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona del Estado de Zacatecas, que comprende la cuenca media del río Aguanaval y otros", publicado en el DOF el 16 de mayo de 1960. Esta veda se clasifica como tipo III que permiten extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

Al norte se rige el "Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en la zona Villa de Ramos, San Luis Potosí, por lo que se decreta el control de las extracciones, uso o aprovechamiento de aguas del subsuelo de dicha zona" publicado en el DOF el 6 de junio de 1960. Esta veda es de tipo II en la que la capacidad de los acuíferos solo permite extracciones para usos doméstico y abrevadero.

Al este se rige el "Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 21 acuíferos que se indican" para el uso libre de agua. Este acuerdo general fue publicado en el DOF el 5 de abril de 2013 no permite la perforación, ni la construcción de obras para la extracción de aguas del subsuelo, ni incrementar el volumen previamente autorizado.

IV.3.1.4.2.4. Análisis de la calidad química del agua subterránea

En el caso de los acuíferos La Blanca y Loreto, solo existe información hidrogeoquímica oficial a través de los estudios reportados en el año 1983 por la SARH y posteriormente por Álvarez R.W. en 2015. En el caso del acuífero La Blanca, los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos demostraron que los valores de concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) variaron de 327 a 1,184 mg/L; únicamente tres muestras superaban el límite máximo permisible de 1,000 mg/L establecido por la NOM-127-SSA1-2021. De acuerdo con la clasificación establecida por la *American Public Health Association* en 1995, el agua del acuífero se clasifica como agua dulce, ya que los valores de conductividad eléctrica fueron inferiores a 2,000 µS/cm y presentaron valores extremos de 550 a 1,850 µS/cm. Los valores más altos de STD y conductividad eléctrica se incrementaron hacia al centro y norte del acuífero, en dirección sur-norte, confirmando con ello la dirección preferencial del flujo subterráneo. Los valores más bajos se presentaron en la región sur y en los flancos oriental y occidental del acuífero, donde se ubican las principales zonas de recarga. Los valores de temperatura variaron de 24.8 a 26.8 °C y el pH de 6.6 a 8.6. La familia que predomina es la bicarbonatada-mixta, que representa agua de reciente infiltración con periodos cortos de residencia, que ha circulado a través de rocas volcánicas y calcáreas. De acuerdo con el criterio de Wilcox, la mayoría de las muestras presentan contenido medio de sales y baja concentración de sodio, y se considera apta para el uso agrícola, sin restricción alguna en el tipo de cultivos y suelos.

Versión Pública

Por su parte, CONAGUA cuenta con una red nacional de monitoreo de la calidad de las aguas nacionales. Para el área de estudio, la información de calidad de agua más reciente data del año 2016. Los resultados que se presentan corresponden a alcalinidad total, conductividad en campo, sólidos disueltos totales, fluoruros totales, dureza total y coliformes fecales (**Cuadro IV.25**).

Cuadro IV.25 Calidad del agua subterránea acuífero La Blanca (CONAGUA, 2016).

Clave	Este	Norte	ALC	CE	SDT	Fluoruros	Coliformes
DLZAC2593	792020	2511694	159	454	312	2.58	1
DLZAC2595M1	798427	2497431	183	436	352	0.88	1
DLZAC2671M1	799965	2501489	264	636	436	1.73	1

***ALC=** Alcalinidad total (mg $CaCO_3$/L), **CE=** Conductividad eléctrica en campo (µS/cm), **SDT=** Sólidos disueltos totales (mg/L), **Fluoruros=** Fluoruros Totales (mg/L), **Coliformes=** Coliformes fecales (NMP/100 mL).

En el caso del acuífero Loreto, se determinó que los valores de las concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) variaban de 350 a 500 mg/L, sin superar el límite máximo permisible de 1,000 mg/L establecido por la NOM-127-SSA1-2021. El agua del acuífero se clasifica como agua dulce, ya que los valores de conductividad eléctrica son inferiores a 2,000 µS/cm y presentan valores extremos de 595 a 1,130 µS/cm. Los valores más altos de STD y conductividad eléctrica se registraron al sur del acuífero y se incrementaron en dirección general norte-sur, confirmando con ello la dirección preferencial del flujo subterráneo. Los valores más bajos se presentaron en la región norte y en los flancos oriental y occidental del acuífero, donde se ubican las principales zonas de recarga. Los valores de temperatura variaron de 23.5 a 32.7 °C y el pH de 7.0 a 7.8, por lo que se concluye que el agua se considera ligeramente alcalina. La familia del agua que predomina es la bicarbonatada-sódica, que representa agua de reciente infiltración, con periodos cortos de residencia, que ha circulado a través de rocas volcánicas. En menor proporción se identificó la familia mixta sódico-bicarbonatada, en la porción central del valle. De acuerdo con el criterio de Wilcox, la mayoría de las muestras representa agua de salinidad media con bajo contenido de sodio intercambiable, y se considera apta para el uso agrícola, sin restricción alguna en el tipo de cultivos y suelos. En menor proporción, corresponde a salinidad alta con bajo contenido de sodio intercambiable, cuya utilización en la agricultura requiere de suelos con buen drenaje, lavados periódicos y/o cultivos tolerantes a la salinidad.

Versión Pública

Para el acuífero Loreto, CONAGUA (2016) reportó los resultados de la calidad fisicoquímica del agua subterránea, con los resultados sobre alcalinidad total, conductividad en campo, sólidos disueltos totales, fluoruros totales, dureza total y coliformes fecales, que se reportan en el **Cuadro IV.26**.

Cuadro IV.26 Calidad del agua subterránea acuífero Loreto (CONAGUA, 2016).

Clave	Este	Norte	ALC	CE	SDT	Flúor	Dureza	Coliformes
DLZAC2586	192956	2465722	167	604	328	1.12	103.45	1
DLZAC2588	196988	2491664	192	1,178	768	2.62	196.70	-
DLZAC2620M1	204574	2489200	265	786	440	1.19	213.70	86
DLZAC2603	806642	2480298	231	659	408	1.65	140.69	1

***ALC=** Alcalinidad Total (mg $CaCO_3$/L), **CE=** Conductividad eléctrica en campo (µS/cm), **SDT=** Sólidos disueltos totales (mg/L), **FLÚOR=** Fluoruros Totales (mg/L), **DUREZA=** Dureza Total (mg $CaCO_3$/L), **COLIFORMES=** Coliformes fecales (NMP/100 mL).

Dada la falta de información sobre la calidad química del agua subterránea en el SAR y AI del Proyecto, se llevó a cabo el monitoreo de agua subterránea en ambas áreas de interés durante los años 2019 y 2020, a través de laboratorios acreditados por la EMA y autorizados por PROFEPA. Para la interpretación de la calidad del agua subterránea se tomaron **como referencia** elementos mayores y normados y los límites máximos permisibles (LMP) de la citada NOM-127-SSA1-2021. Los elementos mayores considerados para este análisis fueron sulfato (SO_4), cloruro (Cl^-), fluoruro (F^-), calcio (Ca), y sodio (NA), los cuales corresponden a los cationes y aniones indicadores de la calidad química del agua subterránea. Los elementos traza analizados fueron arsénico (As), zinc (Zn), cobre (Cu), aluminio (Al) y hierro (Fe), todos ellos en concentraciones totales. Además, se analizaron elementos como coliformes fecales, nitratos y nitrógeno amoniacal.

Versión Pública

Para la caracterización de la línea base ambiental del agua subterránea en el SAR y AI del Proyecto, se llevó a cabo muestreo de agua subterránea en temporadas de lluvias y de secas: durante los meses de julio a noviembre para la temporada de lluvias del año 2019, el mes de junio para la temporada de secas del año 2019; y el mes de julio para la temporada de lluvias 2020, todo esto en diferentes sitios (norias y pozos) distribuidos en el AI y del SAR, aguas arriba y aguas abajo del AP. Todos los análisis de las muestras de agua subterránea colectados fueron realizados por laboratorios con acreditación vigente de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

En el **Anexo IV.28** se presenta el informe detallado de la caracterización de línea base ambiental de la calidad química del agua subterránea; en el **Anexo IV.29** se presenta la base de datos de los muestreos en agua subterránea realizados en los años 2019 y 2020; en el **Anexo IV.27** se reporta el plano con la ubicación de los sitios de muestreo de agua subterránea; mientras que en el **Anexo IV.30** se reportan las cadenas de custodia y bitácoras del muestreo, y en el **Anexo IV.31** los reportes de resultados de los laboratorios acreditados. Cabe señalar que el monitoreo de agua subterránea, aguas arriba y aguas abajo del AP ha continuado en el AI, durante

los años 2021 y 2022, resultados que serán objeto de reporte complementario de línea base ambiental antes del inicio de las actividades del Proyecto.

En el **Cuadro IV.27**, se muestra el resumen de resultados de los elementos analizados en agua subterránea durante las tres temporadas de muestreo para el AI y el SAR. En este cuadro se muestran columnas que indican los siguientes valores estadísticos simples: MIN (concentración mínima), MAX (concentración máxima) y MEDIA (concentración promedio), tanto para las muestras ubicadas en el SAR, como para las del AI. **Como referencia**, en la columna donde se presentan los promedios (Media) de cada parámetro se señalan con rojo aquellos que sobrepasan el límite permisible (LP) de la NOM-127-SSA1-2021, valores también anotados en este cuadro. Además, se señala por cada elemento, el número de muestras cuya concentración es superior al límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021 y el porcentaje que estas representan respecto al número de muestras colectadas.

Cabe señalar que los LP de la NOM-127-SSA1-2021, solo son valores de referencia para este análisis de caracterización inicial, ya que el propósito con la caracterización desarrollada aquí reportada (2019-2020) y que ha continuado desarrollándose en los años 2021 y 2022, es obtener concentraciones de línea base ambiental en agua subterránea, que sean los valores de referencia para determinar la calidad del agua subterránea durante y al término del desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

Los elementos que presentaron valores que sobrepasan los LP de la NOM-127-SSA1-1994 corresponden a fluoruros, coliformes fecales, arsénico, aluminio, hierro, nitratos y nitrógeno amoniacal, tanto en las muestras del SAR, como del AI. De estos elementos, sobresalen el arsénico, fluoruros y coliformes fecales por su valor de la media en el SAR y AI que es superior al LP de la NOM-127-SSA1-2021, con un porcentaje de muestras con concentración superior al 50% del correspondiente LP (**Cuadro IV.27**).

En el **Anexo IV.28** se presenta el análisis de la distribución espacial en el SAR y en el AI de las concentraciones de los elementos analizados en el agua subterránea.

Cuadro IV.27 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)					Sistema Ambiental Regional (SAR)				
			MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM	MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM
Temporada de Secas 2019												
SO_{4T}	mg/L	400	<0.44	208.7	74.9	12	0 (0%)	<0.44	208.7	74.7	21	0 (0%)
Cl_T	mg/L	N/A	<9	83.1	36.1	12	N/A	<9	101.7	33.3	21	0 (0%)
Ca_T	mg/L	N/A	22.4	117.5	49.4	12	N/A	22.4	181.5	61.9	21	N/A
Na_T	mg/L	N/A	4.2	318.5	119.5	12	N/A	4.2	318.5	103.8	21	N/A
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2	0.065	12	8 (67%)	<0.005	0.2	0.047	21	9 (43%)
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.003	0.002	12	0 (0%)	<0.005	0.003	0.002	21	0 (0%)
Zn_T	mg/L	N/A	<0.005	0.183	0.032	12	N/A	<0.005	0.183	0.025	21	N/A
F^-	mg/L	1.5	0.182	5.055	1.887	12	8 (67%)	0.182	5.055	1.791	21	12 (57%)
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	0.27	0.094	12	1 (8%)	<0.05	0.27	0.073	21	1 (5%)
Fe_T	mg/L	0.3	0.005	0.206	0.087	12	0 (0%)	0	0.206	0.069	21	0 (0%)
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>24000	2527	12	8 (67%)	ND	>24000	1707	21	10 (48%)
Nitratos	mg/L	10	0.074	30.672	5.481	12	1 (8%)	0.074	33.485	6.087	21	2 (10%)
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	0.056	2.799	0.373	12	1 (8%)	0.05	2.799	0.335	21	3 (14%)
Temporada de Lluvias 2019												
SO_{4T}	mg/L	400	8.1	176.2	76.9	42	0 (0%)	8.1	502.5	83.9	55	1 (2%)
Cl_T	mg/L	N/A	<9	151.9	40.8	42	N/A	<9	151.9	39.2	55	N/A
Ca_T	mg/L	N/A	12.4	143.7	38.2	47	N/A	12.4	143.7	39.7	67	N/A

Versión Pública

Cuadro IV.27 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)					Sistema Ambiental Regional (SAR)				
			MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM	MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM
Na_T	mg/L	N/A	1.7	282.8	97.2	48	N/A	1.7	282.8	87.1	68	N/A
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2045	0.0751	72	49 (68%)	<0.005	0.2045	0.059	101	58 (57%)
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.139	0.008	72	0 (0%)	<0.005	0.139	0.006	101	0 (0%)
Zn_T	mg/L	N/A	<0.005	0.953	0.053	72	N/A	<0.005	0.953	0.043	101	N/A
F^-	mg/L	1.5	<0.0062	5.576	1.989	42	25 (60%)	<0.0062	5.576	1.97	55	32 (58%)
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	54.03	2.546	48	17 (35%)	<0.05	54.03	1.837	68	18 (26%)
Fe_T	mg/L	0.3	0.003	26.92	1.538	48	13 (27%)	0.003	26.92	1.185	68	18 (26%)
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>24000	1494	44	30 (68%)	ND	>24000	1116	60	35 (58%)
Nitratos	mg/L	10	0.064	35.961	6.026	44	5 (11%)	0.064	35.961	6.238	60	7 (12%)
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	<0.0029	2.93	0.398	42	9 (21%)	<0.0029	6.409	0.566	55	12 (22%)
Temporada de Lluvias 2020												
SO_{4T}	mg/L	400	105.6	430.4	206.8	5	1 (20%)	49.2	430.4	162.5	7	1 (14%)
Cl_T	mg/L	N/A	20.2	279.6	94	5	N/A	15.9	279.6	72.2	7	N/A
Ca_T	mg/L	N/A	22	135.2	45.3	13	N/A	22	135.2	44.4	15	N/A
Na_T	mg/L	N/A	11.9	6059.6	478	18	N/A	11.9	6059.6	402.1	22	N/A
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2073	0.0789	26	18 (69%)	<0.005	0.2073	0.0753	30	20 (67%)
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.126	0.01	26	0 (0%)	<0.005	0.126	0.01	30	0 (0%)
Zn_T	mg/L	N/A	<0.005	0.259	0.056	26	N/A	<0.005	0.259	0.049	30	N/A

Versión Pública

Cuadro IV.27 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)					Sistema Ambiental Regional (SAR)				
			MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM	MIN	MAX	MEDIA	N	N>LP NOM
F^-	mg/L	1.5	0.759	4.842	2.102	5	3 (60%)	0.759	4.842	2.085	7	5 (71%)
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	6.315	0.768	18	6 (39%)	<0.05	6.315	0.632	22	6 (27%)
Fe_T	mg/L	0.3	<0.05	3.311	0.658	18	7 (39%)	<0.05	3.311	0.56	22	7 (32%)
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>8	4	5	3 (60%)	ND	>8	3	7	3 (43%)
Nitratos	mg/L	10	0.067	8.549	3.426	13	0 (0%)	0.067	8.549	3.268	15	0 (0%)
N amoniacal	mg/L	0.5	0.029	0.564	0.168	5	1 (20%)	0.029	0.564	0.144	7	1 (14%)

SO_{4T} = sulfato total; Cl_T = cloruro total; Ca_T = calcio total; Na_T = sodio total; As_T = arsénico total; Cu_T = cobre total; Zn_T = zinc total; F^- = fluoruros; Al_T = aluminio total; Fe_T = hierro total; N = nitrógeno; NMP = número más probable; ND = no detectado; N/A = no aplica; LP NOM = límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021; MIN = Valor mínimo reportado; MAX = Valor máximo reportado; N = Número de muestras analizadas; N>LP NOM = Número de muestras cuya concentración es superior al límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021 (porcentaje de muestras cuya concentración está por arriba del límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021).

Versión Pública

Cabe destacar con relación al arsénico (As), que la distribución de sus mayores concentraciones en el SAR y el AI, sucede sobre todo al sur del AI, en ambos acuíferos (La Blanca y Loreto), por lo que debe existir una distribución de la anomalía geoquímica en la concentración que obedece seguramente a factores naturales, como puede ser la presencia de las mineralizaciones polimetálicas de San Nicolás y El Salvador, y posiblemente también el enriquecimiento bajo condiciones hidrotermales, características ambos del agua subterránea en acuíferos granulares del centro de México (Soto et, 2004; Ortega-Guerrero, 2009; Aguilar-Ortega, 2018). Para el cobre y el zinc, las mayores concentraciones también se observaron al sur del AI, con una distribución similar a las mayores concentraciones de arsénico. Durante los muestreos posteriores se dará seguimiento al arsénico, al cobre y zinc en el agua subterránea, para confirmar esta tendencia de mayor concentración natural en estas áreas al sur del AP y del AI del Proyecto.

Por otra parte, las mayores concentraciones de aluminio y hierro distribuidas dentro y hacia el sur del AP, podrían estar asociadas a anomalías geoquímicas naturales producto de las alteraciones hidrotermales del cuerpo mineralizado de San Nicolás y El Salvador.

Una vez analizadas las concentraciones y distribución de los elementos analizados en el agua subterránea en su estado de línea base en el SAR, se procedió a calcular las concentraciones de las medias por cada elemento en ambas áreas de interés (SAR y AI), diferenciando entre norias y pozos, lo cual se representa en el **Cuadro IV.28**, donde se señala en color rojo los valores de las medias cuya concentración fue superior al LP de la NOM-127-SSA1-2021.

Versión Pública

Cuadro IV.28 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en norias y en pozos muestreados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)			Sistema Ambiental Regional (SAR)		
			MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
NORIAS								
SO_{4T}	mg/L	400	0.22	240.07	**71.53**	0.22	240.07	**73.09**
Cl_T	mg/L	N/A	4.50	151.86	**35.13**	4.50	151.86	**36.06**
Ca_T	mg/L	N/A	12.36	143.66	**42.27**	12.36	143.66	**44.33**
Na_T	mg/L	N/A	1.69	326.24	**95.85**	1.69	326.24	**87.96**
As_T	mg/L	0.025	0.0025	0.2073	**0.0763**	0.0025	0.2073	**0.0677**
Cu_T	mg/L	2	0.00	0.14	**0.01**	0.00	0.14	**0.01**
Zn_T	mg/L	N/A	0.00	0.95	**0.06**	0.00	0.95	**0.06**
F^-	mg/L	1.5	0.00	5.58	**2.02**	0.00	5.58	**2.00**

Cuadro IV.28 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en norias y en pozos muestreados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia (AI) del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)			Sistema Ambiental Regional (SAR)		
			MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
Al_T	mg/L	0.2	0.01	54.03	**2.48**	0.01	54.03	**2.07**
Fe_T	mg/L	0.3	0.01	26.92	**1.52**	0.01	26.92	**1.27**
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	0	24000	**2025**	0	24,000	**1717**
Nitratos	mg/L	10	0.06	35.96	**5.96**	0.06	35.96	**6.65**
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	0.00	2.93	**0.46**	0.00	6.41	**0.65**
POZOS								
SO_{4T}	mg/L	400	87.06	430.45	**141.99**	19.49	502.51	**117.61**
Cl_T	mg/L	N/A	20.25	279.63	**76.03**	9.93	279.63	**48.88**
Ca_T	mg/L	N/A	18.39	117.50	**37.58**	18.39	181.50	**45.49**
Na_T	mg/L	N/A	74.41	6,059.60	**433.15**	26.81	6,059.60	**246.91**
As_T	mg/L	0.025	0.0156	0.1791	**0.0734**	0.0025	0.1791	**0.0463**
Cu_T	mg/L	2	0.00	0.13	**0.01**	0.00	0.13	**0.01**
Zn_T	mg/L	N/A	0.00	0.05	**0.01**	0.00	0.05	**0.01**
F^-	mg/L	1.5	0.76	2.44	**1.75**	0.57	2.46	**1.74**
Al_T	mg/L	0.2	0.00	0.15	**0.04**	0.00	0.15	**0.03**
Fe_T	mg/L	0.3	0.00	1.29	**0.15**	0.00	3.08	**0.20**
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	0	2400	**248**	0	2400	**155**
Nitratos	mg/L	10	0.07	4.58	**3.58**	0.07	5.99	**3.89**
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	0.01	0.56	**0.09**	0.00	0.56	**0.07**

Versión Pública

SO_{4T} = sulfato total; Cl_T = cloruro total; Ca_T = calcio total; Na_T = sodio total; As_T = arsénico total; Cu_T = cobre total; Zn_T = zinc total; F^- = fluoruros; Al_T = aluminio total; Fe_T = hierro total; N = nitrógeno; NMP = número más probable; ND = no detectado; N/A = no aplica; LP NOM = límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021; MIN = Valor mínimo reportado; MAX = Valor máximo reportado.

Los elementos que en la línea base ambiental presentaron una concentración de su media en agua subterránea superior al correspondiente LP de la NOM-127-SSA1-2021, fueron arsénico, flúor, aluminio, hierro, sodio y coliformes fecales, tanto en el SAR, como en el AI (**Cuadro IV.28**). De este cuadro también se puede apreciar lo siguiente:

La concentración media del arsénico rebasa el límite normativo permisible y es similar en norias y en pozos, lo que sugiere que su concentración es similar sin distinción del nivel de profundidad del agua subterránea. A subrayar que con la evolución gradual del límite permisible del arsénico a 0.01 mg/L, deberá darse seguimiento a las áreas que rebasan este límite permisible.

La concentración media del arsénico es mayor en el AI del Proyecto, respecto al SAR, tanto para las norias como para los pozos. Este resultado puede ser atribuido a la mayor concentración de arsénico reportada en los sitios muestreados al sur del AI del Proyecto.

La concentración del flúor rebasa el límite normativo permisible tanto en el SAR como en el AI, en pozos y en norias, sin embargo, en los pozos los niveles de concentración son menores respecto a las norias.

La concentración media del sodio solo rebasa el correspondiente límite normativo permisible (200 mg/L) en los pozos, tanto en el SAR como en el AI.

La concentración media del aluminio y del hierro rebasa su correspondiente LP de la NOM-127-SSA1-2021 únicamente en las norias y no en los pozos, tanto en el SAR como en el AI, lo cual podría ser atribuido a procesos de alteración que enriquecen el agua subterránea más somera.

Versión Pública

Estas evidencias encontradas sobre la química del agua subterránea y en particular sobre los niveles de línea base ambiental reportados previa actividades del Proyecto, confirman la necesidad de mantener un programa de monitoreo del agua subterránea en el SAR y AI del Proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos para determinar la calidad del agua subterránea en los aprovechamientos que parcialmente son utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable, se resume que en gran parte del agua subterránea en el área no presenta una calidad óptima para ser utilizada como fuente de abastecimiento de agua potable, riego agrícola o uso pecuario, puesto que incumplen en uno o más de los límites máximos permisibles de los distintos parámetros analizados. Esto es importante ya que los usuarios de estos aprovechamientos actualmente los utilizan para estos fines, muchos de ellos argumentando que tienen una buena percepción de la calidad del agua (IDEAS, 2019; AOSocial, 2020), sin embargo, los resultados de las evaluaciones demuestran lo contrario en la evaluación de la línea base ambiental realizada para el Proyecto. A pesar de estas concentraciones que rebasan los LP de la NOM-127-SSA1-2021, el agua es comúnmente utilizada en los aprovechamientos, tanto en uso de agua potable, para riego agrícola o uso pecuario.

IV.3.1.5. Aire

IV.3.1.5.1. Evaluación de la calidad del aire

La contaminación atmosférica depende en mayor parte de las actividades humanas las cuales son intensificadas o disminuidas por las condiciones climáticas. Algunos contaminantes causan efectos adversos sobre la salud ocasionando, por ejemplo, enfermedades respiratorias y problemas cardiovasculares (SEMARNAT, 2013).

Existen datos de las emisiones atmosféricas por el Inventario Nacional de Emisiones para cada municipio del país, registrado en el año 2016, donde se reportan las cantidades para dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), compuestos orgánicos volátiles (COV) y para las partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}), partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) y para el amoniaco (NH_3).

Para los municipios donde se ubica el SAR se presenta en el **Cuadro IV.29** las emisiones atmosféricas para el año 2016 registradas por SEMARNAT (2021b). En comparación se presenta las cantidades de emisiones a nivel estatal. Cabe señalar, sin embargo, que estas mediciones se llevan a cabo por SEMARNAT principalmente en áreas urbanas con fuertes influencias antropogénicas, por vehículos automotores y actividades industriales, de ahí que no reflejen necesariamente las condiciones de línea base del SAR, AI y AP.

Versión Pública

Cuadro IV.29 Valores de emisiones para los estados de San Luis Potosí y Zacatecas y los municipios donde se localiza el Sistema Ambiental Regional (SAR), según el Inventario Nacional de Emisiones (2016).

Estado	Municipio	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
San Luis Potosí	Salinas	317.282	186.949	27.916	2,460.192	1,236.850	1,377.042	177.680
	Villa de Ramos	635.365	297.359	30.325	2,108.525	1,548.439	2,169.142	394.472
	Total	**37,453.282**	**25,819.585**	**66,491.926**	**213,603.171**	**91,319.297**	**197,626.879**	**22,349.538**
	General Pánfilo Natera	282.150	148.706	8.947	1,483.067	812.116	2,155.725	321.177
	Ojocaliente	3,104.884	1,895.140	33.369	3,049.081	1,119.961	2,737.893	388.897
	Villa González Ortega	286.106	157.385	6.394	1,190.610	574.075	1,678.893	178.976
Zacatecas	**Total**	**30,339.869**	**20,251.054**	**19,820.870**	**262,502.660**	**72,762.296**	**167,490.900**	**29,767.857**

Todos los valores en toneladas

En el **Cuadro IV.30** se presenta el Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por tipo de fuente para los municipios donde se ubica el SAR (SEMARNAT, 2021). Hay que mencionar que las emisiones de la fuente móvil provienen principalmente de los autos particulares (los compuestos volátiles), de la maquinaria agrícola, y de los tractocamiones y vehículos (>3.8 t). Para la fuente fija que solamente se reportó en el Municipio Ojocaliente se detectó la metalurgia como la causante de la contaminación. En la contaminación proveniente de una fuente de área se destaca la labranza y la ladrillera para las partículas suspendidas y las quemas agrícolas, los incendios forestales y la combustión doméstica para los compuestos volátiles. El amoniaco proviene principalmente de las emisiones de la ganadería y de la aplicación de los fertilizantes.

Cuadro IV.30 Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente (2016) en los municipios donde se localiza el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Tipo de Fuente	Contaminante						
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOX	COV	NH_3
Fuentes móviles	336.259	315.096	74.677	5,905.594	2,754.389	652.605	7.791
Fuente de área	1,794.445	873.422	31.168	4,384.227	185.250	1,467.236	1,453.255
Fuente natural	0	0	0	0	2,346.710	7,998.816	0
Fuentes fijas	2,495.082	1,497.021	1.107	1.656	5.093	0.039	0.156
Total	4,625.786	2,685.540	106.951	10,291.477	5,291.442	10,118.696	1,461.202

Todos los valores en toneladas

Versión Pública

En el estudio de calidad del aire se llevaron a cabo campañas de monitoreo de los parámetros normados PM_{10} y $PM_{2.5}$ (**Cuadro IV.31**) en las áreas del SAR, AI y AP, durante monitoreos llevados a cabo en octubre 2017, mayo 2018, junio 2019, agosto 2019, marzo 2020, agosto 2020, mayo 2021, agosto 2021, abril 2022 y agosto/septiembre 2022.

Cuadro IV.31 Parámetros normativos de calidad del aire objeto del monitoreo para el Proyecto San Nicolás.

Indicador	Parámetro	Periodo	Valor	Unidad	Normas de Referencia
Concentración de parámetros normados	PM_{10}	24 horas	50	$\mu g/m^3$	NOM-025-SSA1-2021
		Anual	20	$\mu g/m^3$	
	$PM_{2.5}$	24 horas	25	$\mu g/m^3$	
		Anual	10	$\mu g/m^3$	

Aun cuando estos valores normativos clasificados como límites permisibles, deben considerarse como **parámetros de referencia**, puesto que su observancia es obligatoria para las autoridades federales y locales que tienen a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire para efectos de proteger la salud de la población, este estudio es de importancia por la frecuente presencia de dispersión de polvos y partículas en zonas áridas, donde la erosión y la desertificación son más intensas por su escasa cobertura vegetal.

Si bien en el AP se presenta una casi completa cobertura vegetal (95%), no es así en el AI (68%), ni en el SAR (43.8%), por lo que la emisión y dispersión de polvos y partículas se verían favorecidas desde el SAR y AI hacia los centros de población ahí existentes, situación que se incrementaría al estar los centros de población prácticamente rodeados de superficies con uso de suelo agrícola. A continuación, se presentan los resultados del estudio de calidad del aire, que consistió en el monitoreo de emisiones mediante el método normativo por alto volumen (HiVol), como se describe en el **Anexo IV.34**.

Comparación de monitoreos de calidad de aire (2017-2022)

Versión Pública

Para el análisis de los resultados en el monitoreo de la calidad de aire, se seleccionaron las mediciones en las 17 estaciones de monitoreo en el SAR con registros de medición de material particulado obtenidos mediante equipos Hi-Vol entre 2017 y 2022, en distintas ubicaciones dentro del SAR como se muestra en el **Anexo IV.35**. Para la determinación de los promedios diarios se procesaron valores medidos en el SAR durante las temporadas de secas y de lluvias del periodo 2017 a 2022. Cabe aclarar que el número de monitoreos (y por tanto también de datos), parece no ser suficiente para tener un cálculo de promedios anuales de línea base de los parámetros de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como lo describe el método de cálculo de la NOM-025-SSA1-2021 (Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, DOF 27/10/2021). El procesamiento de la información involucró la revisión de los reportes de laboratorio para cada evento de monitoreo y la discriminación de valores considerados anómalos. Se prepararon estadísticas para cada evento de monitoreo de manera independiente, las cuales son presentadas en el **Anexo IV.37** y también se calcularon estadísticas para todos los eventos de monitoreo combinados por temporada climática (temporada de secas y temporada de lluvias), las cuales se presentan de manera resumida en el **Cuadro IV.32**.

Cuadro IV.32 Concentración de línea base propuesta para la calidad ambiental por material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en el Sistema Ambiental Regional – Promedio 24 horas

(basada en los monitoreos realizados en el periodo 2017-2022 por el método normado HiVol).

Parámetro	Percentil	Concentración (promedio 24 horas)			Límite NOM-025-SSA1-2021 de referencia	Unidad
		Temporada de Secas	Temporada de lluvias	Temporada de secas y de lluvias		
PM_{10}	100	68	52	68	50 (Se considera el límite normativo al año 5 (2026), año estimado para el inicio de la operación del proyecto minero).	$\mu g/m^3$
	90	63	45	61		
	80	61	36	57		
	70	60	34	54		
	60	59	29	49		
	50	57	26	45		
$PM_{2.5}$	100	40	24	40	25 (Se considera el límite normativo al año 5 (2026), año estimado para el inicio de la operación del proyecto minero).	$\mu g/m^3$
	90	35	20	33		
	80	33	18	30		
	70	33	16	28		
	60	32	14	24		
	50	29	13	21		

Versión Pública

Nota:

50	Representa un valor por encima de 100% del Límite permisible por la NOM-025-SSA1-2021 de referencia.
38	Representa un valor por encima de 75% del Límite permisible por la NOM-025-SSA1-2021 de referencia.
28	Representa un valor por encima de 50% del Límite permisible por la NOM-025-SSA1-2021 de referencia.
22	Representa un valor por debajo de 50% del Límite permisible por la NOM-025-SSA1-2021 de referencia.

De la revisión de la información de línea base obtenida de los monitoreos realizados en el periodo 2017-2022, que se reporta en el **Anexo IV.39**, y en el **Cuadro IV.32,** se puede concluir que no existen suficientes campañas de monitoreo para poder declarar promedios anuales que sean representativos para todo el SAR. En lo referido a promedios diarios; de manera conservadora se decidió utilizar los percentiles 90 de resultados correspondientes a condiciones de 24 horas para representar las condiciones en el SAR, lo cual representa ya valores cercanos a los límites normativos permisibles de la NOM de referencia (por encima del 75%), como se aprecia en el **Cuadro IV.32**.

Debe notarse que para PM_{10} y $PM_{2.5}$, el Percentil 90 de línea base está por encima de los límites establecidos por la NOM de referencia (NOM-025-SSA1-2021). Esto quiere decir que, sin tomar en cuenta las emisiones del Proyecto, el aire tiene actualmente concentraciones altas de material particulado, las cuales son marcadamente más elevadas durante la época seca y disminuyen en la época húmeda.

IV.3.1.5.2. Evaluación del ruido (presión sonora)

Para el estudio de ruido en el entorno del SAR, AI y sitio del Proyecto se seleccionaron a diferentes criterios como accesibilidad, seguridad, áreas de interés (localidades, caminos, etc.) y cercanía al sitio del Proyecto 149 puntos para la medición.

Para la medición se utilizó un equipo lector de sonido de tipo instantáneo, el cual se calibró de acuerdo a lo establecido en el manual de fabricación. El sonómetro utilizado mide la presión sonora instantánea en distintos niveles de ponderación. La presión acústica se define como las variaciones pequeñas en la presión atmosférica ocasionadas por las ondas sonoras; o la diferencia entre la presión instantánea y la presión atmosférica.

Versión Pública

Para facilitar el análisis de los resultados se dividió el SAR en distintas áreas geográficas: norte (“N”), noreste (“NE”), este (“E”), sur (“S”), suroeste (“SO”), oeste (“O”), noroeste (“NO”) y central (“C”). La medición de ruido se realizó con una periodicidad mensual en cada punto de muestreo (**Figura IV.43**). La metodología, la descripción del equipo, y su calibración se reportan en el **Anexo IV.3**; mientras que los resultados por zonas y mensuales detallados se reportan en el **Anexo IV.41**. A continuación, se presenta el resumen anual de los resultados de la medición de ruido en el entorno del paisaje y sus principales fuentes.

En el **Cuadro IV.33** se observan los meses con el promedio general de la presión sonora donde se destacan los meses de junio, julio y agosto con los mayores valores promedio. El análisis de los resultados por zonas se concluyó que, en su mayoría, las lecturas más altas de presión sonora se encontraban en las cercanías de la Carretera Federal 49. Por lo tanto, se puede deducir que en periodos vacacionales (junio, julio y agosto) la presión sonora aumenta como consecuencia del aumento en el tráfico de dicha carretera.

En el promedio general de la presión sonora por zona se observa que los valores más altos se encuentran en el noroeste, norte y sur de la zona de estudio; esto se debe de la cercanía a la Carretera Federal 49 para los primeros dos zonas y en el sur se localizan tres localidades: Noria de Ángeles, Estancia de Ánimas y Villa González, así como la carretera estatal que las intercomunica.

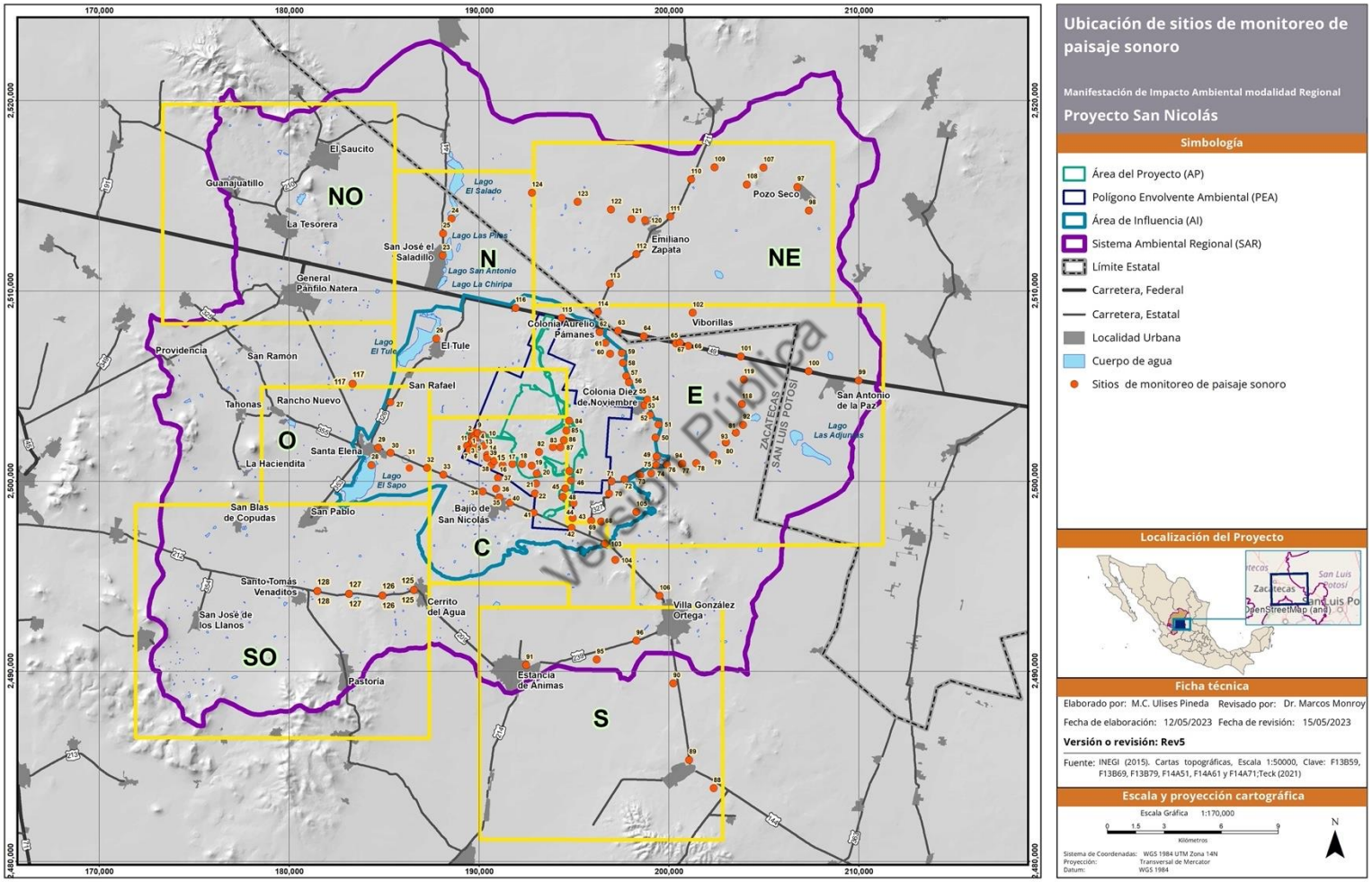


Figura IV.43 Sitios de monitoreo de la presión sonora dentro de la zonificación propuesta en el Sistema Ambiental Regional.

Cuadro IV.33 Promedio de presión sonora mensual y presión sonora promedio por zona.

Mes	Promedio general presión sonora (dB)
Septiembre	40.44
Octubre	40.08
Noviembre	40.09
Diciembre	39.64
Enero	39.80
Febrero	40.86
Marzo	41.11
Abril	40.41
Mayo	41.37
Junio	42.24
Julio	42.01
Agosto	42.13
Septiembre	40.15
Octubre	39.86
Noviembre	39.94
Diciembre	39.85

Zona de estudio	Promedio general presión sonora (dB)
Norte	41.40
Noreste	40.11
Este	40.74
Sur	41.27
Suroeste	40.70
Oeste	40.46
Noroeste	43.88
Central	40.03

Versión Pública

En el **Cuadro IV.34** se presentan los quince valores de presión sonora promediada más altas de la zona de estudio. Los 3 promedios más altos se registraron en los puntos 149, 148 y 146 (47.54, 46.92 y 45.95 dBA, respectivamente). Estos se encuentran sobre la Carretera Federal 49. La carretera es una vialidad con una densidad de tráfico muy alta por lo que se podría considerar un factor que afecta en gran medida al paisaje sonoro. En cuanto al punto 131, este se encuentra sobre la carretera estatal 144, que cruza al SAR en dirección NW-SE, llegando a Villa González Ortega.

Cuadro IV.34 Valores más altos de promedio general por punto de muestreo.

ID	Promedio G (dBA)
149	47.54
148	46.92
146	45.95
147	45.88

Cuadro IV.34 Valores más altos de promedio general por punto de muestreo.

ID	Promedio G (dBA)
65	45.74
99	45.32
115	44.93
100	44.03
116	43.93
63	43.90
67	43.63
66	43.42
37	43.37
101	43.30
131	42.97

Versión Pública

A partir de los resultados obtenidos, se identificaron 3 zonas de interés con respecto al paisaje sonoro y ruido dentro del SAR: Carretera Federal 49, Carretera Estatal 144 y Carretera Ojocaliente-Villa González Ortega.

Además, se consideran zonas de interés por las actividades antrópicas llevadas a cabo en estas localidades: Estancia de Ánimas y Villa González Ortega.

El estudio de paisaje sonoro demostró que las ondas sonoras se encuentran dentro de un rango de 35.08 y 47.24 dBA, por lo general aquellas lecturas anómalas se explican por la existencia de la Carretera Federal 49, la cual en junio, julio y agosto afecta las lecturas tomadas en las cercanías debido al aumento del tránsito en estos meses. El paisaje sonoro del SAR se integra de ondas sonoras de origen antrópico, biótico, climático y geofísico. También se detectaron en algunas lecturas anómalas en las vialidades locales y en los poblados y localidades dentro del SAR. Por lo tanto, se concluye que sí existen ciertas fuentes de emisión de ruido dentro del SAR, lo cual deberá ser confirmado previo inicio de cualquier actividad del Proyecto, por monitoreos de ruido conforme al método normativo especificado por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

IV.3.2. Medio biótico

A continuación, se describen por separado la caracterización y análisis de la vegetación (flora silvestre) y de la fauna silvestre en las áreas de interés del Proyecto: el SAR y el AP, lo cual incluye un análisis que vincula las características e interacciones de los ecosistemas presentes

actualmente en el SAR (línea base) con las implicaciones del cambio del uso del suelo y las actividades relacionadas con el Proyecto. En el **Anexo IV.47** y **Anexo IV.56**, se presenta respectivamente, la descripción de la caracterización correspondiente al AI para la vegetación y fauna silvestre.

IV.3.2.1. Vegetación

IV.3.2.1.1. Caracterización de la vegetación en el SAR

En México se presentan dos grandes divisiones biogeográficas, el Reino Holártico (conjunta las comunidades con mayor cantidad de elementos de afinidad septentrional) y el Reino Neotropical (con mayor número de elementos de afinidad meridional); esta clasificación agrupa a rasgos generales de las comunidades vegetales del país. Rzedowski (2006), definió 17 provincias florísticas que abarcan el territorio mexicano. De acuerdo con esta clasificación, el lado noroeste del SAR y AI, se ubica en el reino Holártico, en la región Mesoamericana de Montaña y dentro de la provincia Sierra Madre Occidental. El resto del SAR, AI y AP, se encuentran en el reino Neotropical, región Xerofítica Mexicana y en la Provincia Altiplanicie (**Figura IV.44**).

Versión Pública

La Región Xerofítica Mexicana y la Provincia Florística Altiplanicie incluyen grandes extensiones del norte y del centro de la República Mexicana, caracterizadas por su clima árido y semiárido y abarca en esta forma aproximadamente la mitad de su superficie. A nivel de especies de flora silvestre, más de 50% de las especies que habitan la Región Xerofítica Mexicana tiene su área restringida a los límites de la misma. Es tan significativa la intervención del elemento autóctono en la flora de esta región, que este prevalece en muchas localidades sobre el neotropical, a nivel de género.

Participan en este elemento, entre otras plantas, numerosas cactáceas, así como especies de los géneros *Agave, Dalea, Dasylirion, Fouquieria* y *Yucca*, que imprimen un sello muy característico a la vegetación de las zonas áridas de México.

La composición florística y condición ecológica de los tipos de vegetación mencionados anteriormente se analizó mediante la revisión bibliográfica, se enriqueció el contenido del formato tradicional utilizado por Natural Environment SC, con la revisión de los índices y formato de diversos estudios de vegetación, tanto regional como específica. Entre los más destacados se encuentran: “Flora y vegetación de La Sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete Zacatecas, México” (Enríquez, Enríquez, Koch, & González-Elizondo, 2003); “Flora del cerro de Piñones, Juchipila, Zacatecas, México” (Balleza, 2000); “Estructura y diversidad de la vegetación en una porción de la sierra el Mascarón, en el Norte de Zacatecas, México” (Lara, 2011); “Flora de la cima

de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México", (Ramírez, Prieto, Koch, Olt, Balleza, Cadengo, Adame, Gonzáles, & Romero, Nápoles, 2016); entre otros.

En el Estado de Zacatecas, se han registrado 3,705 especies de plantas vasculares, distribuidas en 179 familias y 1,045 géneros. Del total de las especies registradas en la entidad, 1,599 especies son endémicas de México y 12 especies endémicas al estado. El Estado de Zacatecas alberga un estimado del 15% del número total de especies vegetales que se han registrado en el país (Villaseñor, 2016).

En el SAR, AI y AP se presentan diferentes tipos de vegetación y se observan variaciones florísticas y fisonómicas, por lo cual se efectuó un diseño de muestreo "Aleatorio estratificado" atendiendo lo propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000). En el **Anexo IV.42** se describe a detalle la metodología para el muestreo de la flora silvestre en el SAR, AI y AP.

Como parte de la caracterización de la vegetación en el SAR, AI y AP, se realizó el levantamiento en los diferentes tipos de vegetación: Matorral Crasicaule, Matorral Desértico Micrófilo, Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo, Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino, Mezquital Xerófilo y Vegetación Halófila. También se registraron los siguientes tipos de vegetación: Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule, Bosque de Mezquite, Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo, Pastizal Natural y Vegetación Secundaria arbustiva de Pastizal Natural.

Versión Pública

En el **Anexo IV.44** se reportan los planos georreferenciados y cuadros de coordenadas UTM (WGS 1984 Zona 14N) de ubicación de los puntos de muestreo de vegetación en el SAR, AI y AP. En la **Figura IV.45** se representa un mapa con la ubicación de los puntos de muestreo de la vegetación en el SAR.

La riqueza florística dentro del SAR, incluye 24 órdenes, 49 familias, 154 géneros y 215 especies de plantas vasculares (**Anexo IV.49**, base de datos del muestreo de la vegetación), donde destacan la familia Asteraceae con 47 especies, Cactaceae con 30 y Poaceae con 25 (**Figura IV.46**). La presencia de las especies en los tipos de vegetación en el SAR varía según las condiciones edáficas y el relieve. De acuerdo con la revisión bibliográfica de listados florísticos de la vegetación presente en el SAR y la información colectada en campo, la cual se detalla en el **Anexo IV.45** (bitácoras de campo del muestreo de vegetación) y **Anexo IV.49** (base de datos del muestreo de la vegetación), la distribución de las especies entre las comunidades vegetales es como se muestra en el **Cuadro IV.35**.



Figura IV.44 Ubicación del Sistema Ambiental Regional con relación a la Provincias Florísticas de México (Rzedowski y Trujillo,1990).

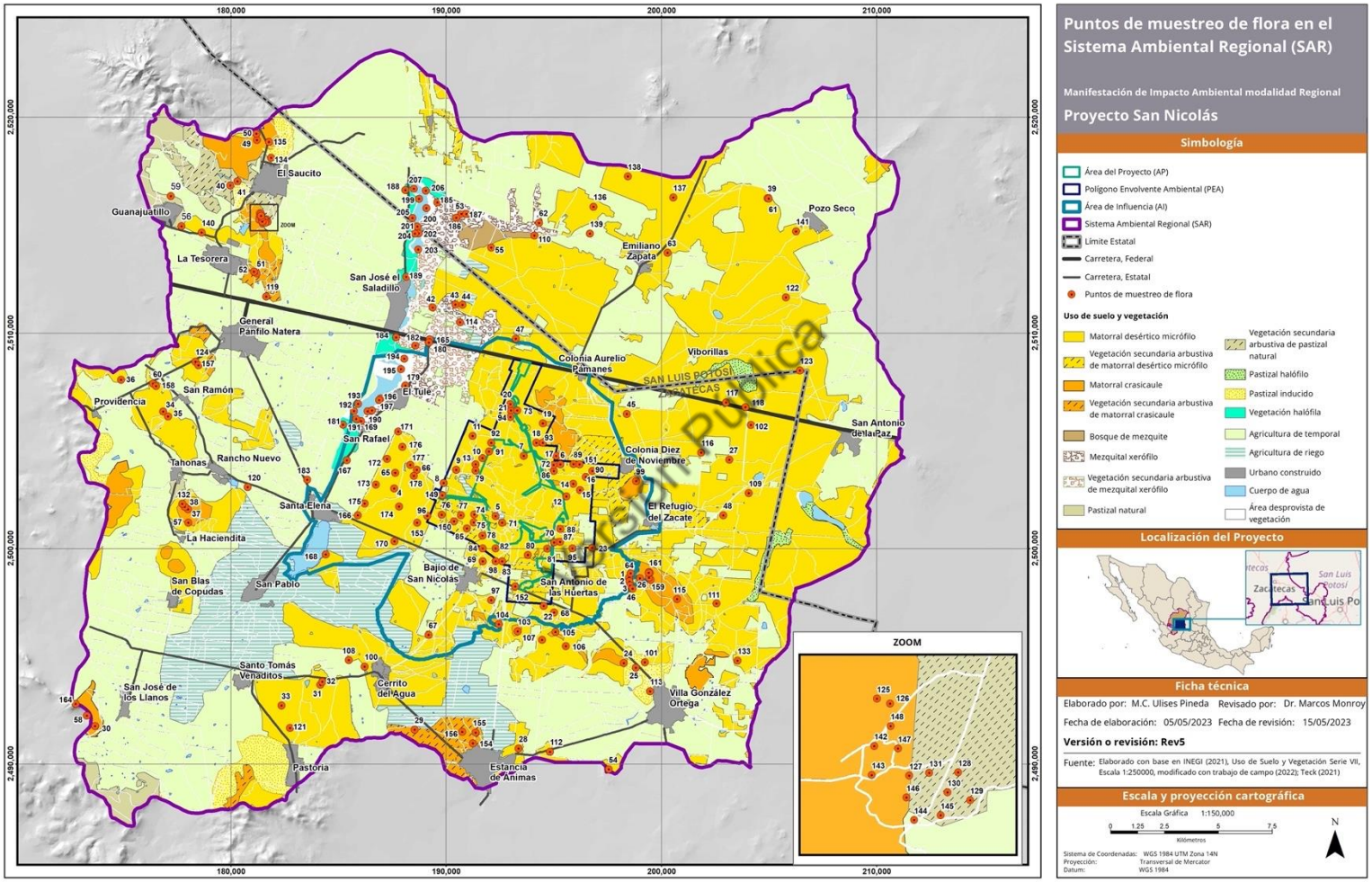


Figura IV.45 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional.

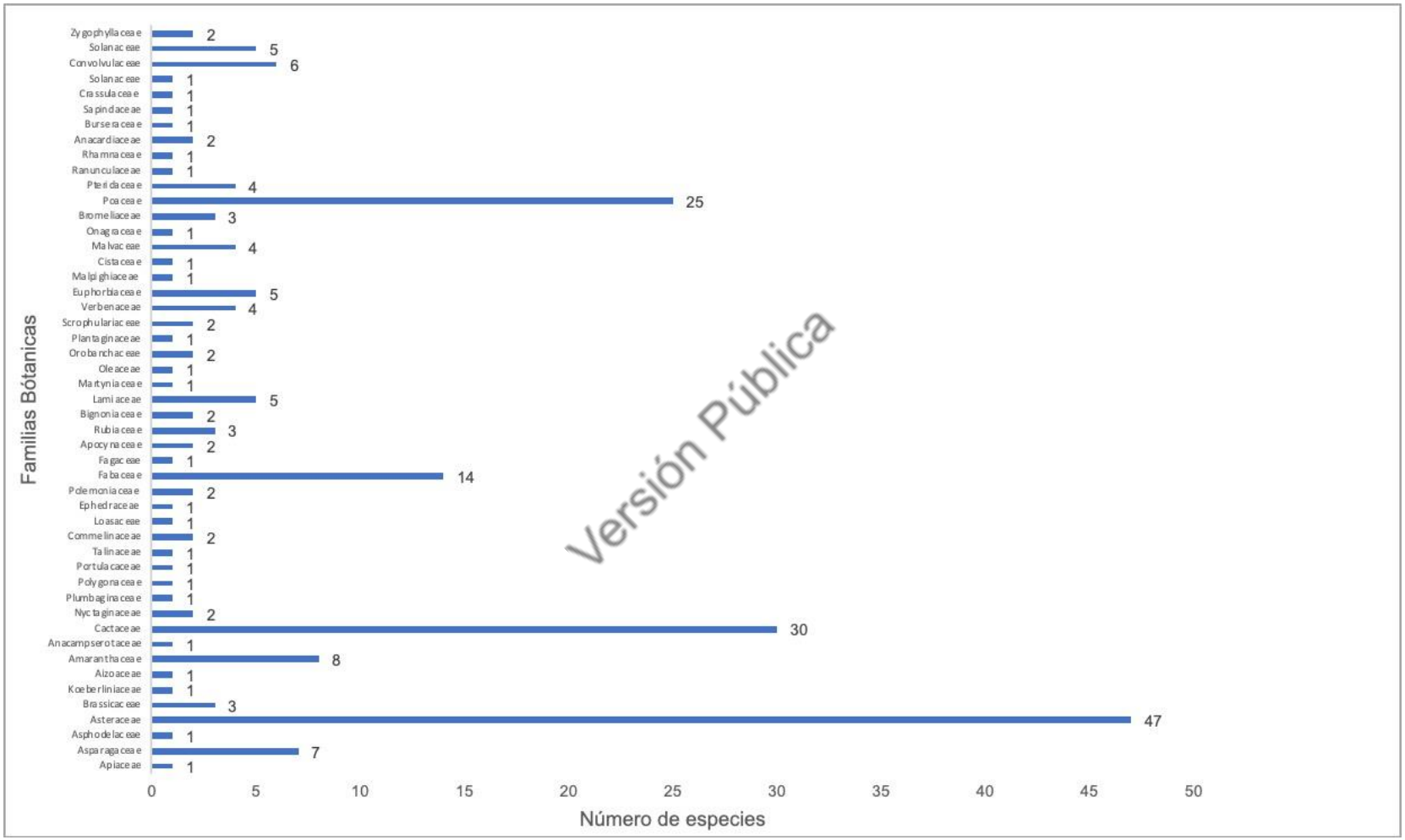


Figura IV.46 Familias botánicas presentes en las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional.

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
1	Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum*	Apio Silvestre				SÍ		
2	Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey verde	SÍ	SÍ			SÍ	SÍ
3		*Manfreda guttata*	Amole			SÍ			
4		*Yucca carnerosa*	Palma	SÍ	SÍ				
5		*Yucca decipiens*	Palma china	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SI
6		*Dasylirion acrotrichum*	Sotol verde	SÍ	SÍ				
7		*Nolina cespitifera*	Cortadillo		SÍ				SÍ
8		*Agave scabra*	Maguey cenizo	SÍ	SÍ			SÍ	SÍ
9	Asphodelaceae	*Asphodelus fistulosus*	Cebollín	SÍ	SÍ				
10	Asteraceae	*Acourtia parryi*		SÍ	SÍ	SÍ			SI
11		*Ageratina adenophora*	Ageratina	SÍ	SÍ		SÍ		
12		*Ageratum corymbosum*	Cielitos		SÍ				
13		*Ambrosia confertiflora*	Estafiate	SÍ	SÍ	SÍ			
14		*Aphanostephus ramosissimus*	Margarita		SÍ	SÍ			
15		*Artemisia ludoviciana*	Estafiate		SÍ				
16		*Aster pauciflorus*	Moradita	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
17		*Bidens aurea*			SI				
18		*Bidens odorata*	Aceitilla	SÍ	SÍ	SÍ			

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
19		*Brickellia laciniata*		SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
20		*Brickellia veronicifolia*	Estrellita	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
21		*Dahlia merckii*	Dalia					SÍ	
22		*Dyssodia papposa*	Flor de muerto	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	
23		*Erigeron zacatensis*	Chalchuan	SÍ	SÍ	SÍ			
24		*Flourensia cernua*	Hojasen	SÍ	SÍ				SÍ
25		*Flourensia dentata*	Hoja sen	SÍ	SÍ				
26		*Galinsoga parviflora*	Estrellita	SÍ	SÍ	SÍ			
27		*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	SÍ	SÍ	SÍ			SI
28		*Helenium mexicanum*	Cabezona		SÍ				
29		*Isocoma veneta*	Damiana	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
30		*Jefea brevifolia*	Hoja corta	SÍ	SÍ			SÍ	SÍ
31		*Machaeranthera pinnatifida*	Árnica		SÍ				
32		*Machaeranthera tanacetifolia*	Árnica		SÍ				
33		*Melampodium perfoliatum*	Ojo de perico	SÍ		SÍ			
34		*Montanoa leucantha*	Talacao	SÍ				SÍ	
35		*Parthenium bipinnatifidum*	Tabardillo	SÍ	SÍ	SÍ			
36		*Parthenium incanum*	Mariola	SÍ	SÍ				SÍ

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
37		*Piqueria trinervia*	Hierba de San Nicolás	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
38		*Pittocaulon praecox*	Palo loco	SÍ					
39		*Pseudognaphalium canescens*	Gordobolo		SÍ	SÍ	SÍ		
40		*Pyrrhopappus pauciflorus*	Dientes de León				SÍ		
41		*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
42		*Stevia salicifolia*	Chacal					SÍ	
43		*Stevia micrantha*	Popotillo plateado	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ	
44		*Tagetes lunulata*	Flor de muerto	SÍ	SÍ				
45		*Tagetes multiflora*	Tagetes	SÍ	SÍ				
46		*Tagetes micrantha*	Anisillo	SÍ	SÍ				
47		*Thymophylla pentachaeta*	Limoncillo	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
48		*Thymophylla setifolia*	Parraleña	SÍ	SI			SÍ	
49		*Tithonia tubiformis*	Palocote	SÍ					
50		*Trixis angustifolia*	Árnica	SÍ	SÍ			SÍ	
51		*Viguiera dentata*	Chamiso			SÍ			
52		*Viguiera quinqueradiata*	Vara blanca	SÍ	SÍ				
53		*Xanthisma spinulosum*	Arnica amarilla	SÍ	SÍ	SÍ			
54		*Zaluzania augusta var. Augusta*	Limpia tuna	SÍ	SÍ				

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
55		*Zaluzania triloba*	Hierba amargosa	SÍ	SÍ	SÍ			
56		*Zinnia acerosa*	Zinia del desierto	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
57	Brassicaceae	*Lepidium virginicum*	Lentejilla		SÍ	SÍ			
58		*Lesquerella fendleri*						SÍ	
59		*Eruca sativa*	Mostacilla	SÍ					
60	Koeberliniaceae	*Koeberlinia spinosa*	Corona de cristo	SÍ					
61	Aizoaceae	*Sesuvium verrucosum*	Romerillos				SÍ		
62	Amaranthaceae	*Amaranthus hybridus*	Quelite	SÍ		SÍ			
63		*Amaranthus spinosus*	Quelite	SÍ	SÍ	SÍ			
64		*Atriplex canescens*	Costilla de vaca			SÍ			
65		*Chenopodium graveolens*	Epazote de zorrillo	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
66		*Salsola tragus*	Rodadora	SÍ	SÍ	SÍ			
67		*Suaeda nigra*	Romerito				SÍ		
68		*Guilleminea densa*	Bola de hilo.			SÍ			
69		*Gomphrena serrata*	Amor de soltero	SÍ	SÍ				
70	Anacampserotaceae	*Talinopsis frutescens*	Flor de arroyo	SÍ	SÍ	SÍ			
71	Cactaceae	*Coryphantha echinoidea*	Biznaga de pezón partido potosina	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	
72		*Coryphantha hintoniorum*	Biznaga partida	SÍ	SÍ				

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
73		*Cylindropuntia leptocaulis*	Tasajillo			SÍ			
74		*Cylindropuntia tunicata*	Cholla clavellina	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
75		*Echinocactus horizonthalonius*	Biznaga meloncillo	SÍ	SÍ				
76		*Echinocereus pectinatus*	Alicoche peine	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
77		*Echinocereus stramineus*	Alicoche	SÍ	SÍ	SÍ			
78		*Ferocactus hamatacanthus*	Bizanga costillona	SÍ	SÍ	SÍ			
79		*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
80		*Grusonia bulbispina*	Choya perritos	SÍ	SÍ	SÍ			
81		*Mammillaria crinita subsp. Crinita*	Biznaga de espinas pubecentes					SÍ	
82		*Mammillaria jaliscana*	Biznaga	SÍ	SÍ				
83		*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
84		*Opuntia albicarpa*	Nopal isabelillo	SÍ	SÍ	SÍ			
85		*Opuntia ficus-indica*	Nopal de castilla			SÍ			
86		*Opuntia hyptiacantha*	Nopal cascarón	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
87		*Opuntia lasiacantha*	Nopal cascarón	SÍ	SÍ	SI			
88		*Opuntia microdasys*	Nopal cegador	SÍ	SÍ			SÍ	
89		*Opuntia rastrera*	Nopal rastrero	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
90		*Opuntia robusta*	Nopal tapón	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
91		*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
92		*Opuntia leucotricha*	Nopal duraznillo	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
93		*Oputia cantabrigiensis*	Nopal cuijo	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
94		*Thelocactus hexaedrophorus*	Biznaga pezón de seis lados	SÍ	SÍ				
95		*Cylindropuntia imbricata*	Cardenchi	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
96		*Echinomastus unguispinus subsp. Laui*	Biznaga	SÍ	SÍ				
97		*Ferocactus histrix*	Biznaga barril de acitrón	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	
98		*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
99		*Stenocactus coptonogonus*	Biznaga ondulada costilluda		SÍ				
100		*Stenocactus phyllacanthus*	Biznaga ondulada	SÍ	SÍ			SÍ	
101	Nyctaginaceae	*Mirabilis jalapa*	Maravilla			SÍ			
102		*Mirabilis albida*		SÍ					
103	Plumbaginaceae	*Plumbago pulchella*	Chilillo medicinal	SÍ					
104	Polygonaceae	*Rumex crispus*	Lengua de vaca				SÍ		
105	Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
106	Talinaceae	*Talinum aurantiacum*			SÍ				
107	Commelinaceae	*Commelina erecta*	Cantillo	SÍ	SÍ				
108		*Tradescantia crassifolia*	Hierba del pollo		SÍ				

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
109	Loasaceae	*Mentzelia hispida*	Pega ropa	SÍ	SÍ				
110	Ephedraceae	*Ephedra compacta*	Sanguinaria	SÍ	SÍ				
111	Polemoniaceae	*Loeselia caerulea*	Banderilla	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
112		*Loeselia mexicana*	Espinosilla	SÍ					
113	Fabaceae	*Vachellia neovernicosa*	Vara prieta	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
114		*Vachellia schaffneri*	Huizache	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
115		*Calliandra eriophylla*	Charrasquillo	SÍ	SÍ			SÍ	SÍ
116		*Cologania obovata*		SÍ					
117		*Dalea bicolor*	Engordacabra	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
118		*Dalea leporina*	Dalea	SÍ	SÍ	SÍ			
119		*Dalea prostrata*	Dalea		SÍ				
120		*Desmodium grahamii*	Correhuela	SÍ	SÍ	SÍ			
121		*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	SÍ	SÍ				
122		*Mimosa zygophylla*	Uña de gato						SÍ
123		*Mimosa aculeaticarpa*	Garabatillo	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
124		*Prosopis laevigata*	Mezquite	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
125		*Senna mensicola*		SÍ	SÍ				SÍ
126	Fagaceae	*Quercus cordifolia*	Encino					SI	

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
127	Apocynaceae	*Funastrum clausum*	Bejuco revientachivo	SÍ					
128		*Asclepias linaria*	Romerillo	SÍ	SÍ			SÍ	SÍ
129	Rubiaceae	*Hedyotis rubra*			SÍ		SÍ		
130		*Houstonia rubra*			SÍ				
131		*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
132	Bignoniaceae	*Chilopsis linearis*	Mimbre		SÍ				
133		*Tecoma stans*	Tronadora	SÍ					
134	Lamiaceae	*Salvia ballotiflora*	Mejorana	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
135		*Salvia reflexa*	Hierba del gallo	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	
136		*Salvia tiliifolia*	Chía cimarrona	SÍ	SÍ	SÍ			
137		*Stachys coccinea*	Mirto	SÍ	SÍ				
138		*Marrubium vulgare*	Marrubio			SÍ			
139	Martyniaceae	*Proboscidea louisiana*	Toritos	SÍ					
140	Oleaceae	*Forestiera angustifolia*	Panalero	SÍ	SÍ	SÍ			
141	Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Garañona				SÍ		
142		*Orobanche ludoviciana*		SÍ					
143	Plantaginaceae	*Penstemon roseus*		SÍ					
144	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán			SÍ			
145		*Buddleja scordioides*	Escobilla	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
146	Verbenaceae	*Verbena bipinnatifida*	Alfombrilla	SÍ					
147		*Citharexylum brachyanthum*	Agrito	SÍ	SI				
148		*Verbena canescens*	Verbena	SÍ			SÍ		SÍ
149		*Aloysia gratissima*	Vara dulce	SÍ	SÍ	SI			
150	Euphorbiaceae	*Acalypha phleoides*	Hierba del cáncer		SÍ				
151		*Acalypha monostachya*	Hierba del cáncer		SÍ				
152		*Jatropha dioica*	Sangre de drago	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
153		*Euphorbia heterophylla*	Golondrina	SÍ		SÍ			
154		*Euphorbia serpens*	Hierba de la golondrina		SÍ			SÍ	
155	Malpighiaceae	*Aspicarpa hirtella*		SÍ					
156	Cistaceae	*Helianthemum glomeratum*	Hierba de la gallina		SÍ	SÍ			
157	Malvaceae	*Malva parviflora*	Malva		SÍ				
158		*Sida abutifolia*	Malva	SÍ	SÍ				
159		*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	SÍ	SÍ	SÍ			
160		*Sphaeralcea hastulata*				SÍ			
161	Onagraceae	*Calylophus hartwegii*	Onagra		SÍ				

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
162	Bromeliaceae	*Tillandsia tortilis*						SÍ	
163		*Tillandsia recurvata*	Gallinitas	SÍ	SÍ	SÍ			
164		*Hechtia podantha*	Guapilla	SÍ				SÍ	
165	Poaceae	*Aristida adscensionis*	Tres barbas anual	SÍ	SÍ		SÍ		SÍ
166		*Aristida divaricata*	Tres barbas abierto	SÍ	SÍ				
167		*Bothriochloa barbinodis*	Popotillo plateado	SÍ	SÍ				
168		*Bouteloua hirsuta*	Pasto navajita	SÍ	SÍ				
169		*Bouteloua reederorum*	Zacate rueda	SÍ	SÍ				
170		*Bouteloua gracilis*	Zacate navajita	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	
171		*Bouteloua simplex*	Navajita simple	SÍ	SÍ				SÍ
172		*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	SÍ	SÍ				SÍ
173		*Cenchrus ciliaris*	Pasto Buffel		SÍ	SÍ			
174		*Chascolytrum subaristatum*				SÍ			
175		*Chloris virgata*	Barbas de indio	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
176		*Distichlis spicata*	Huizapol		SÍ				
177		*Echinochloa crus-galli*	Pasto mijillo		SÍ				
178		*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
179		*Eragrostis pectinacea*	Zacate	SÍ	SÍ				SÍ
180		*Erioneuron avenaceum*	Falso tridente avenaceo	SÍ					

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
181		*Erioneuron pilosum*	Zacate borreguero	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
182		*Erioneuron pulchellum*	Pasto borreguero	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ
183		*Hopia obtusa*	Zacate guía	SÍ	SÍ				
184		*Lycurus phleoides*	Palo bobo	SÍ	SÍ				SÍ
185		*Muhlenbergia arenicola*		SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
186		*Muhlenbergia rigida*	Grama	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
187		*Muhlenbergia emersleyi*	Cola de zorra	SÍ	SÍ				
188		*Rhynchelytrum repens*	Pasto rosado	SÍ	SÍ				
189		*Setaria grisebachii*	Zacate tempranero	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
190	Pteridaceae	*Astrolepis cochisensis*	Helecho		SÍ			SÍ	
191		*Astrolepis sinuata*	Helecho	SÍ	SÍ	SÍ		SÍ	SÍ
192		*Cheilanthes bonariensis*	Helecho	SÍ	SÍ				
193		*Cheilanthes bonariensis*	Helecho	SÍ				SÍ	
194	Ranunculaceae	*Clematis drummondii*	Barba de viejo	SÍ	SÍ				
195	Rhamnaceae	*Condalia ericoides*	Abrojo		SÍ				SÍ
196	Anacardiaceae	*Rhus microphylla*	Agrito	SÍ	SÍ				
197		*Schinus molle*	Pirul	SÍ					
198	Burseraceae	*Bursera fagaroides*	Cuajiote	SÍ					
199	Sapindaceae	*Dodonaea viscosa*	Jarilla					SÍ	

Versión Pública

Cuadro IV.35 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Sistema Ambiental Regional (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; MKX = Mezquital Xerófilo; VH = Vegetación Halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VsaMDM = Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

ID	Familia	Especie	Nombre común	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
200	Crassulaceae	*Echeveria mucronata*	Conchita	SÍ					
201	Solanaceae	*Solanum rostratum*	Mala mujer		SÍ	SÍ			
202	Convolvulaceae	*Evolvulus alsinoides*	Ojitos azules	SÍ	SÍ				
203		*Ipomoea costellata*		SÍ					
204		*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	SÍ	SÍ	SÍ			
205		*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	SÍ	SÍ				
206		*Cuscuta mitriformis*	Cabellos de ángel	SÍ					
207		*Dichondra argentea*	Oreja de ratón	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
208	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Cilindrillo	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
209		*Nicotiana glauca*	Tabaquillo		SÍ				
210		*Solanum nigrum*	Tomatillo del Diablo	SÍ	SÍ				
211		*Solanum elaeagnifolium*	Trompillo	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
212		*Solanum nigrescens*	Hierba mora	SÍ	SÍ	SÍ			
213	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	SÍ	SÍ	SÍ			SÍ
214		*Tribulus terrestris*	Abrojo		SÍ	SÍ			
TOTAL				**159**	**162**	**97**	**26**	**46**	**59**

Versión Pública

IV.3.2.1.1.1. Cálculo de la Intensidad de muestreo por tipo de vegetación

Para que un muestreo sea representativo y los datos tengan una distribución normal, se recomienda realizar el mayor número de sitios de muestreo posibles, con base en la preparación de modelos matemáticos y considerando la homogeneidad espacial de la variable o comunidad por estudiarse (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Con base en la metodología elegida para el cálculo de la intensidad de muestreo, bajo los parámetros estadísticos que proponen Orozco y Brumér (2002), el nivel de confiabilidad estadística del muestreo es del 95% con un error muestral detallado del 10%. A partir de lo anterior, se calculó la intensidad de muestreo por tipo de vegetación en las áreas de estudio. El desarrollo de los datos para los diferentes tipos de vegetación se resume en el **Cuadro IV.36**.

En el **Matorral Crasicaule (MC)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 63.

En el **Matorral Desértico Micrófilo (MDM)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 85 muestras.

Versión Pública

En la **Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VsaMDM)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 10 muestras.

En el **Mezquital Xerófilo (MKX)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 25 muestras.

En la **Vegetación Halófila (VH)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 18 muestras.

En la **Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VsaBQ)**, el número de muestras necesarias para obtener una confiabilidad estadística del 95% y un error muestral del 10%, es de 5 muestras.

Enseguida, con el fin de conocer la eficacia de los datos de riqueza obtenidos, se efectuaron curvas de acumulación de especies, por cada tipo de vegetación, lo cual se expone a continuación por cada tipo de vegetación.

Cuadro IV.36 Cálculo de tamaño de muestra del tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto (Y = Promedio muestral, S= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, E= Error de muestreo, f= Grados de libertad, T= T de prueba de student).

N° de sitios	Tipo Vegetación	Y	S	CV	E	f	T	Número de muestras
20	MC	51.25	19.50	38.04	10.00	19.00	2.09	**63**
20	MDM	49.65	21.87	44.04	10.00	19.00	2.09	**85**
10	VsaMDM	25.30	3.65	14.44	10.00	9.00	2.26	**10**
20	MKX	36.15	8.66	23.95	10.00	19.00	2.09	**25**
10	VH	6.00	1.15	19.25	10.00	9.00	2.26	**18**
4	VsaBQ	337.75	23.67	7.01	10.00	3.00	3.18	**5**

Versión Pública

IV.3.2.1.1.2. Curvas de acumulación de especies por tipo de vegetación en el SAR

Las curvas de acumulación de especies, muestran el resultado obtenido de la riqueza verdadera observada en campo, comparado con las estimaciones de los modelos no paramétricos de Chao y ACE, los cuales se ejecutaron mediante el paquete de datos estadísticos EstimateS, (Chao, Chazdon, Colwell, y Shen, 2005). Cabe mencionar que las gráficas obtenidas presentan los siguientes datos:

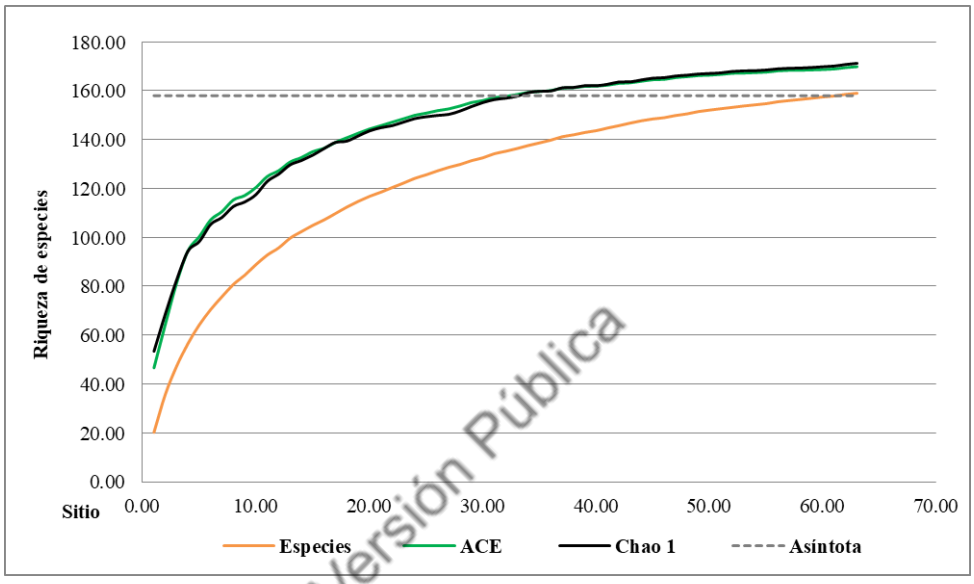
- **Sitio:** Número de muestras.
- **Especies**: Media de número de especies en muestras agrupadas.
- **ACE**: Estimador de riqueza de especies basado en cobertura de abundancia, media entre muestras.
- **Chao 1**: Estimador de riqueza.
- **Asíntota**: Tendencia lineal de los datos.

Matorral Crasicaule (MC)

La riqueza observada en la vegetación de Matorral Crasicaule dentro del SAR es de 159 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota definida a partir de los 55 sitios de muestreo, sin embargo, para el análisis de este tipo de comunidad y con base al cálculo estadístico

se realizaron 63 sitios de muestreo. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.47**).

Mediante los datos proyectados en la **Figura IV.47**, se demuestra que el total de sitios realizados son suficientes para conocer la riqueza del MC en el SAR. Según las estimaciones de ACE y Chao, se obtuvo una representatividad del 99.1% y 98.6%, respectivamente, lo cual refleja un alta eficiencia y confiabilidad del muestreo realizado para conocer la riqueza de las especies.



Versión Pública

Figura IV.47 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

La riqueza observada en la vegetación de MDM dentro del SAR, es de 162 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota definida a partir de los 75 sitios de muestreo; sin embargo, para el análisis de este tipo de comunidad y con base al cálculo estadístico, se realizaron 85 sitios de muestreo. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.48**).

Mediante los datos proyectados en la **Figura IV.48**, se demuestra que el total de sitios realizados son suficientes para conocer la riqueza del MDM en el SAR. Según las estimaciones de ACE y Chao, se obtuvo una representatividad del 86.1% y 83.6%, respectivamente, lo cual refleja un alta eficiencia y confiabilidad del muestreo realizado para conocer la riqueza de las especies.

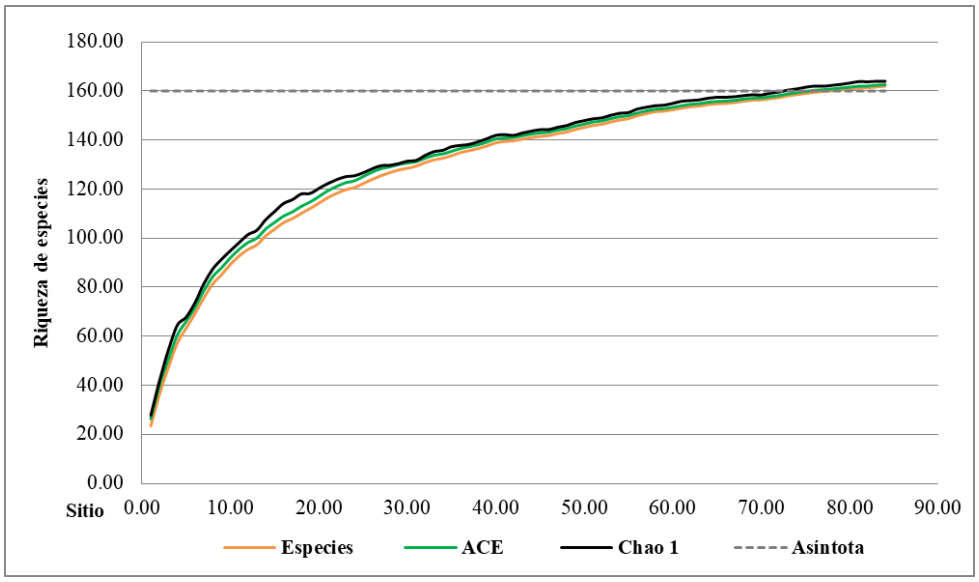


Figura IV.48 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VsaMDM)

La riqueza observada en la Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo dentro del SAR es de 59 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota a partir de los 10 sitios de muestreo, los cuales fueron realizados. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.49**).

Según las estimaciones de ACE y Chao, se obtuvo una representatividad del 98.6% y 96.7%, respectivamente, lo cual refleja un alta eficiencia y confiabilidad del muestreo realizado para conocer la riqueza de las especies.

Vegetación de Mezquital Xerófilo

La riqueza observada en la vegetación de Mezquital Xerófilo dentro del SAR es de 97 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota definida a partir de los 25 sitios de muestreo, los cuales fueron realizados. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.50**).

Según las estimaciones de ACE y Chao, se obtuvo una representatividad del 98% y 96.9%, respectivamente, lo cual refleja un alta eficiencia y confiabilidad del muestreo realizado para conocer la riqueza de las especies.

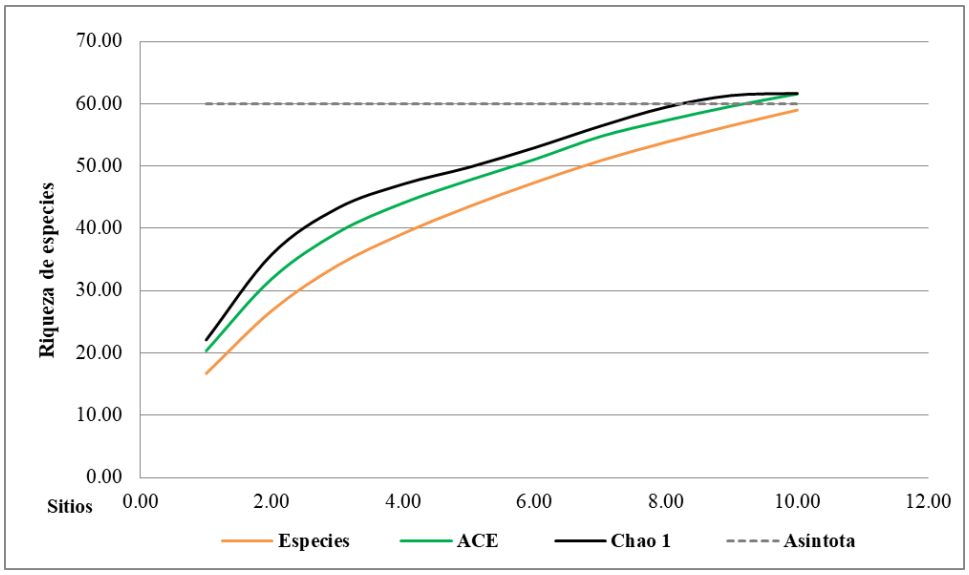


Figura IV.49 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

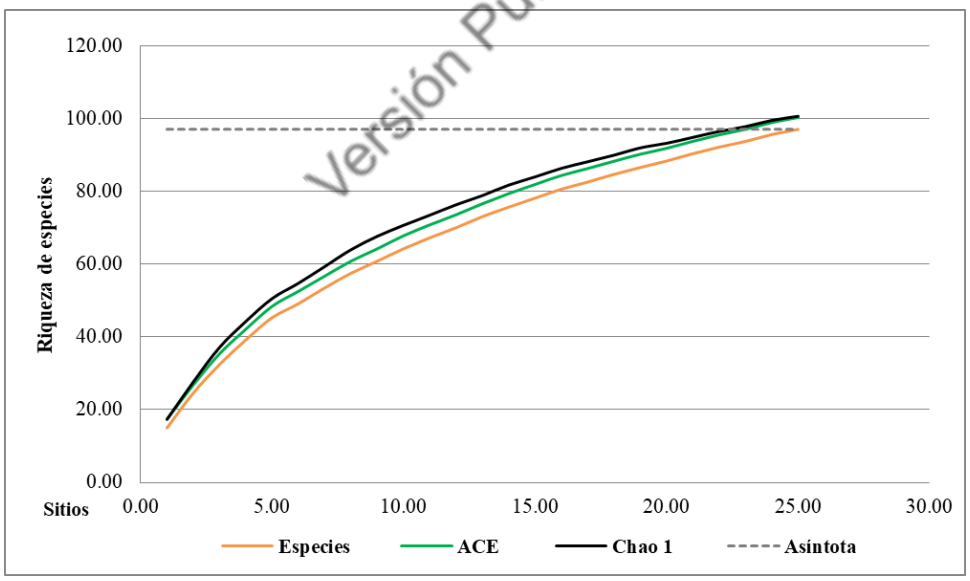


Figura IV.50 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Vegetación Halófila

La riqueza observada en la Vegetación Halófila dentro del SAR es de 26 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota definida a partir de los 15 sitios de muestreo, sin embargo,

para el análisis de este tipo de comunidad y con base al cálculo estadístico, se realizaron 18 sitios de muestreo. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.51**).

En la **Figura IV.51** se puede observar que, dentro de la VH del SAR, la riqueza real y la estimada presentan una asíntota bien definida a partir de los 15 sitios de muestreo, pese a lo cual se realizaron 18 sitios de muestreo para el análisis de esta comunidad vegetal. Mediante estos resultados se puede inferir que se encontró el número total de especies posibles, dentro de la VH en el SAR, las cuales corresponden a 26 especies.

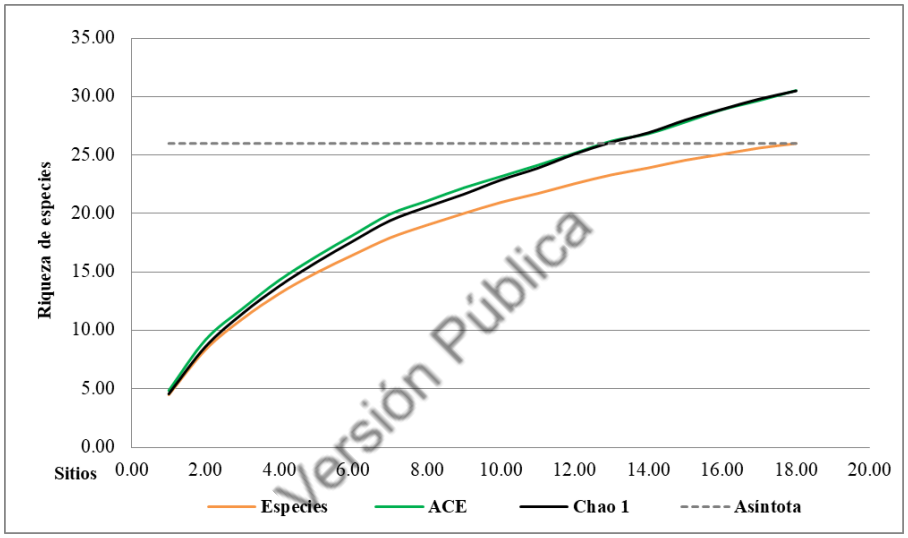


Figura IV.51 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para la vegetación halófita en el Sistema Ambiental Regional.

Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino (VsaBQ)

La riqueza observada en la Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Encino dentro del SAR es de 46 especies de plantas vasculares, con base a 6 sitios de muestreo de vegetación justificados estadísticamente. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo. En la **Figura IV.52** se observa que la curva no presenta una asíntota definida, sin embargo, conforme a lo estimado por ACE y Chao, se obtuvo una representatividad del 100%, respecto a los valores reales observados, lo cual refleja una alta confiabilidad. Con la información presentada se garantiza que la información recabada de riqueza para los análisis de la vegetación con base en los muestreos es representativa y aceptada. Se obtuvieron las curvas de acumulación de especies por tipo de vegetación y área.

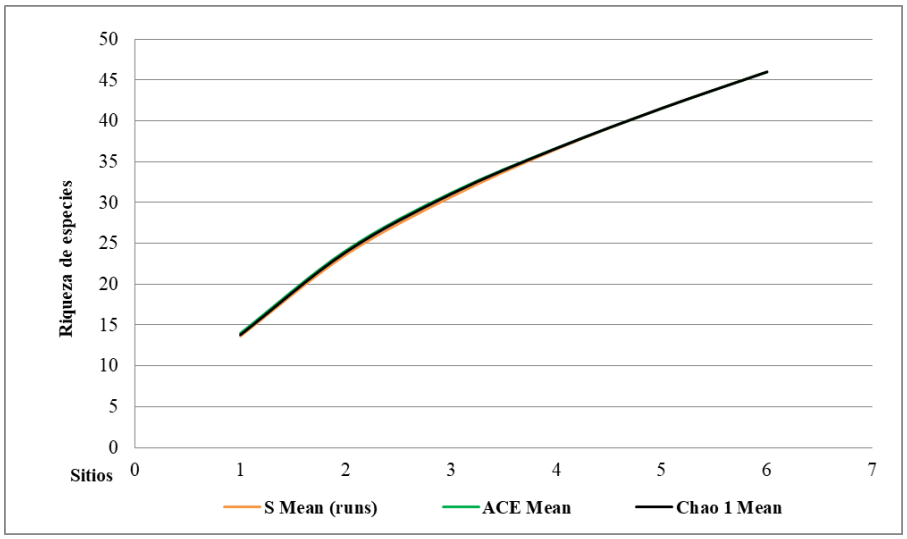


Figura IV.52 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

IV.3.2.1.2. Perfil de vegetación en el SAR

El perfil de vegetación es el esquema de una franja que pretende tener una representación visual de la distribución de las comunidades vegetales en un transecto de longitud variable. Para la elaboración de los perfiles esquemáticos, se emplea la información de uso de suelo y vegetación, así como los datos obtenidos mediante el muestreo en campo, donde se identifican las especies representativas por comunidad vegetal, considerando su hábito de crecimiento (árbol, arbusto, hierba, etc.) y dominancia.

Para la construcción de los perfiles de vegetación, se realizaron perfiles estratigráficos semirrealistas, por especie y por cada tipo de vegetación presente en las áreas de estudio. En el SAR, la estratificación de los tipos de vegetación es el siguiente:

En el **Matorral Crasicaule (MC)**, se determinaron tres tipos de estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está formado por individuos de 1.60 a 8.0 m, entre las especies resaltantes se encuentra *Yucca decipiens* y *Opuntia streptacantha*. El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas oscilan entre 0.05 a 3.70 m, algunas de las especies que destacan en este estrato son *Opuntia hyptiacantha, Mimosa aculeaticarpa* y *Jatropha dioica.* Para el estrato herbáceo se registraron alturas de menor a 0.02 m o hasta 1.50 m, la especies más domínate es *Chloris virgata.* En la **Figura IV.53** se muestra el perfil estratigráfico para el MC.

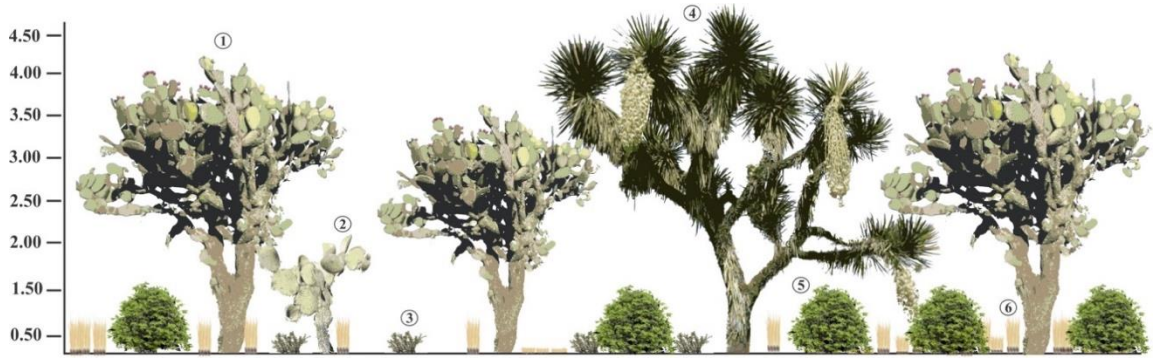


Figura IV.53 Perfil estratigráfico de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Opuntia streptacantha*, 2. *Opuntia hyptiacantha*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Yucca decipiens*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*, 6. *Chloris virgata.*

Para el **Matorral Desértico Micrófilo (MDM)** se registraron tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En el estrato arbóreo está formado por individuos de altura que va de 3.25 a 8 m, representado por las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens*. En el estrato arbustivo, se registraron cuatro especies con alturas que oscilan entre 4.0 y 0.07 m, entre las especies resaltantes se encuentra *Jatropha dioica, Dalea bicolor, Larrea tridentata* y *Mimosa aculeaticarpa*. El estrato herbáceo está integrado por individuos cuyas alturas se encuentran menores a 0.60 m, la especie con mayor proporción de individuos es *Eragrostis intermedia* (ver perfil en la **Figura IV.54**).

Versión Pública

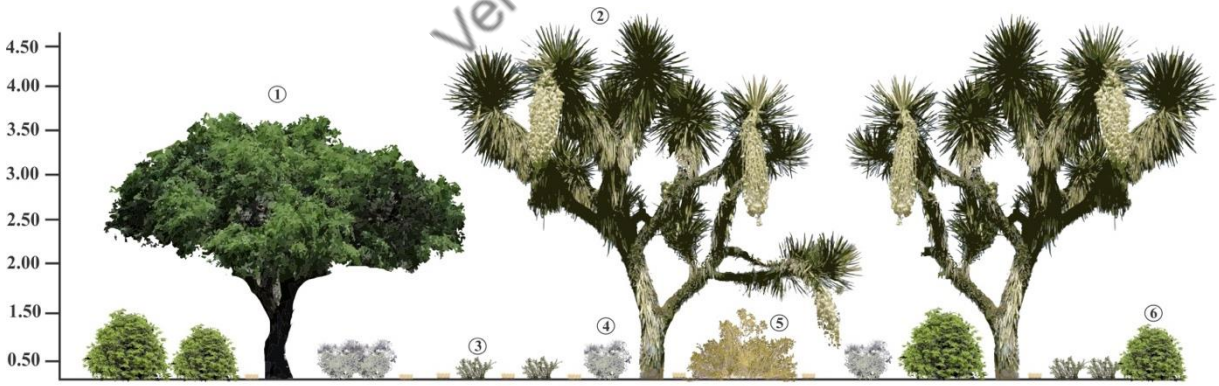


Figura IV.54 Perfil estratigráfico de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Yucca decipiens*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Dalea bicolor,* 5. *Larrea tridentata,* 6. *Mimosa aculeaticarpa*, 7. *Eragrostis intermedia.*

En la **Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VsaMDM)**, se determinaron tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está formado por individuos de hasta 7 m, entre las especies resaltantes se encuentra *Prosopis laevigata* y *Yucca*

decipiens El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas oscilan entre 0.07 a 2.0 m, algunas de las especies que destacan en este estrato son *Mimosa aculeaticarpa* y *Jatropha dioica.* Para el estrato herbáceo se registraron alturas de menor a 0.50 m, la especies más domínate es *Erioneuron pulchellum.* En la **Figura IV.55** se muestra el perfil estratigráfico de la VsaMDM.

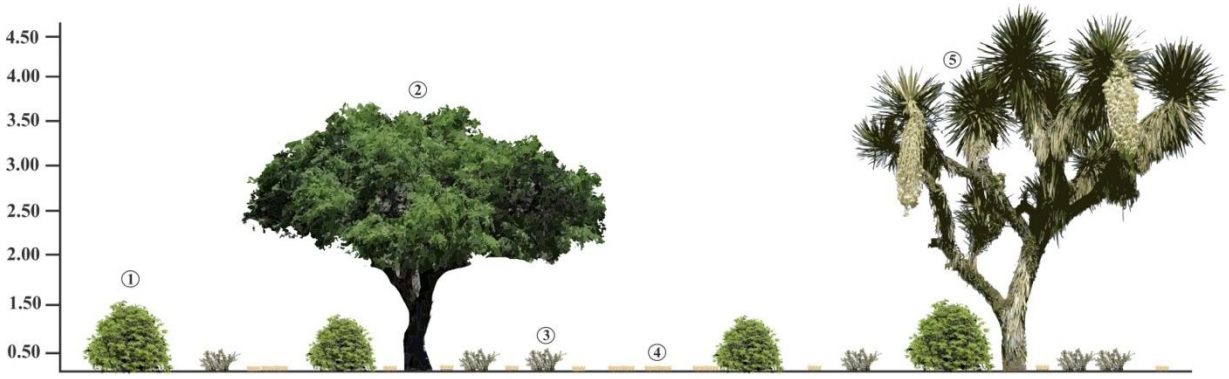


Figura IV.55 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Mimosa aculeaticarpa*, 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Jatropha dioica*, 4. *Erioneuron pulchellum*, 5. *Yucca decipiens*.

Versión Pública

En la **Vegetación de Mezquital Xerófilo (MKX)** se registraron tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está formado por individuos de altura que va de 2.0 a 9.0 m, representado por las especies *Vachellia schaffneri y Prosopis laevigata*. En el estrato arbustivo, se registraron alturas que oscilan entre 0.05 a 4.0 m, entre las especies sobresalientes se encuentran *Vachellia vernicosa* y *Prosopis laevigata*. El estrato herbáceo está integrado por individuos cuyas alturas se encuentran entre 0.02 a 1.5 m, la especie con mayor proporción de individuos es *Muhlenbergia rigida*. En la **Figura IV.56** se muestra el perfil estratigráfico de la VKX.

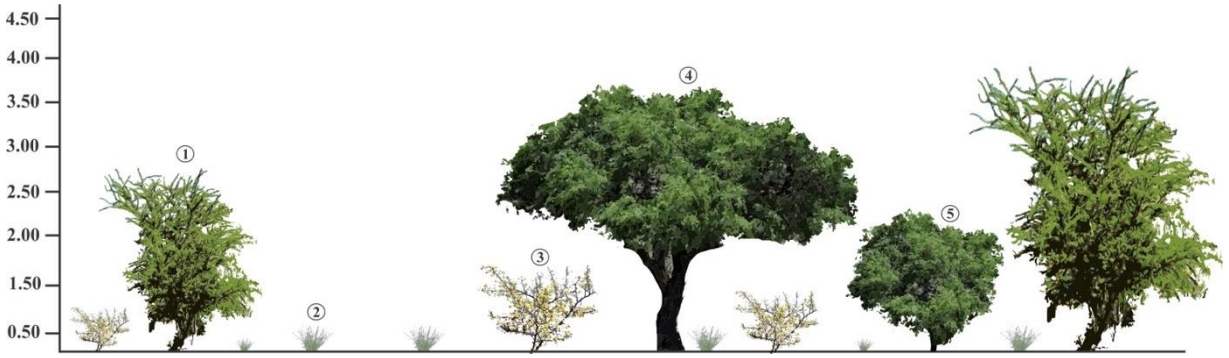


Figura IV.56 Perfil estratigráfico de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Vachellia schaffneri,* 2. *Muhlenbergia rigida,* 3. *Vachellia vernicosa*, 4 y 5 *Prosopis laevigata*.

La **Vegetación Halófila (VH),** solo presentó dos estratos definidos, los cuales son arbustivo y herbáceo. El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas oscilan entre 1.0 a 0.50 m, algunas de las especies que destacan en este estrato son *Brickellia laciniata* y *Opuntia cantabrigiensis*. Para el estrato herbáceo se registraron alturas de 0.02 m a 0.30 m, las especies más representativas son Aristida adscensionis y Portulaca oleracea. En la **Figura IV.57** se muestra el perfil estratigráfico de la VH.

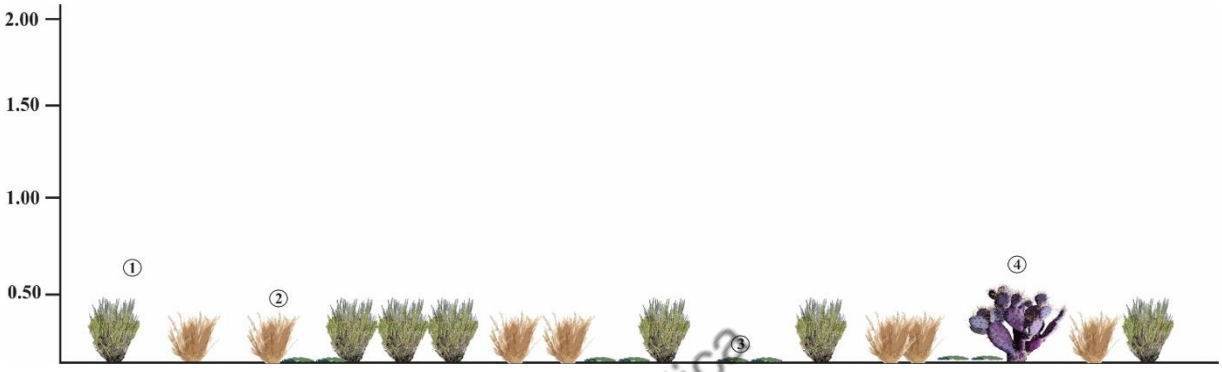


Figura IV.57 Perfil estratigráfico de vegetación halófita en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata,* 2. *Aristida adscensionis*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Opuntia cantabrigiensis.*

Versión Pública

Para el **Vegetación Secundaria arbustiva del Bosque de Encino (VsaBQ)**, sí se registraron los tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está formado por individuos de altura que van de 2 a 5 m, representados por las especies *Quercus cordifolia* y *Yucca decipiens*. En el estrato arbustivo, se registraron especies con alturas que oscilan entre 0.05 y 3.0 m, entre las especies resaltantes se encuentra *Dalea bicolor* y *Dodonaea viscosa.* El estrato herbáceo está integrado por individuos cuyas alturas se encuentran entre 0.05 a 1.5 m, la especie con mayor proporción de individuos es *Muhlenbergia rigida.* En la **Figura IV.58** se muestra el perfil estratigráfico de la VsaBQ.

En la **Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (VsaMC)**, se determinaron tres tipos de estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo está formado por individuos de 1.60 a 8.0 m, entre las especies resaltantes se encuentra *Yucca decipiens*, *Opuntia streptacantha* y *Prosopis laevigata*. El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas oscilan entre 0.05 a 3.70 m, algunas de las especies que destacan en este estrato son *Opuntia hyptiacantha, Mimosa aculeaticarpa* y *Jatropha dioica.* Para el estrato herbáceo se registraron alturas de menor a 0.02 m o hasta 1.50 m, la especies más domínate es *Erioneuron pulchellum.* En la **Figura IV.59** se muestra el perfil estratigráfico para la VsaMC.

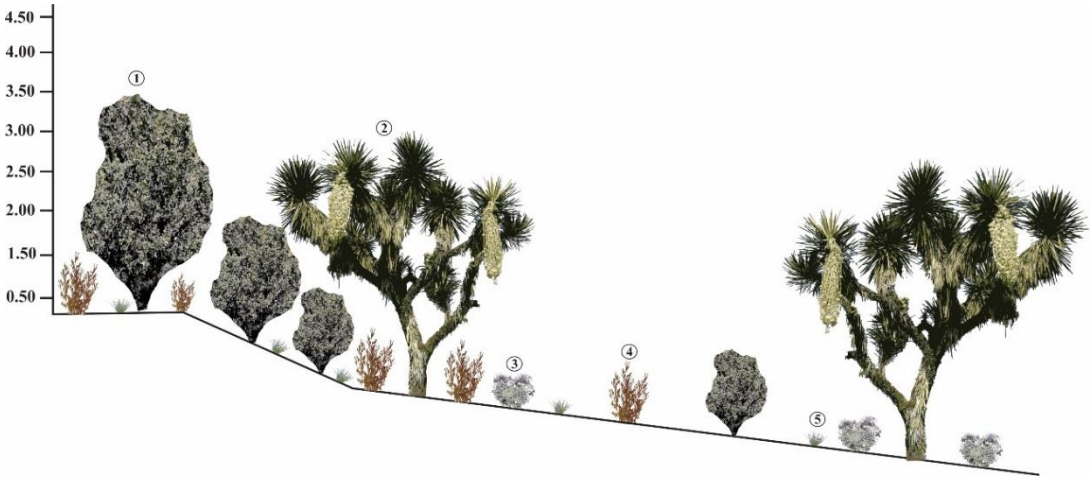


Figura IV.58 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Quercus cordifolia,* 2. *Yucca decipiens*, 3. *Dalea bicolor*, 4. *Dodonaea viscosa*, 5. *Muhlenbergia rigida.*

Versión Pública

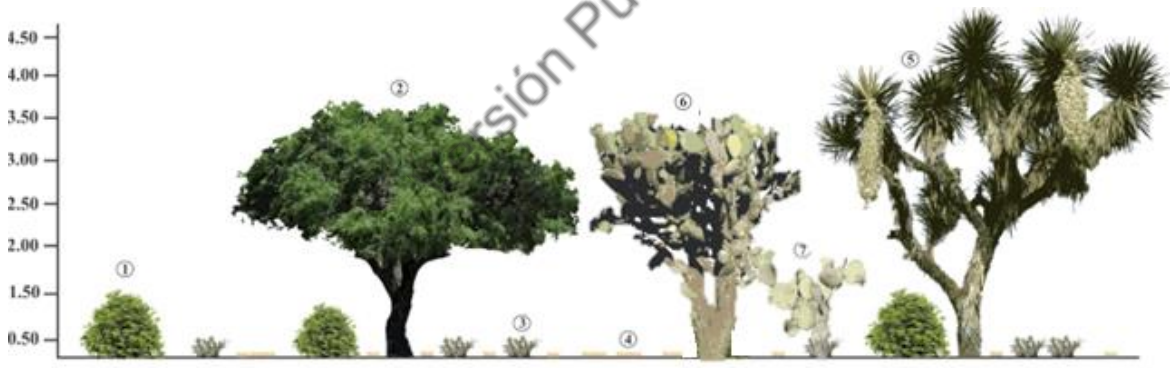


Figura IV.59 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Mimosa aculeaticarpa*, 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Jatropha dioica*, 4 *Erioneuron pulchellum*, 5. *Yucca decipiens*, 6. *Opuntia* streptacantha y 7. *Opuntia hyptiacantha.*

Bosque de Mezquite (BK), el estrato dominante es el arbóreo, formado por *Prosopis laevigata*. El estrato arbustivo se compone por *Vachellia vernicosa,* la cual es la más abundante dentro de este estrato. En el estrato herbáceo, destaca la especie *Muhlenbergia rigida*, entre otras especies de la familia Poaceae. En la **Figura IV.60** se muestra el perfil estratigráfico para el BK.

Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSaMKX), el estrato arbóreo está formado por dos especies dominantes como *Prosopis laevigata* y *Vachellia schaffneri.* En el estrato arbustivo, se destaca las especies *Dalea bicolor* y *Vachellia vernicosa.* Para el estrato herbáceo, la dominancia se registró en las especies *Bouteloua gracilis* y *Muhlenbergia rigida*. En la **Figura IV.61** se muestra el perfil estratigráfico para la VSaMKX.



Figura IV.60 Perfil estratigráfico de bosque de mezquite en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Muhlenbergia rigida* y 3. *Vachellia vernicosa*.

Versión Pública



Figura IV.61 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional, especies:1. *Dalea bicolor*, 2. *Muhlenbergia rigida*, 3. *Vachellia vernicosa,* 4. *Prosopis laevigata*, 5. *Bouteloua gracilis,* 6. *Vachellia schaffneri.*

En el **Pastizal Natural (PN)**, se forma principalmente por el estrato herbáceo con especies como *Brickellia laciniata, Portulaca oleracea, Aristida adscensionis y Bouteloua gracilis.* Se registró también en una alta densidad para el estrato arbustivo el registro de la especie *Dalea bicolor*. En la **Figura IV.62** se muestra el perfil estratigráfico para la VSaMKX.



Figura IV.62 Perfil estratigráfico de pastizal natural en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata*, 2. *Dalea bicolor*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Aristida adscensionis*, 5. *Bouteloua gracilis.*

Para la **Vegetación Secundaria arbustiva de Pastizal Natural (VsaPN)**, se registró para el estrato arbóreo la especie *Prosopis laevigata*, de porte mediano (altura de 1.20 a 1.40 m); para el estrato arbustivo, se registró como especie dominante *Vachellia vernicosa* y *Dalea bicolor*; y en el estrato herbáceo, las especies que se registraron son *Brickellia laciniata*, *Portulaca oleracea*, *Aristida adscensionis* y *Bouteloua gracilis.* En la **Figura IV.63** se muestra el perfil estratigráfico para la VsaPN.

Versión Pública



Figura IV.63 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural en el Sistema Ambiental Regional, especies: 1. *Brickellia laciniata,* 2. *Dalea bicolor*, 3. *Portulaca oleracea*, 4. *Aristida adscensionis*, 5. *Bouteloua gracilis*, 6. *Vachellia vernicosa* y 7. *Prosopis laevigata.*

IV.3.2.1.2.1. Tipos de vegetación y uso de suelo en el SAR

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, escala 1:250,000 publicada por el INEGI y la descarga de imágenes satelitales en el sitio https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home, para la clasificación de la vegetación, muestra que las comunidades vegetales que se distribuyen en el SAR son típicas de la provincia florística

mencionada (**Figura IV.64**). En orden ascendente, los tipos de vegetación y uso del suelo en el SAR son: Agrícola de temporal (43.68%), Matorral Desértico Micrófilo (34.48%), Agrícola de riego (6.30%), Matorral Crasicaule (2.30%), urbano/rural (1.66%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (1.16%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (0.95%), Mezquital Xerófilo (1.15%), Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo (1.05%), Vegetación Halófita Xerófilo (0.50%), Pastizal Natural (0.92%), Vegetación Secundaria arbustiva de Pastizal Natural (0.70%), Pastizal inducido (1.40%), Pastizal halófilo (0.37%) y Bosque de Mezquite (0.21%), (**Cuadro IV.37**). Cabe destacar, según se observa en la **Figura IV.64** se presenta una importante fragmentación de la cobertura vegetal en el SAR, producto de las actividades antropogénicas, principalmente las actividades agrícolas, que representan el 50% de la superficie del SAR, en particular al oeste, sur y noreste del SAR; así como los caminos urbanos y rurales que comunican a los centros de población entre sí y con sus áreas de producción agrícola. Adicionalmente, las actividades pecuarias extensivas han provocado la degradación de la vegetación forestal que constituye la cubierta vegetal, incluso en las vegetaciones primarias de matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule y matorral xerófilo.

Versión Pública

Cuadro IV.37 Uso de suelo y tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	%
Matorral desértico micrófilo	35,481.0133	34.48%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	1,197.3591	1.16%
Matorral crasicaule	2,365.2913	2.30%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	972.3860	0.95%
Bosque de mezquite	216.3430	0.21%
Mezquital xerófilo	1,181.6093	1.15%
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	1,078.3391	1.05%
Vegetación halófila xerófila	517.0926	0.50%
Pastizal natural	943.6815	0.92%
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	715.3938	0.70%
Pastizal halófilo	383.3836	0.37%
Pastizal inducido	1,445.4562	1.40%
Agricultura de riego	6,485.6543	6.30%
Agricultura de temporal	44,945.0075	43.68%
Urbano construido	1,712.6148	1.66%
Cuerpo de agua	964.4918	0.94%
Área desprovista de vegetación	2,285.0289	2.22%
Total	**102,890.1461**	**100.0%**

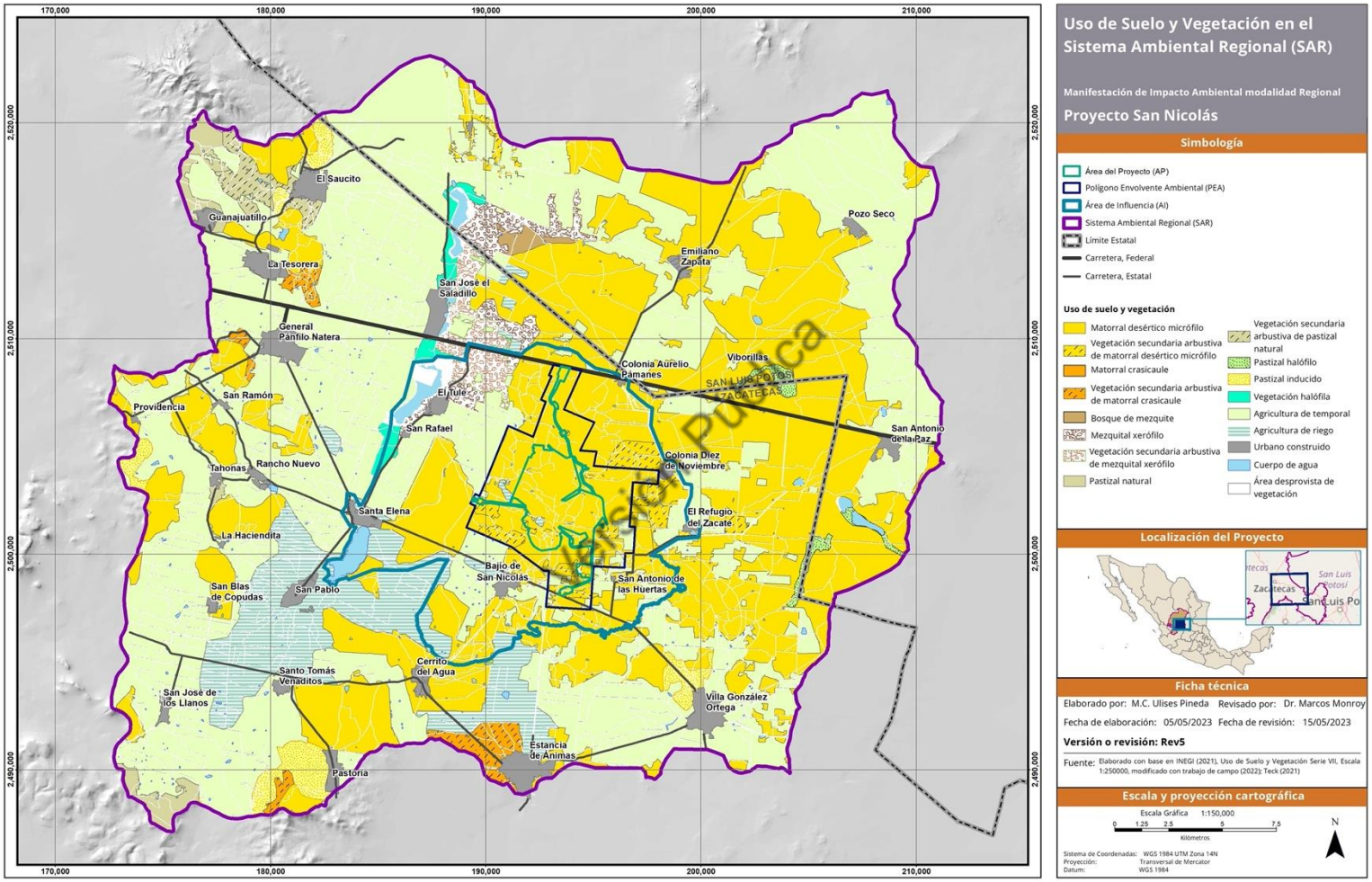


Figura IV.64 Mapa de usos del suelo y tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional.

El **Matorral Desértico Micrófilo (MDM)** también denominado 'matorral subinerme', es una comunidad donde las plantas que imprimen el carácter fisonómico a la vegetación corresponden a arbustos de hoja o foliolo pequeño, presentan pocas espinas, regularmente pequeñas. Estas agrupaciones son las que ocupan mayor parte de la extensión de las regiones áridas de México. La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, incluso en áreas en que la precipitación alcanza a ser inferior de 100 mm anuales; la altura de la vegetación varía de 0.5 a 1.5 m y la cobertura oscila entre 20 y 30%.

En general, se caracteriza por la dominancia de especies arbustivas de hojas pequeñas, no siempre espinosas y por plantas crasas, efímeras, que crecen a lo largo de abanicos aluviales, planicies, bajadas, valles y lomeríos suaves. Se localiza principalmente en los valles, donde los suelos son de textura fina, de profundos a relativamente profundos, y presentan una capa de rocas (Granados-Sánchez *et al*, 2011). La comunidad que se encuentra en la zona árida chihuahuense, sobre la Altiplanicie presenta dominancia de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, se desarrolla preferentemente sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales, aunque en condiciones de aridez más acentuada prospera sobre laderas de cerros (Rzedowski, 2006) (**Figura IV.65**).

Versión Pública

Este tipo de vegetación se distribuye extensamente por todo el SAR, abarcando una gran parte de la superficie con cobertura vegetal. De manera general, mantiene un buen estado de conservación, presentándose una composición por especies nativas, alto porcentaje de cobertura y diversidad de especies.



Figura IV.65 Vista del Matorral Desértico Micrófilo presente en el SAR, con presencia de *Larrea tridentata y Yucca decipiens*.

Matorral Crasicaule (MC). Vegetación dominada por cactáceas grandes, con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país. El Matorral Crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y zonas adyacentes se presenta como cubierta vegetal de Opuntia, siendo las principales especies dominantes de estas "nopaleras" *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la presencia de plantas herbáceas. El Matorral Crasicaule que se registró dentro del SAR, se presenta principalmente en la parte centro del SAR, es una vegetación conservada y donde las principales especies son: *Opuntia streptacantha, Jatropha dioica, Mimosa aculeaticarpa* y *Dalea bicolor* (**Figura IV.66**).



Figura IV.66 Matorral Crasicaule con individuos dominantes *Opuntia streptacantha* y *Dalea bicolor*.

Mezquital Xerófilo (MKX). Comunidad vegetal dominada principalmente por mezquites (*Prosopis spp*.). Son árboles o arbustos espinosos de 1 a 15 m de altura en diferentes condiciones de humedad climática o edáfica. Se desarrolla frecuentemente en terrenos de suelos profundos y en aluviones cercanos a escorrentías. Es común encontrar esta comunidad mezclada con diversos elementos, como huizache (*Vachellia spp.),* palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium spp*.), guamúchil (*Pithecellobium dulce*) entre otros. La comunidad está formada por arbustos bajos y medianos. El MKX se encuentra en pequeños manchones en la parte norte, oeste y sur del SAR. Este ecosistema se encuentra conservado, a pesar de estar cerca de la zona rural y agrícola (**Figura IV.67**).



Figura IV.67 Mezquital Xerófilo con dominancia del estrato arbóreo y arbustivo, con individuos de *Prosopis laevigata*, *Vachellia schaffneri* y *Aloysia gratissima.*

Versión Pública

Vegetación Halófita (VH). La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras, área de marismas, etc. En el SAR y AI, se encuentra en una pequeña zona al norte, asociada a un cuerpo de agua. El estrato dominante es arbustivo y herbáceo, formado de especies como *Brickellia laciniata, Aristida adscensionis, Portulaca oleracea* y *Verbena canescens*. Esta comunidad se observó con un grado de perturbación moderado debido a la cercanía de la zona urbano-rural (**Figura IV.68**).



Figura IV.68 Vegetación Halófila con dominancia del estrato arbustivo, presencia de individuos *Brickellia laciniata.*

Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (VsaMDM). Es el estado de la sucesión de la vegetación primaria del MDM, derivada de la perturbación del ecosistema prístino. En el caso de la comunidad que se encuentra en el SAR y AI, se trata de un conjunto donde es notoria una descomposición florística, donde los elementos dominantes dejan de ser *Larrea tridentata y Flourensia cernua* y abundan otras especies denominadas 'oportunistas', de las familias *Fabaceae*, *Poaceae* y *Asteraceae*, con altas tasas de proliferación natural y resistentes a procesos de perturbación, sequía y suelos someros o escasos de nutrientes (**Figura IV.69**). La distribución de esta comunidad abarca las zonas más cercanas a los núcleos poblacionales que se encuentran dentro del SAR y AI, vegetación circundante a caminos y carreteras, distribuida en pequeños manchones.


Versión Pública

Figura IV.69 Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo mostrando abundancia de especies de la familia Poaceae.

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (VsaBQ). Esta comunidad se ha originado por la perturbación del ecosistema de bosque de encino. Las características fisonómicas corresponden con la descripción de un chaparral secundario, los cuales son matorrales semidensos, cuyos elementos dominantes son arbustos esclerófilos, perennifolios, en asociación con otros elementos de hojas coriáceas y espinosas. En el SAR, los elementos dominantes en el estrato arbóreo son *Quercus cordifolia* y *Yucca decipiens*; el estrato arbustivo está representado por *Dodonaea viscosa*, *Dalea bicolor*, y *Hechtia podantha*. El estrato herbáceo está representado por pastos, aunque en algunas áreas el estrato no se encuentra desarrollado debido a la presencia de suelos pobres y compactados. Se compone principalmente de la familia Poaceae con individuos de *Muhlenbergia rigida y Bouteloua gracilis.* La vegetación secundaria de bosque de encino se extiende en unas pequeñas áreas dentro del SAR, principalmente en laderas y parte alta de cerros (**Figura IV.70**).



Figura IV.70 Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino en la parte alta de los cerros, se observan individuos de *Quercus cordifolia*, *Yucca decipiens* y arbustos *como Dodonaea viscosa* y *Dalea bicolor*.

Versión Pública

Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSaMKX): Esta comunidad está formada por los cambios de perturbación en la vegetación primaria de Mezquital Xerófilo, donde se desarrollan especies que son muy comunes por cambios y que son tolerantes a perturbaciones, como las especies de la familia Poaceae y Asteraceae, por lo general estas especies son perennes, de porte pequeño (herbáceas) y mediano (arbustivas) (**Figura IV.71**).



Figura IV.71 Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo, se observan individuos de *Prosopis laevigata* con una dominancia en el estrato arbóreo. En el estrato herbáceo, se observan especies del género Poaceae.

Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (VsaMC). Sucesión de la vegetación primaria de Matorral Crasicaule al presentar una perturbación en el ecosistema y cambiar la fisonomía a una dominancia en el estrato herbáceo, teniendo a la familia Poaceae con una alta densidad. En el estrato arbustivo se mantienen especies del género *Opuntia, Yucca* y *Fabaceae* que son característicos de estos ecosistemas primarios. La Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule, se presenta en la parte centro del SAR, en pequeños manchones.

Bosque de Mezquite (BK): Comunidad vegetal formada por más del 50% de árboles y arbustos bajos espinosos (mezquites). Asociado con el Mezquital Xerófilo, se presenta en pequeños manchones dentro de esta comunidad, presentando una alta densidad de individuos del género *Prosopis,* a comparación del Mezquital Xerófilo, dónde también se presentan otras especies como huizache (*Acacia spp.),* palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium spp*.), guamúchil (*Pithecellobium dulce*) entre otros.

Pastizal Natural (PN): Se distribuye en pequeños manchones, cercanos a las áreas agrícolas de la parte norte, sur y oeste del SAR. Su fisonomía está dominada por gramíneas, también se encuentran algunos arbustos pequeños de la familia Fabácea como *Mimosa aculeaticarpa* y *Dalea bicolor.*

Versión Pública

Vegetación Secundaria arbustiva de Pastizal Natural (PN): Esta comunidad se desarrolla en la parte noroeste del SAR, en una pequeña superficie asociada a campos agrícolas abandonados, y donde se van desarrollando especies como gramíneas y las cuales son dominantes.

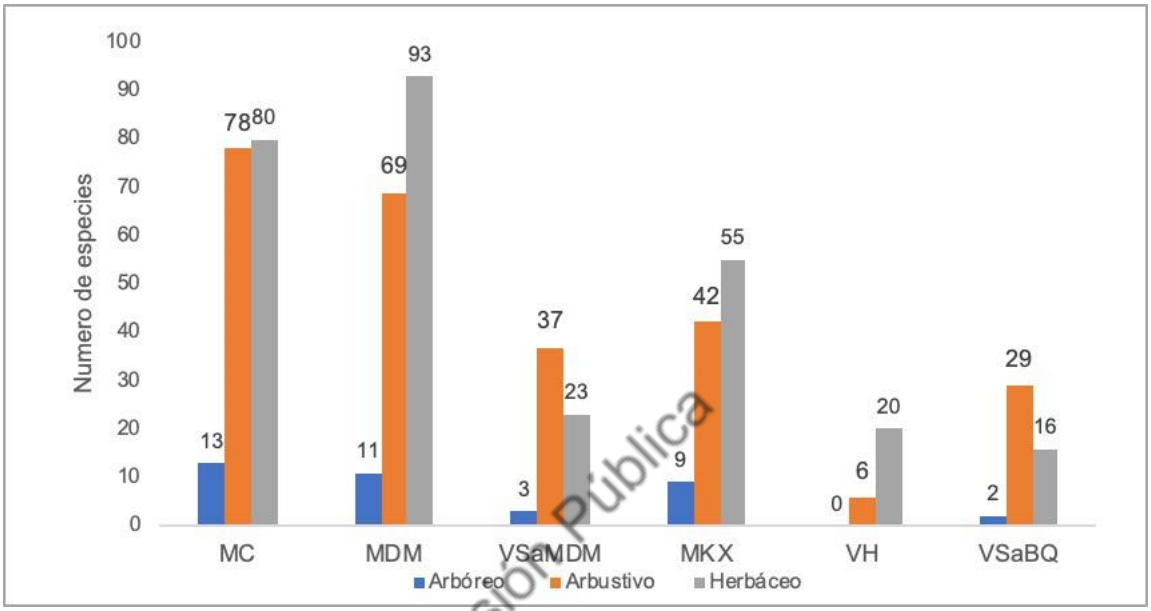
Pastizal Halófilo (PH): Es una comunidad que está compuesto por gramíneas que se desarrolla sobre suelos salino-sódicos, independientemente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas. En el SAR, se presenta en el este, en una pequeña superficie cercas de áreas agrícolas. Es denso, con una dominancia en el estrato herbáceo que puede llegar a tener alturas de 80 cm.

Pastizal Inducido (PI): Se caracteriza por que se desarrolla después de un desmonte de cualquier tipo de vegetación. En el SAR, se encuentra relacionado con áreas agrícolas que han sido abandonadas y se distribuye cercas de la zona urbana en pequeños manchones.

Las áreas agrícolas se distribuyen en toda el área del SAR, ocupa la mayor parte de la superficie (49% en el SAR). Están dedicadas al cultivo de granos básicos (en riego anual y semipermanente). Su ubicación es en las llanuras aluviales de los cauces intermitentes, donde existen suelos profundos, ricos en materia orgánica y con disponibilidad de agua.

IV.3.2.1.2.2. Formas vitales en el SAR

Las formas vitales por tipo de vegetación se reportan en el **Cuadro IV.38**. La presencia de estas variedades de formas de vida, denota un estado de equilibrio ecológico en los ecosistemas del SAR (**Figura IV.72**).



Versión Pública

Figura IV.72 Formas vitales de las especies presentes por tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional.

Cuadro IV.38 Número de especies por estrato y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional.

Tipo de vegetación	Número de especies por estrato		
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Matorral Crasicaule	13	78	80
Matorral Desértico Micrófilo	11	69	93
Vegetación Secundaria arbustiva Matorral Desértico Micrófilo	3	37	23
Mezquital Xerófilo	9	42	55
Vegetación Halófila	0	6	20
Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino	2	29	16

IV.3.2.1.2.3. Características estructurales en el SAR

Los parámetros estructurales se calcularon por tipo de vegetación y por estrato, asimismo, se calcularon datos de relevancia ecológica: densidad absoluta y relativa, dominancia absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa por especie, por estrato y por tipo de vegetación. Estos resultados permitieron obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie. El IVI define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura ecológica del ecosistema, con lo que se define cuales especies son las más importantes en cada estrato y tipo de vegetación. En el **Anexo IV.49** se reporta la base de datos con todos los cuadros de resultados de los datos estructurales por estrato y tipo de vegetación**.** En el **Cuadro IV.39** se presenta un resumen de los datos ecológicos calculados para estrato y tipo de vegetación identificada en el SAR.

Cuadro IV.39 Datos ecológicos estructurales por estrato y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental Regional.

Tipo Vegetación	Estrato	No. Especies	Densidad absoluta (ha)	Dominancia absoluta (m^2)	Frecuencia absoluta (n)
MC	arbóreo	13	62.90	199.09	96.00
	arbustivo	78	6,688.89	16,516.65	994.00
	herbáceo	80	108,376.19	10,603.64	390.00
MDM	arbóreo	11	48.59	70.58	94.00
	arbustivo	69	6,953.41	22,222.97	1,291.00
	herbáceo	93	139,338.82	21,368.41	518.00
VsaMDM	arbóreo	3	15.00	2,466.86	7.00
	arbustivo	37	5,988.00	1,758.13	117.00
	herbáceo	23	73,030.00	703.11	44.00
MKX	arbóreo	9	179.20	71.58	51.00
	arbustivo	42	2,569.60	3,656.01	209.00
	herbáceo	55	10,176.00	4,916.43	146.00
VH	arbustivo	6	262.22	63.47	15.00
	herbáceo	20	52,338.89	1,218.02	68.00
VsaBQ	arbóreo	2	35.00	3.85	5.00
	arbustivo	29	2,960.00	684.05	51.00
	herbáceo	16	35,016.67	475.40	28.00

MC = matorral crasicaule; MDM = matorral desértico micrófilo; VsaMDM = vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo; MKX = matorral mezquital xerófilo; VH = vegetación halófila; VsaBQ = Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino.

Versión Pública

Matorral Crasicaule (MC)

Estrato arbóreo. El estrato arbóreo del MC se encuentra representado por especies que presentan alturas que van desde 1.60 m, como el "cardenchi" *Cylindropuntia imbricata*, hasta 8 m que presentan algunos individuos de *Yucca decipiens* "palma yuca", aunado a lo anterior el promedio de altura de este estrato es de 3.95 m. Las especies *Opuntia streptacantha* "nopal cardón" y *Yucca decipiens* presentan el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de dominancia en el diámetro basal de los individuos. El "Nopal cardón" es una especie característica del MC y llega a formar manchones puros a los cuales se les denomina comúnmente "nopaleras". Dentro de este estrato se observa que la tercera especie en importancia es el *Prosopis laevigata* "Mezquite"; esta especie se presenta comúnmente en el MC, sin embargo, debido a la elevada abundancia y frecuencia que presenta es probable que con el paso del tiempo remplace al elemento característico *O. streptacantha.* La fuerte presencia de "Mezquite" dentro del estrato arbóreo del MC, aunado al bajo valor de IVI que presenta el resto de las especies de nopales "Opuntia", denota una calidad media a baja en la composición florística de este estrato. Con los recorridos en campo se pudo observar que la pérdida de individuos de "nopal cardón", elemento principal y característico de este tipo de vegetación han mermado en presencia y frecuencia debido al pastoreo extensivo, aprovechamiento furtivo para forraje y derribo de individuos para la extracción de rata de campo.

Versión Pública

Estrato arbustivo. El estrato arbustivo del MC, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.05 m, principalmente cactáceas globosas como *Mammillaria spp., Coryphantha spp*. Y *Stenocactus spp*., hasta especies arbustivas que llegan a medir 3.7 m de altura, pero no cumplen el diámetro que se tomó como referencia para considerarse dentro del estrato arbóreo, por ejemplo, la "vara dulce" *Aloysia gratissima*. La altura promedio del estrato es 1 m. La especie *Jatropha dioica* "sangre de grado" presenta el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por ha. Esta especie es común en el estrato arbustivo de los matorrales crasicaules del altiplano mexicano, sin embargo, dentro de esta comunidad en el SAR la abundancia y frecuencia resulta excesiva y los valores más altos del IVI deberían ser para las especies de cactáceas, las cuales ocupan una posición media en la tabla del cálculo del IVI del estrato arbustivo del MC.

Estrato herbáceo. El estrato herbáceo del MC, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.02 m, principalmente como la especie rastrera herbácea "oreja de ratón" *Dichondra argentea*, hasta especies que llegan a medir 1.5 m de altura, como el pasto "cola de zorra" *Muhlenbergia emersleyi*. La altura promedio del estrato es de 0.40 m. La especie *Chloris virgata* "barbas de indio" presenta el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por hectárea, esta especie es común en el estrato herbáceo de los

matorrales xerófilos y pastizales. Aunado a lo anterior el estrato herbáceo del MC se encuentra en buena calidad de estructura y composición, sin embargo, la abundancia general de individuos por especie se centra solo en las especies anteriormente mencionadas.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Estrato arbóreo. El estrato arbóreo del MDM, se encuentra representado principalmente por especies que van desde los 3.25 m hasta los 8 m de altura y el promedio de este estrato es de 4.60 m. La especie más abundante, frecuente y dominante de este estrato y por ende la más importante es la *Yucca decipiens* "palma yuca" y *Prosopis laevigata* "mezquite".

Estrato arbustivo. El estrato arbustivo del MDM, se encuentra representado principalmente por especies que van de 0.07 m a 4.0 m de altura y el promedio de este estrato es de 1.60 m. Las especies más abundantes de este estrato son *Mimosa aculeaticarpa*, *Dalea bicolor, Jatropha dioica*, y *Larrea tridentata*, especies muy comunes y características en el MDM. Se puede decir que el estrato arbustivo del MDM del SAR se encuentra en condiciones regulares ya que los valores mayores de abundancia, dominancia y frecuencia lo presentan solo unas cuantas especies.

Versión Pública

Estrato herbáceo. Las especies que conforman este estrato, presentan valores de abundancia, dominancia y frecuencia similares entre sí, asimismo, las especies con los valores más altos son características del estrato herbáceo del MDM, lo cual permite inferir que el estrato herbáceo del MDM se encuentra equilibrado.

Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo

Estrato arbóreo. El estrato arbóreo de la VsaMDM, se encuentra representado principalmente por especies que van de 3.20 m a 7 m de altura y el promedio de este estrato es de 4.40 m. La especie más abundante, frecuente y dominante de este estrato y por ende la más importante es la *Yucca decipiens* "palma china".

Estrato arbustivo. El estrato arbustivo de la VsaMDM, se encuentra representado principalmente por especies que van de 0.07 m a 2.0 m de altura y el promedio de este estrato es de 0.70 m. Las especies más abundantes de este estrato son *Mimosa aculeaticarpa*, *Jatropha dioica*, y *Isocoma veneta*, especies muy comunes y características dentro de la VsaMDM.

Estrato herbáceo. Las especies que conforman este estrato, presentan valores de abundancia, dominancia y frecuencia similares entre sí, asimismo, las especies con los valores más altos son características del estrato herbáceo de la VsaMDM.

Vegetación de Mezquital Xerófilo (MKX)

Estrato arbóreo. El estrato arbóreo del MKX se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 2.0 m, como el "cardenchi" *Cylindropuntia imbricata*", a 9.0 m que presentan algunos individuos longevos de "*Vachellia schaffneri*" "huizache"; aunado a lo anterior el promedio de altura de este estrato es de 4.50 m. La especie *Prosopis laevigata* "mezquite" presentan el valor más alto de IVI, lo cual es común dentro de este estrato de este tipo de vegetación.

Estrato arbustivo. El estrato arbustivo del MKX, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.05 m principalmente cactáceas globosas como *Mammillaria uncinata*, hasta especies arbustivas que llegan a medir 4.0 m de altura, pero no cumplen el diámetro que se tomó como referencia para considerarse dentro del estrato arbóreo, por ejemplo, la "vara dulce" *Aloysia gratissima*. La altura promedio del estrato es de 1.38 m. La especie *Prosopis laevigata* "mezquite" presenta el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por hectárea. Esta especie es común en el estrato arbustivo de este tipo de vegetación.

Versión Pública

Estrato herbáceo. El estrato herbáceo del MKX, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.02 m, principalmente como la especie rastrera herbácea "oreja de ratón" *Dichondra argentea*, hasta especies que llegan a medir 1.5 m de altura, como *Maurandya antirrhiniflora*. La altura promedio del estrato es de 0.45 m. La especie *Muhlenbergia arenicola* presenta el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por ha, esta especie es común en el estrato herbáceo de los matorrales xerófilos y pastizales. Aunado a lo anterior el estrato herbáceo del MKX se encuentra en buena calidad de estructura y composición.

Vegetación Halófila (VH)

Dentro del SAR esta comunidad no presenta individuos arbóreos, solamente presenta dos estratos definidos los cuales son arbustivo y herbáceo.

El estrato herbáceo de la VH, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.02 m, principalmente como la especie rastrera herbácea Portulaca oleracea, "verdolaga" hasta especies que llegan a medir 0.30 m de altura, como *Muhlenbergia arenicola*. La altura promedio del estrato es de 0.10 m. La especie *Aristida adscensionis* presenta el valor más alto de IVI, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por hectárea, esta especie es común en el estrato herbáceo de esta comunidad.

Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Encino (VsaBQ)

Estrato arbóreo. El estrato arbóreo de la VsaBQ se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 2.0 m a 5.0 m, aunado a lo anterior el promedio de altura de este estrato es de 4. 0 m. El estrato está compuesto solo por dos especies arbóreas, de las cuales una de estas *Quercus cordifolia*, característica de este tipo de vegetación.

Estrato arbustivo. El estrato arbustivo de la VsaBQ, se encuentra representada por especies que presentan alturas que van de 0.05 m, principalmente cactáceas globosas como *Mammillaria magnimamma* y *Coryphantha echinoidea*, hasta especies arbustivas que llegan a medir 3.0 m de altura, pero no cumplen el diámetro que se tomó como referencia para considerarse dentro del estrato arbóreo, por ejemplo, el "encino" *Quercus cordifolia*. La altura promedio del estrato es de 1.0 m.

Estrato herbáceo. El estrato herbáceo, se encuentra representado por especies que presentan alturas que van de 0.05 m, principalmente como la especie rastrera herbácea "oreja de ratón" *Dichondra argentea*, a especies que llegan a medir 1.5 m de altura, como *Dahlia merckii*. La altura promedio del estrato es de 0.35 m. Las especies con mayor valor de IVI son especies representativas de este tipo de vegetación.

Versión Pública

IV.3.2.1.2.4. Análisis de la Diversidad

Para analizar la diversidad de la vegetación del SAR, se calculó la riqueza específica de las especies y el índice de Margalef, asimismo se calcularon índices de dominancia y equidad para cada estrato por tipo de vegetación.

Índices de dominancia: Índice de Simpson, que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie; está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes; Índice de Berger-Parker cuyo incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia.

Índices de equidad: Shannon o índice de Shannon-Wiener, que mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de cada estrato de cada tipo de vegetación, ya que este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia de todas las especies de la muestra de comunidad. Por lo tanto, a mayor valor del índice de Shannon, la uniformidad en los valores refleja una distribución equilibrada de las especies, y por lo tanto una buena diversidad de especies. Cuando su valor es cero o cercano de cero, la diversidad es baja y existe presencia de solo una o unas cuantas especies.

Matorral Crasicaule (MC)

En la siguiente **Cuadro IV.40** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, para el tipo de vegetación MC. La riqueza de especies se representa con (Taxa S), el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Shannon_H), la equidad de especies calculada (Equitability_J), el Índice de Simpson (Simpson_1-D) y los índices de Margalef y Berger-Parker se presentan con el mismo nombre, lo anterior con base al programa de datos estadísticos Past.

Cuadro IV.40 Datos ecológicos de diversidad de matorral crasicaule en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	13.00	78.00	80.00
Individuals	449.00	21,070.00	68,277.00
Simpson_1-D	0.71	0.90	0.95
Shannon_H	1.54	3.10	3.43
Margalef	1.97	7.73	7.10
Equitability_J	0.60	0.71	0.78
Berger-Parker	0.42	0.25	0.12

Versión Pública

En el MC del SAR, se tienen 159 especies de plantas vasculares, las cuales forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo con el índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato herbáceo. La equidad mayor calculada es de 0.78 y la presenta el estrato herbáceo, cuando estos valores son cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 representa la dominancia de una sola especie, por tanto, los estratos bajos del MC, presenta un equilibrio regular entre especies. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 2.69.

Matorral desértico micrófilo (MDM)

En el **Cuadro IV.41** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, para el MDM. En el SAR se tienen 162 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo con el índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo representa el estrato herbáceo. La equidad mayor calculada es de 0.80 y la presenta el estrato herbáceo, cuando estos valores son cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 representa la dominancia de una sola especie, por tanto, los estratos bajos del MDM, presenta un equilibrio bueno entre especies. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 2.67.

Cuadro IV.41 Datos ecológicos de diversidad de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	11.00	69.00	93.00
Individuals	413.00	29,552.00	118,438.00
Simpson_1-D	0.67	0.89	0.96
Shannon_H	1.49	2.90	3.62
Margalef	1.66	6.61	7.88
Equitability_J	0.62	0.69	0.80
Berger-Parker	0.52	0.24	0.12

Vegetación secundaria arbustiva de Matorral desértico micrófilo (VsaMDM)

En el **Cuadro IV.42** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, para el tipo de Vegetación secundaria arbustiva de MDM. La VsaMDM del SAR la representan 59 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo al índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo. La equidad mayor calculada es de 0.80 y la presenta el estrato herbáceo, cuando estos valores son cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 representa la dominancia de una sola especie, por tanto, los estratos bajos de la VsaMDM, presenta un equilibrio regular entre especies y el estrato arbóreo presenta una distribución homogénea entre los individuos. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 1.77.

Versión Pública

Cuadro IV.42 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	3.00	37.00	23.00
Individuals	15.00	2,994.00	7,303.00
Simpson_1-D	0.55	0.88	0.73
Shannon_H	0.88	2.55	1.88
Margalef	0.74	4.50	2.47
Equitability_J	0.80	0.71	0.60
Berger-Parker	0.53	0.24	0.49

Mezquital Xerófilo (MKX)

En el **Cuadro IV.43** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, para el tipo de vegetación MKX. En el MKX del SAR lo representan 97 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo con el índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo. La equidad mayor calculada es de 0.69 y la presenta el estrato arbustivo, sin embargo, los valores del estrato arbóreo son cercanos a 0, lo cual representa la dominancia de una sola especie. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 1.93.

Cuadro IV.43 Datos ecológicos de diversidad de mezquital xerófilo en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	9.00	42.00	55.00
Individuals	448.00	3,212.00	25,440.00
Simpson_1-D	0.34	0.86	0.87
Shannon_H	0.72	2.57	2.52
Margalef	1.31	5.08	5.32
Equitability_J	0.33	0.69	0.63
Berger-Parker	0.80	0.32	0.24

Versión Pública

Vegetación Halófila (VH)

En el **Cuadro IV.44** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, para el tipo de vegetación VH. En la VH del SAR lo representan 26 especies de plantas vasculares, las cuales solo forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo con el índice de diversidad calculado para estas especies, el valor más alto lo presenta el estrato herbáceo. La equidad mayor calculada es de 0.69 y la presenta el estrato herbáceo. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 1.61.

Cuadro IV.44 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación halófila en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	6.00	20.00
Individuals	236.00	9,421.00
Simpson_1-D	0.64	0.81
Shannon_H	1.16	2.06

Cuadro IV.44 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación halófila en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbustivo	Herbáceo
Margalef	0.92	2.08
Equitability_J	0.64	0.69
Berger-Parker	0.47	0.38

Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de encino

En el **Cuadro IV.45** se presentan los índices de diversidad calculados por estrato, la VsaBQ. La VsaBQ del SAR la representan 46 especies de plantas vasculares, las cuales en su mayoría forman parte del estrato herbáceo y arbustivo. De acuerdo con el índice de diversidad calculado para estas especies, se considera que el valor más alto lo presenta el estrato arbustivo. La equidad mayor calculada es de 0.89 y la presenta el estrato herbáceo, cuando estos valores son cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 representa la dominancia de una sola especie, por tanto, los estratos de la VsaBQ, presenta un equilibrio regular entre especies. La diversidad promedio con base en el índice de Shannon es de 1.88.

Versión Pública

Cuadro IV.45 Datos ecológicos de diversidad de la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino en el Sistema Ambiental Regional.

Índice	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Taxa_S	2.00	29.00	16.00
Individuals	21.00	888.00	2,101.00
Simpson_1-D	0.41	0.88	0.90
Shannon_H	0.60	2.57	2.48
Margalef	0.33	4.12	1.96
Equitability_J	0.86	0.76	0.89
Berger-Parker	0.71	0.20	0.14

IV.3.2.1.2.5. Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 tiene el objetivo de identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana mediante la integración de las listas correspondientes, esta norma clasifica el nivel de riesgo en cuatro categorías: **E**, probablemente extinta en el medio silvestre; **P**, en peligro de extinción; **A**,

amenazada; y **Pr**, sujeta a protección especial. También refiere aquellas de distribución restringida al territorio mexicano (endemismo); esta norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional. En el **Cuadro IV.46**, se muestra las especies registradas en el SAR.

Cuadro IV.46 Especies reportadas en el Sistema Ambiental Regional, listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Especie	Autor	Nombre común	NOM-059 Categoría	MC	MDM	MKX	VH	VsaBQ	VsaMDM
Asparagaceae	*Dasylirion acrotrichum*	(Schiede) Zucc.	Sotol verde	**A**	SI	SI				
Cactaceae	*Coryphantha echinoidea*	(Quehl) Britton & Rose	Biznaga de pezón partido potosina	**Pr**	SI	SI	SI		SI	
	Mammillaria crinita subsp. Crinita	DC.	Biznaga de espinas pubecentes	**Pr**					SI	
	Mammillaria jaliscana	(Britton & Rose) Boed.	Biznaga	**Pr**	SI	SI				
	Echinomastus unguispinus subsp. Laui	(G. Frank & Zecher) Glass	Biznaga	**A**	SI	SI				
	Ferocactus histrix	Lindsay	Biznaga barril de acitrón	**Pr**	SI	SI	SI		SI	
	Stenocactus coptonogonus	(Lem.) A. Berger ex A.W. Hill	Biznaga ondulada costilluda	**Pr**		SI				

A = Amenazada; **Pr** = Protección Especial; **MC** = Matorral crasicaule; **MDM** = Matorral desértico micrófilo; **MKX** = Mezquital Xerófilo; **VH** = Vegetación Halófila; **VsaBQ** = Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino; **VsaMDM** = Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo.

Versión Pública

IV.3.2.1.2.6. Especies de interés biológico en el SAR

La importancia biológica de una especie se refiere a su aportación concreta a la biodiversidad, ya sea a nivel pequeño (diversidad genética) hasta un nivel de ecosistema o hábitat (biodiversidad alfa, beta, gamma). Está dada por criterios complejos que van desde su estatus de riesgo a nivel nacional e internacional, hasta su apreciación subjetiva como un elemento esencial para el desarrollo social, espiritual y cultural de una población. Los Programas de Conservación para especies prioritarias en México generalmente consideran biológicamente importante a una especie cuando cumple con uno o varios de los siguientes criterios:

- Su importancia estratégica como especie sombrilla: por ser pioneras de la evolución y transformación ecológica de los ecosistemas en forma positiva; así como mantener el nivel

de conservación de un sistema natural o ser indispensables para el desarrollo de otras especies.

- Fragilidad por alta presión a su hábitat.
- Presencia de endemismos, distribución restringida a ciertas latitudes, regiones ecológicas, condiciones edáficas, hídricas o climáticas; etc.
- Dinámica poblacional (migraciones) o estructuras poblacionales complejas (relaciones simbióticas).
- Importancia socioeconómica y cultural de la especie y su hábitat.
- Riesgo de extinción y vulnerabilidad.

En el **Cuadro IV.47** se muestran las especies que por sus características se consideran de importancia biológica en el SAR.

Cuadro IV.47 Especies clasificadas de importancia biológica en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

No.	Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de NOM o interés biológico
1	*Coryphantha sp*	Biznaga partida	Cactaceae	Interés Biológico
2	*Echinocereus pectinatus*	Alicoche peine	Cactaceae	Interés Biológico
3	*Echinocereus enneacanthus*	Alicoche real	Cactaceae	Interés Biológico
4	*Echinocereus stramineus*	Alicoche	Cactaceae	Interés Biológico
5	*Echinocactus horizonthalonius*	Biznaga meloncillo	Cactaceae	Interés Biológico
6	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Interés Biológico
7	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Cactaceae	Interés Biológico
8	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Interés Biológico
9	*Mammillaria longispina*	Biznaga chilitos	Cactaceae	Interés Biológico
10	*Thelocactus hexaedrophorus*	Biznaga pezón de seis lados	Cactaceae	Interés Biológico
11	*Neolloydia conoidea*	Biznaga cónica	Cactaceae	Interés Biológico
12	*Agave parryi*	Maguey mezcal	Asparagaceae	Interés Biológico
13	*Agave salmiana*	Maguey verde	Asparagaceae	Interés Biológico
14	*Manfreda guttata*	Amole	Asparagaceae	Interés Biológico
15	*Yucca decipiens*	Palma china	Asparagaceae	Interés Biológico
16	*Ephedra compacta*	Sanguinaria	Ephedraceae	Interés Biológico

IV.3.2.1.2.7. Caracterización de la vegetación en el Área del Proyecto (AP)

El Área del Proyecto (AP) se encuentran dentro de la Región Xerofítica Mexicana y la Provincia Florística Altiplanicie. La región está dominada por planicies áridas, con unas pocas colinas y montañas que se alzan hasta los 2,400 msnm. La gran mayoría del sustrato sobre el que crece este ecosistema arbustivo y de matorral es de origen sedimentario, y está compuesto de rocas sedimentarias puras con algunos elementos metamórficos, los cuales son resultado de la actividad volcánica del Periodo Terciario. El clima es árido y semiárido, del tipo Bwa (caluroso desértico con lluvias en verano) y Bsa (semiárido caluroso con precipitaciones en invierno), con lluvias por debajo de los 500 mm anuales en promedio. En el AP, se realizó en el periodo 2017-2018 un levantamiento de 102 sitios de muestreo de la vegetación, distribuidos en tres tipos de vegetación: Matorral Crasicaule (3), Matorral Desértico Micrófilo (88), y Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (5). En el **Anexo IV.51** se reportan las bases de datos con los cuadros de coordenadas UTM del levantamiento de la vegetación en el AP durante este periodo 2017-2018, así como de los periodos subsecuentes. En la **Figura IV.73** se muestra el mapa de distribución de los sitios de muestreo realizados en el periodo 2017-2018.

Versión Pública

Posteriormente, en noviembre de 2021 y en agosto-septiembre, 2022, se realizaron nuevos muestreos de la cobertura vegetal en el AP, en sitios que corresponderán específicamente a los polígonos forestales que serán objeto del trámite de autorización del cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). En el mismo **Anexo IV.51** se reportan las coordenadas UTM de 107 sitios de muestreo de la vegetación realizados en los tres tipos de vegetación representada en el AP: matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo durante la campaña de muestreo en noviembre 2021. En la **Figura IV.74** se muestra el mapa de distribución de estos 107 sitios de muestreo realizados en noviembre 2021.

En el mismo **Anexo IV.51** se reportan las coordenadas UTM de 107 sitios de muestreo de la vegetación forestal realizados en los tres tipos de vegetación representada en el AP durante la campaña de muestreo en agosto-septiembre 2022, los cuales corresponden a sitios de muestreo en polígonos forestales que sean objeto del trámite de Autorización del CUSTF en el AP. En la **Figura IV.75** se muestra el mapa de distribución de estos 107 sitios de muestreo realizados en agosto-septiembre 2022.

El listado por comunidad florística de la vegetación presente en los polígonos forestales del AP, obtenido a partir de la información colectada en campo durante noviembre 2021 y agosto-septiembre, 2022, se reporta en el **Cuadro IV.48**, así como de manera detallada en el **Anexo IV.51**.

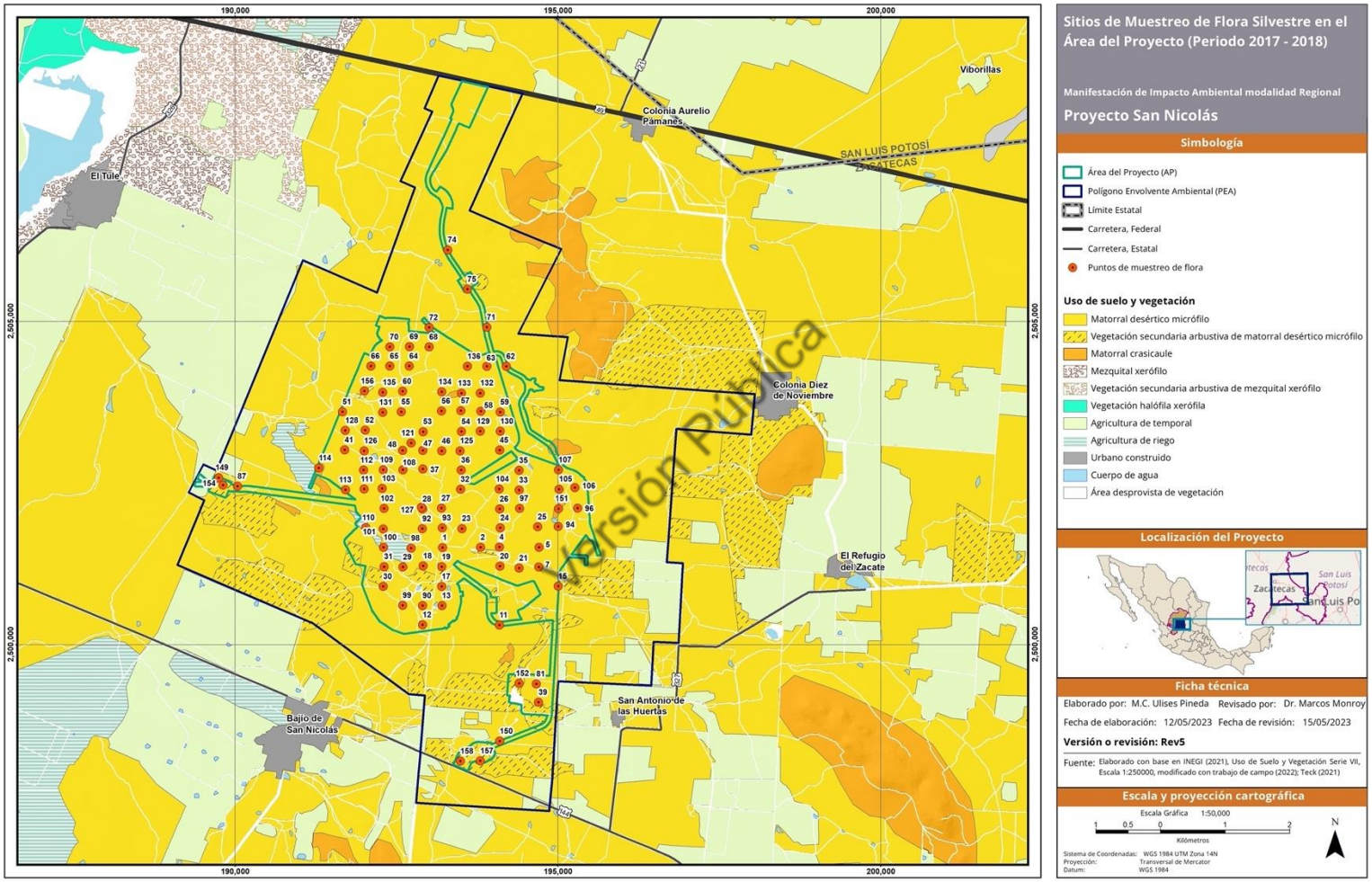


Figura IV.73 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en el Área del Proyecto (2017-2018).

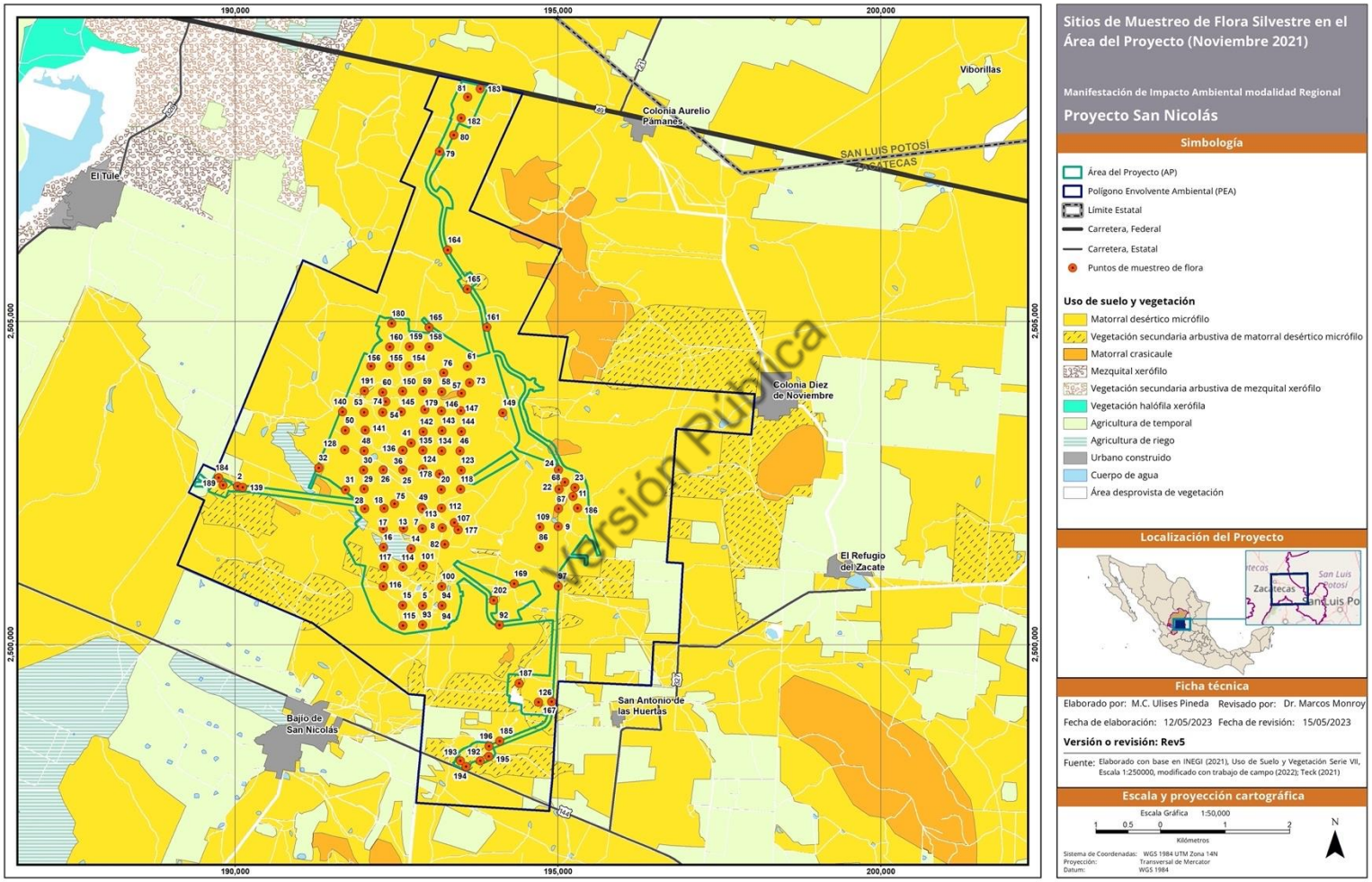


Figura IV.74 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en polígonos forestales del Área del Proyecto (noviembre 2021).

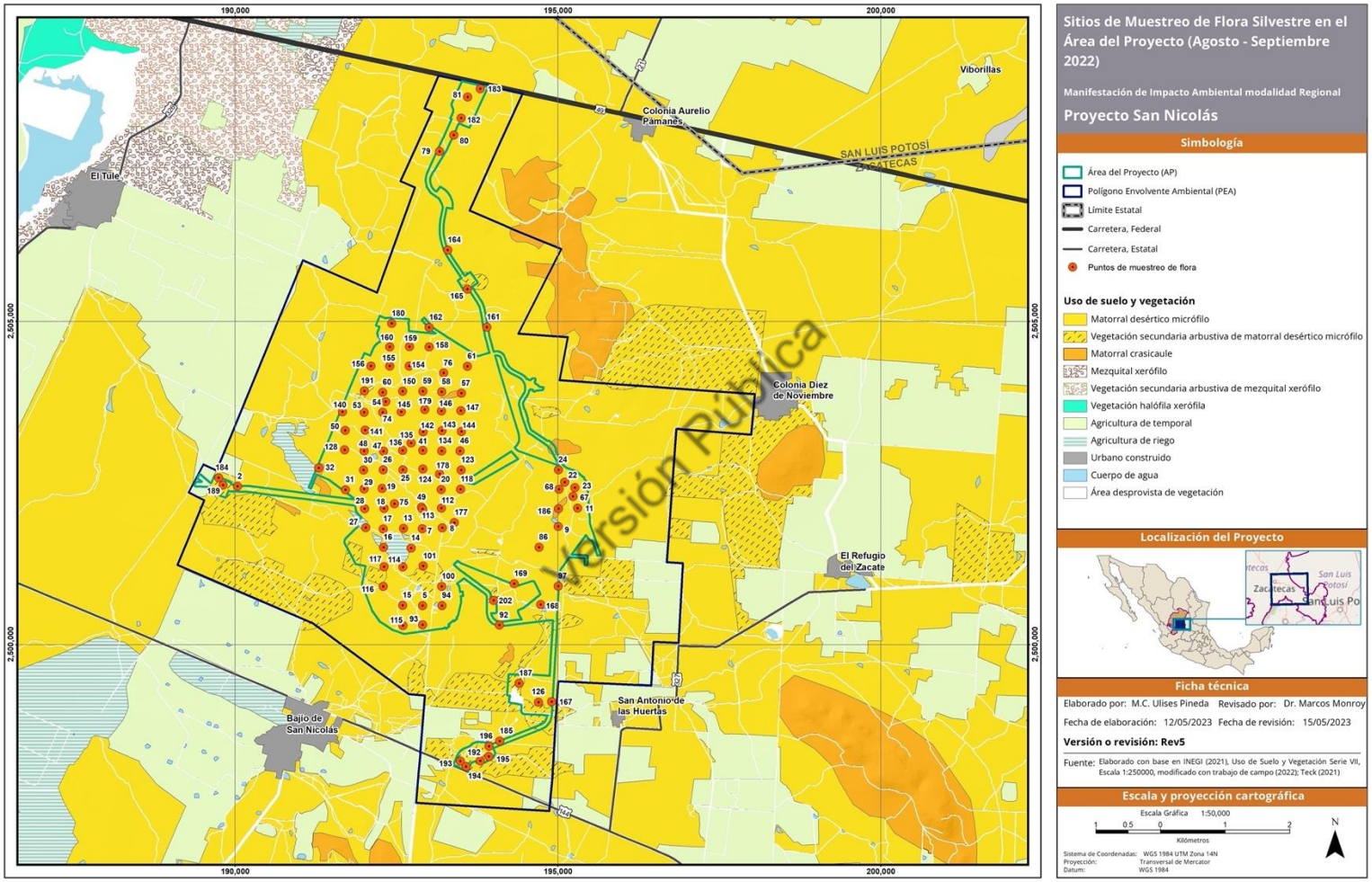


Figura IV.75 Distribución de los puntos de muestreo de vegetación en polígonos forestales del Área del Proyecto (agosto-septiembre, 2022).

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Anacardiaceae	*Schinus molle*	Pirul	Sí		
Fabaceae	*Vachellia schaffneri*	Huizache	Sí	Sí	
Fabaceae	*Prosopis laevigata*	Mezquite	Sí	Sí	Sí
Anacardiaceae	*Rhus microphylla*	Agrito	Sí	Sí	Sí
Asparagaceae	*Agave parryi*	Maguey mezcal	Sí		
Asparagaceae	*Agave salmiana*	Maguey verde	Sí	Sí	Sí
Asparagaceae	*Yucca decipiens*	Palma china	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Jaral	Sí		
Asteraceae	*Flourensia cernua*	Hojasen	Sí		
Asteraceae	*Zaluzania augusta var. augusta*	Limpia tuna	Sí	Sí	Sí
Cactaceae	*Corynopuntia vilis (Grusonia vilis)*	Cholla cardo de Zacatecas	Sí	Sí	
Cactaceae	*Coryphantha echinoidea*	Biznaga de pezón partido	Sí		
Cactaceae	*Cylindropuntia imbricata*	Cardenche	Sí	Sí	
Cactaceae	*Cylindropuntia tunicata*	Cholla clavellina	Sí	Sí	
Cactaceae	*Echinocereus enneacanthus*	Alicoche real	Sí		
Cactaceae	*Echinocereus pectinatus*	Alicoche peine	Sí		
Cactaceae	*Echinocereus stramineus*	Alicoche sanjuanero	Sí		
Cactaceae	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Sí		
Cactaceae	*Mammillaria longispina*	Biznaga chilitos	Sí		
Cactaceae	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Sí	Sí	

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Cactaceae	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Sí		
Cactaceae	*Opuntia albicarpa*	Nopal isabelillo	Sí		Sí
Cactaceae	*Opuntia cantabrigiensis*	Nopal cuijo	Sí	Sí	
Cactaceae	*Opuntia hyptiacantha*	Nopal cascarón	Sí	Sí	Sí
Cactaceae	*Opuntia lasiacantha*	Nopal cascarón	Sí		
Cactaceae	*Opuntia leucotricha*	Nopal duraznillo	Sí	Sí	Sí
Cactaceae	*Opuntia rastrera*	Nopal rastrero	Sí	Sí	
Cactaceae	*Opuntia robusta*	Nopal tapón	Sí	Sí	
Cactaceae	*Opuntia streptacantha*	Nopal cardón	Sí	Sí	Sí
Cactaceae	*Thelocactus hexaedrophorus*	Biznaga pezón de seis lados	Sí		
Chenopodiaceae	*Salsola tragus*	Rodadora	Sí	Sí	
Euphorbiaceae	*Jatropha dioica*	Sangre de drago	Sí	Sí	Sí
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	Timbre	Sí		
Fabaceae	*Calliandra eriophylla*	Charrasquillo	Sí	Sí	Sí
Fabaceae	*Dalea bicolor*	Engordacabras	Sí	Sí	Sí
Fabaceae	*Dalea leporina*	Dalea	Sí	Sí	
Fabaceae	*Eysenhardtia polystachya*	Palo azul	Sí	Sí	
Fabaceae	*Mimosa aculeaticarpa*	Garabatillo	Sí	Sí	Sí
Fabaceae	*Mimosa zygophylla*	Uña de gato	Sí	Sí	
Fabaceae	*Vachellia vernicosa*	Vara prieta	Sí	Sí	Sí
Koeberliniaceae	*Koeberlinia spinosa*	Corona de Cristo	Sí		

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla	Sí	Sí	Sí
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	Sí	Sí	Sí
Scrophulariaceae	*Buddleja scordioides*	Escobilla	Sí	Sí	
Verbenaceae	*Aloysia gratissima*	Vara dulce	Sí	Sí	Sí
Verbenaceae	*Citharexylum brachyanthum*	Agrito	Sí	Sí	
Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Isocoma veneta*	Falsa damiana	Sí		
Fabaceae	*Dalea prostrata*	Citrocillo		Sí	
Amaranthaceae	*Amaranthus hybridus*	Quelite	Sí		
Asclepiadaceae	*Asclepias linaria*	Romerillo	Sí		
Asparagaceae	*Manfreda guttata*	Amole	Sí	Sí	
Asteraceae	*Acourtia parryi*	Ageratina	Sí		
Asteraceae	*Ageratina adenophora*	Flor de espuma	Sí		
Asteraceae	*Ageratum corymbosum*	Cielitos	Sí		
Asteraceae	*Ambrosia confertiflora*	Estafiate	Sí	Sí	
Asteraceae	*Aphanostephus ramosissimus*	Margarita	Sí		
Asteraceae	*Almutaster pauciflorus (Aster pauciflorus)*	Moradita	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Bidens odorata*	Aceitilla	Sí	Sí	
Asteraceae	*Brickellia veronicifolia*	Estrellita	Sí		
Asteraceae	*Erigeron delphinifolius*	Árnica	Sí	Sí	

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	Estrellita	Sí		
Asteraceae	*Gutierrezia conoidea*	Árnica amarilla	Sí		
Asteraceae	*Gymnosperma glutinosum*	Tatalencho	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Helianthemum glomeratum*	Hierba de la gallina	Sí		
Asteraceae	*Parthenium bipinnatifidum*	Tabardillo	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Parthenium incanum*	Mariola	Sí		
Asteraceae	*Piqueria trinervia*	Hierba de San Nicolás	Sí	Sí	
Asteraceae	*Pseudognaphalium canescens*	Manzanilla de río	Sí	Sí	
Asteraceae	*Sanvitalia procumbens*	Ojo de gallo	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Stevia salicifolia*	Chacal	Sí		
Asteraceae	*Tagetes lunulata*	Flor de muerto	Sí	Sí	Sí
Asteraceae	*Tagetes micrantha*	Anisillo	Sí		Sí
Asteraceae	*Tagetes filifolia*	Tagetes	Sí		
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Sí		
Asteraceae	*Thymophylla setifolia*	Parraleña	Sí		
Asteraceae	*Trixis angustifolia*	Árnica	Sí		
Asteraceae	*Viguiera quinqueradiata*	Vara blanca	Sí		Sí
Asteraceae	*Xanthisma spinulosum*	Árnica amarilla	Sí	Sí	
Asteraceae	*Zaluzania triloba*	Hierba amargosa	Sí	Sí	
Asteraceae	*Zinnia acerosa*	Margaritilla blanca	Sí	Sí	

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Asteraceae	*Zinnia peruviana*	Gallito de monte	Sí		
Brassicaceae	*Eruca vesicaria (Eruca sativa)*	Mostacilla	Sí		
Chenopodiaceae	*Chenopodium graveolens*	Epazote de zorrillo	Sí	Sí	Sí
Commelinaceae	Commelina erecta	Borreguitas azules	Sí	Sí	
Commelinaceae	Tradescantia crassifolia	Borreguito morada	Sí		Sí
Convolvulaceae	*Dichondra argentea*	Oreja de ratón	Sí	Sí	Sí
Convolvulaceae	*Ipomoea purpurea*	Manto	Sí		Sí
Convolvulaceae	*Ipomoea sescossiana*	Flor de campana	Sí		
Convolvulaceae	*Ipomoea stans*	Tumbavaqueros	Sí		
Crassulaceae	*Echeveria mucronata*	Conchita	Sí		Sí
Cucurbitaceae	*Sicyos deppei*	Chayotillo	Sí	Sí	
Ephedraceae	*Ephedra compacta*	Sanguinaria	Sí		
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cáncer	Sí	Sí	Sí
Euphorbiaceae	*Euphorbia dentata*	Dominguilla	Sí	Sí	
Euphorbiaceae	*Euphorbia postrata*	Golondrina	Sí		
Fabaceae	*Astragalus wootonii*	Cebollín	Sí	Sí	
Fabaceae	*Desmodium grahamii*	Correhuela	Sí		
Fabaceae	*Senna mensicola*	Frijolillo	Sí	Sí	
Lamiaceae	*Salvia ballotiflora*	Mejorana	Sí	Sí	Sí
Lamiaceae	*Salvia tiliifolia*	Chía cimarrona	Sí	Sí	Sí

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Loasaceae	*Mentzelia hispida*	Zazálic	Sí	Sí	
Liliaceae	*Milla biflora*	Mayito estrella	Sí		
Malvaceae	*Sida abutifolia*	Malva	Sí		
Malvaceae	*Sphaeralcea angustifolia*	Hierba del negro	Sí	Sí	
Martyniaceae	*Proboscidea louisiana*	Toritos	Sí	Sí	
Nyctaginaceae	*Mirabilis jalapa*	Maravilla	Sí	Sí	Sí
Nyctaginaceae	*Mirabilis viscosa*	Moradilla	Sí		
Onagraceae	*Calylophus hartwegii*	Amor de un rato	Sí	Sí	
Plumbaginaceae	*Plumbago pulchella*	Chilillo medicinal	Sí		Sí
Poaceae	*Aristida adscensionis*	Tres barbas anual	Sí	Sí	
Poaceae	*Aristida divaricata*	Tres barbas abierto	Sí	Sí	
Poaceae	*Bothriochloa barbinodis*	Popotillo plateado	Sí	Sí	
Poaceae	*Bouteloua gracilis*	Zacate navajita	Sí	Sí	
Poaceae	*Bouteloua hirsuta*	Pasto navajita	Sí		
Poaceae	*Bouteloua reederorum*	Zacate rueda	Sí	Sí	
Poaceae	*Bouteloua simplex*	Navajita simple	Sí		
Poaceae	*Bouteloua curtipendula*	Banderilla	Sí	Sí	
Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	Pasto buffel	Sí	Sí	Sí
Poaceae	*Chascolytrum subaristatum*	Linternita	Sí	Sí	

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Poaceae	*Chloris virgata*	Barbas de indio	Sí	Sí	Sí
Poaceae	*Eragrostis cilianensis*	Amor seco	Sí		
Poaceae	*Eragrostis intermedia*	Zacate llanero	Sí	Sí	
Poaceae	*Eragrostis pectinacea*	Zacate	Sí		Sí
Poaceae	*Erioneuron avenaceum*	Falso tridente avenaceo	Sí	Sí	
Poaceae	*Erioneuron pilosum*	Zacate borreguero	Sí	Sí	
Poaceae	*Erioneuron pulchellum*	Zacate borreguero	Sí	Sí	
Poaceae	*Melinis repens*	Pasto Africano rosado	Sí		
Poaceae	*Muhlenbergia rigida*	Grama	Sí	Sí	
Poaceae	*Setaria grisebachii*	Zacate tempranero	Sí	Sí	
Polemoniaceae	*Loeselia coerulea*	Banderilla	Sí	Sí	
Polygonaceae	*Rumex crispus*	Lengua de vaca	Sí		
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	Sí		Sí
Portulacaceae	*Talinopsis frutescens*	Talinum	Sí	Sí	Sí
Pteridaceae	*Astrolepis sinuata*	Helecho	Sí		
Pteridaceae	*Myriopteris aurea*	Helecho dorado	Sí		
Ranunculaceae	*Clematis drummondii*	Barba de viejo	Sí		Sí
Rhamnaceae	*Condalia ericoides*	Abrojo	Sí	Sí	Sí
Sapindaceae	*Cardiospermum halicacabum*	Farolitos			Sí
Solanaceae	*Datura quercifolia*	Toloache	Sí	Sí	

Versión Pública

Cuadro IV.48 Listado florístico de las especies reportadas en campo dentro de las comunidades vegetales del Área del Proyecto; derivado del muestreo de noviembre 2021 y agosto-septiembre 2022 (MC = Matorral Crasicaule; MDM = Matorral Desértico Micrófilo; VsaMDM = Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo).

Familia	Nombre científico	Nombre común	MDM	VsaMDM	MC
Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Cilindrillo	Sí		
Solanaceae	*Nicotiana glauca*	Tabaquillo	Sí		
Solanaceae	*Physalis heterophylla*	Tomatillo silvestre	Sí	Sí	Sí
Solanaceae	*Solanum elaeagnifolium*	Trompillo	Sí	Sí	
Solanaceae	*Solanum cardiophyllum*	Trompillo	Sí		
Solanaceae	*Solanum nigrescens*	Hierba mora	Sí		Sí
Solanaceae	*Solanum rostratum*	Mala mujer	Sí	Sí	
Verbenaceae	*Lippia graveolens*	Orégano de monte	Sí		
Xanthorrhoeaceae	*Asphodelus fistulosus*	Cebollín del mediterráneo	Sí	Sí	
Asteraceae	*Adenophyllum porophyllum*	Alcanfor		Sí	
Papaveraceae	*Argemone mexicana*	Chicalote		Sí	
Bromeliaceae	*Tillandsia recurvata*	Gallinitas	Sí		

Versión Pública

IV.3.2.1.2.8. Intensidad del muestreo en el AP

Se realizaron curvas de acumulación de especies, por tipo de vegetación para conocer la eficacia de los datos de riqueza obtenidos en el AP. Estos datos se muestran a continuación.

Matorral Crasicaule (MC)

La riqueza observada en la vegetación de Matorral Crasicaule dentro del AP es de 45 especies de plantas vasculares. En la **Figura IV.76** donde se observa la curva de acumulación de especies para los puntos de muestreo en el MC.

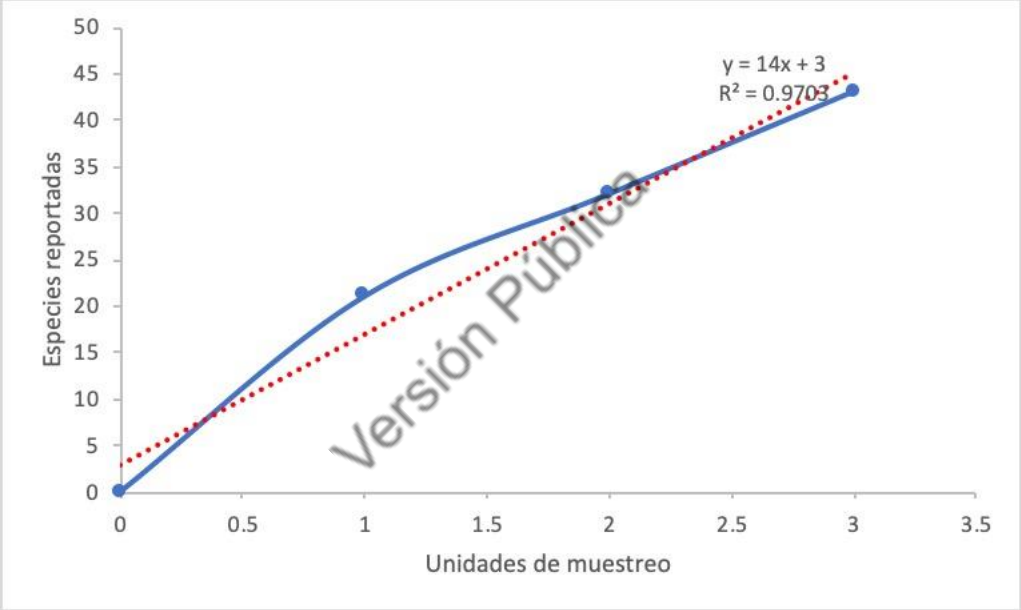


Figura IV.76 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral crasicaule en el Área del Proyecto.

Mediante los datos proyectados en la figura anterior, se demuestra que el total de sitios realizados son apenas suficientes para conocer la riqueza del MC en el AP. Respecto a los valores reales observados, lo cual refleja un eficiencia y confiabilidad similar en los datos de riqueza.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

La riqueza observada en la vegetación de matorral desértico micrófilo dentro del AP es de 148 especies de plantas vasculares, la cual alcanza una asíntota definida a partir de los 30 sitios de muestreo. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación de especies para estos sitios de muestreo (**Figura IV.77**).

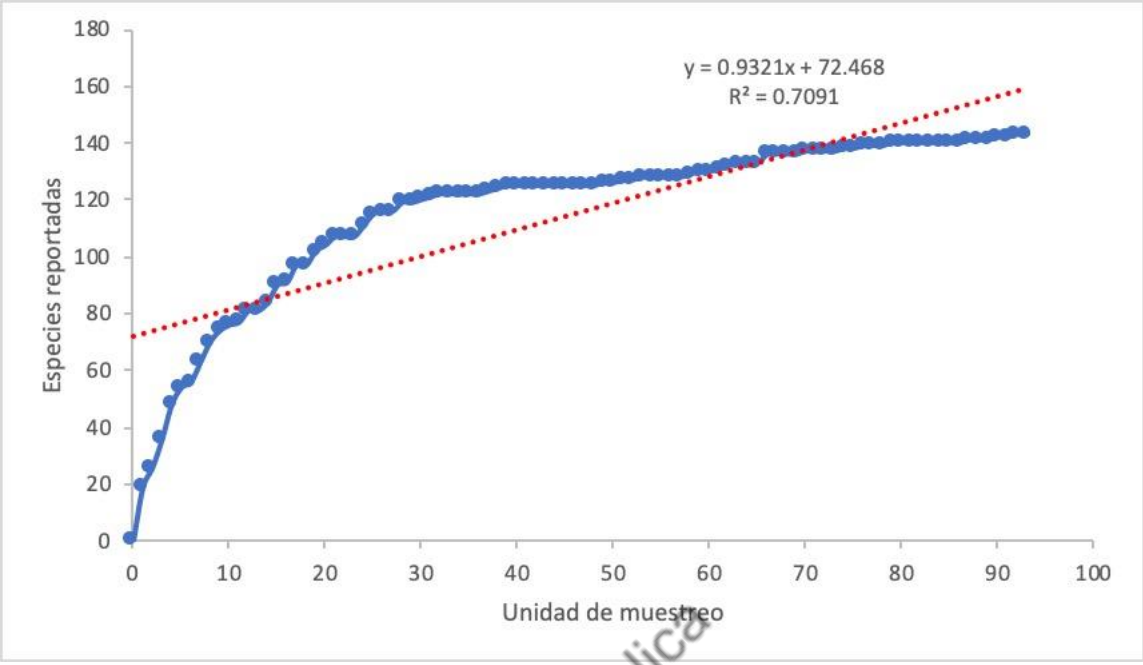


Figura IV.77 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para el matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto.

Versión Pública

Mediante los datos proyectados en la figura anterior, se demuestra que el total de sitios realizados son suficientes para conocer la riqueza del MDM en el AP. Mediante estos resultados se puede inferir que se encontró el número total de especies posibles, dentro del MDM en el AP, las cuales son 148 especies.

Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo

La riqueza observada en la Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo dentro del AP es de 86 especies de plantas vasculares, la cual comienza una asíntota a partir de los 8 sitios de muestreo, los cuales fueron realizados. A continuación, se presenta la figura donde se observa la curva de acumulación y la estimación de cada modelo (**Figura IV.78**).

Con la información presentada se garantiza que la información recabada de riqueza para los análisis de la vegetación con base en los muestreos es representativa y aceptada.

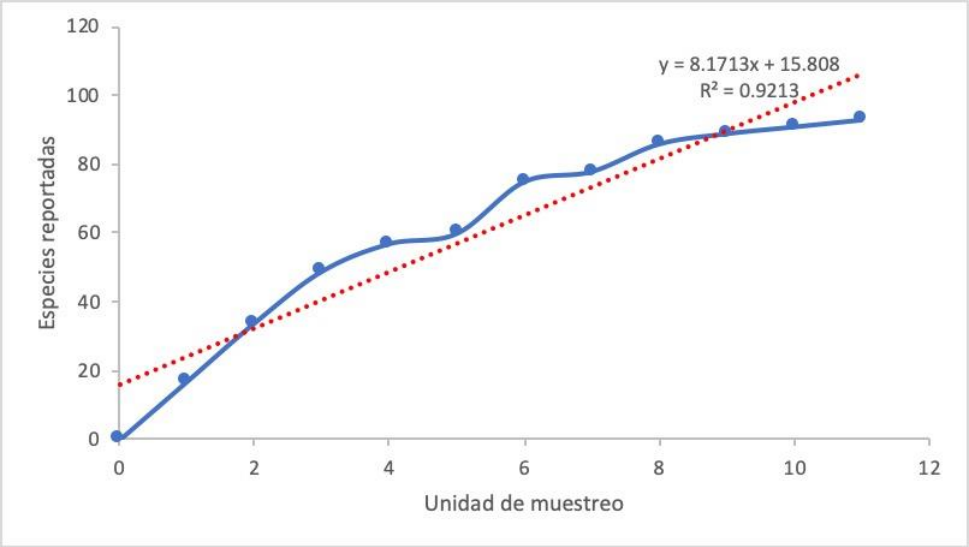


Figura IV.78 Curva de acumulación de especies observadas y estimadas para vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto.

Versión Pública

IV.3.2.1.2.9. Perfil de vegetación en el AP

En el **Matorral Crasicaule (MC)**, el estrato arbóreo está formado por individuos de 0.90 a 7.20 m, entre las especies que sobresalen se encuentran *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens*. El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas oscilan entre 0.01 a 4.00 m, algunas de las especies que destacan en este estrato son *Acacia neovernicosa, Aloysia gratissima, Dalea bicolor, Larrea tridentata* y *Mimosa aculeaticarpa.* Para el estrato herbáceo se registraron alturas de menos de 0.01 m a 1.20 m, siendo *Aristida adscensionis y Chloris virgata* las especies dominantes. En la **Figura IV.79** se muestra el perfil estratigráfico.

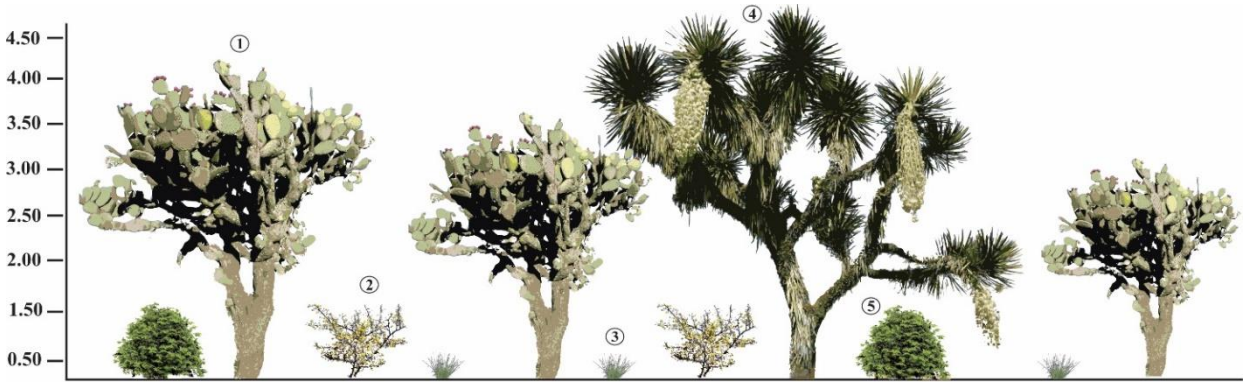


Figura IV.79 Perfil estratigráfico de matorral crasicaule en el Área del Proyecto, especies: 1. *Opuntia streptacantha*, 2. *Acacia neovernicosa*, 3. *Muhlenbergia rigida*, 4. *Yucca decipiens*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*.

Para el **Matorral Desértico Micrófilo (MDM)** el estrato arbóreo está formado por individuos de altura que va de 1.20 a 8.20 m, representado por las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens*. En el estrato arbustivo, se registraron especies con alturas que oscilan entre 4.30 y 0.02 m, entre las especies resaltantes se encuentran *Acacia neovernicosa*, *Jatropha dioica, Mimosa aculeaticarpa* y *Larrea tridentata.* El estrato herbáceo está integrado por individuos cuyas alturas son menores a 1.10 m, la especie con mayor proporción de individuos es *Aristida adscensionis* (**Figura IV.80**).

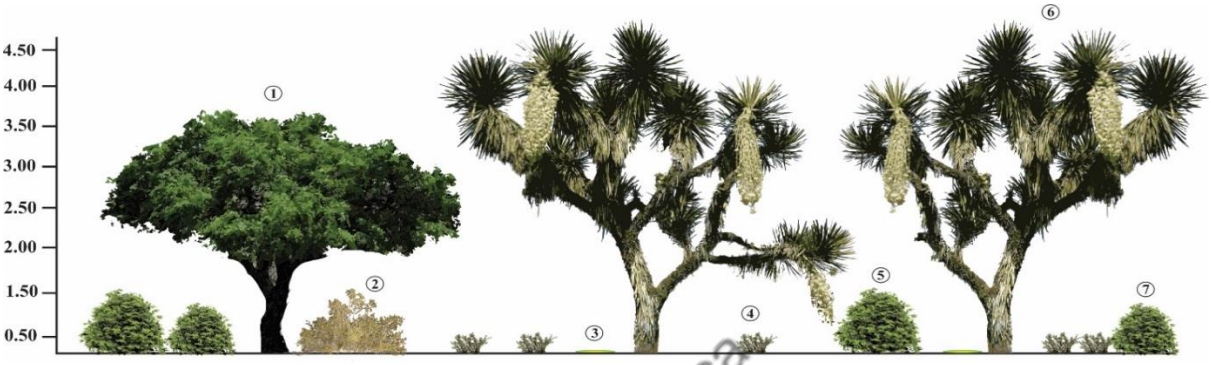


Figura IV.80 Perfil estratigráfico de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, especies: 1. *Prosopis laevigata*, 2. *Larrea tridentata*, 3. *Sanvitalia procumbens*, 4. *Jatropha dioica*, 5. *Mimosa aculeaticarpa*, 6. *Yucca decipiens*, 7. *Mimosa aculeaticarpa*.

Versión Pública

En la **Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (VsaMDM),** el estrato arbóreo está formado por individuos de 4.85 m, siendo *Prosopis laevigata* la especie resaltante. El estrato arbustivo está integrado por arbustos cuyas alturas van de 0.2 a 3.8 m, siendo las especies que destacan en este estrato *Larrea tridentata*, *Mimosa aculeaticarpa* y *Dalea bicolor.* Para el estrato herbáceo se registraron alturas menores de 0.70 m, con la especie más dominante *Cenchrus ciliaris* (**Figura IV.81**).

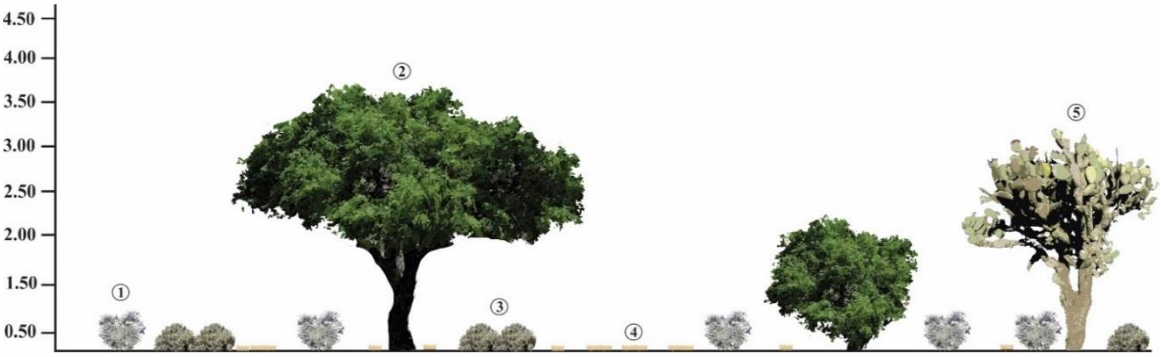


Figura IV.81 Perfil estratigráfico de vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, especies: 1. *Dalea bicolor,* 2. *Prosopis laevigata*, 3. *Buddleja scordioides*, 4. *Bothriochloa barbinodis*, 5. Opuntia *streptacantha.*

IV.3.2.1.2.10. Tipos de vegetación en el AP

En el Área del Proyecto (AP), las comunidades vegetales y uso de suelo que se desarrollan son: Matorral Desértico Micrófilo (88.5%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (6.5%), Matorral Crasicaule (1%), Agrícola de temporal (1.45%), Agrícola de riego (0.8%), área desprovista de vegetación (1.5%) y cuerpos de agua (0.2%) (**Figura IV.82** y **Cuadro IV.49**).

Cuadro IV.49 Uso de suelo y tipos de vegetación en el Área del Proyecto (AP)

Descripción	Superficie en el Área del Proyecto (hectáreas)	Porcentaje, %
Matorral desértico micrófilo	1,323.3422	90.92%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	74.4524	0.62%
Matorral crasicaule	9.0596	5.12%
Agricultura de riego	16.8312	1.70%
Agricultura de temporal	2.8729	1.16%
Cuerpo de agua	4.1276	0.20%
Área desprovista de vegetación	24.8064	0.28%
TOTAL	**1,455.4923**	**100.00%**

Versión Pública

De igual manera en que se describió la condición de estos ecosistemas a nivel del SAR, las comunidades vegetales referidas se encuentran en buen estado y algunas presentan un proceso de degradación propiciada por el pastoreo y el crecimiento de las áreas agrícolas. Cabe resaltar de la **Figura IV.82** y de lo que se reporta en el **Cuadro IV.49**, la fragmentación de la cobertura vegetal es muy limitada, observándose exclusivamente por la presencia de los caminos rurales (que representan 0.28% de la superficie del AP) y parches de áreas agrícolas al sur del AP, pero manteniendo la conectividad de los ecosistemas, lo que favorece la conservación de hábitats y de rutas de desplazamiento para fauna en el AP. Debe señalarse que esta conservación de la cobertura vegetal y la limitada fragmentación del AP, es consecuencia de la protección de los hábitats en su estado de línea base por el Promovente desde hace más de 20 años, lo que ha limitado la propagación de las actividades agrícolas.

A continuación, se presenta una breve descripción de la condición ecológica actual de estas comunidades forestales en el AP.

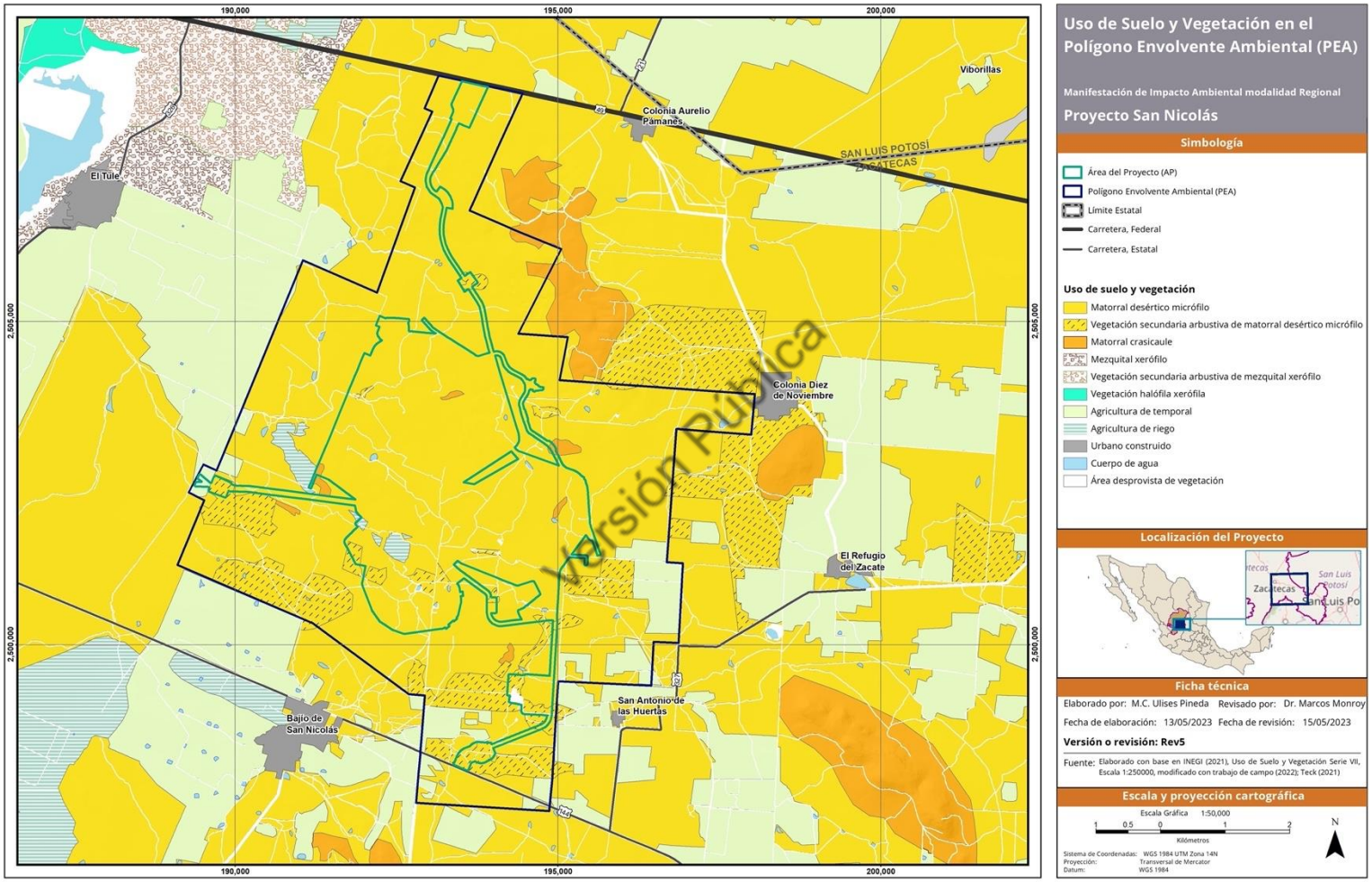


Figura IV.82 Mapa de uso de suelo y tipo de vegetación en el Área del Proyecto.

El **Matorral Desértico Micrófilo** (MDM) agrupa las comunidades en que las plantas que imprimen el carácter fisonómico a la vegetación corresponden a arbustos de hoja o foliolo pequeño. Estas agrupaciones son las que ocupan la mayor parte de la superficie del AP (90.9%). En el MDM predominan los elementos arbustivos de hoja pequeña que incluyen casi siempre a *Larrea tridentata*, *Mimosa aculeaticarpa y Jatropha dioica.* Esta comunidad en el AP se encuentra conservada y mantiene un alto grado de vegetación primaria, donde la dominancia son árboles de las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens.* En el estrato arbustivo se tiene a *Acacia neovernicosa*, *Dalea bicolor*, *Larrea tridentata*, *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*. En el estrato herbáceo sobresalen las especies *Aristida adscensionis*, *Cenchrus ciliaris* y *Sanvitalia procumbens* (**Figura IV.83**).


Versión pública

Figura IV.83 Matorral Desértico Micrófilo presente en el Área del Proyecto. Presencia de *Larrea tridentata.*

Matorral Crasicaule, dominancia fisonómica de plantas conspicuas, de tallos carnosos y que presentan formas y aspectos muy diversos. A pesar de que se encuentra dentro de zonas rurales y áreas agrícolas, se ha mantenido conservada, presentando algunos manchones con perturbación moderada. Las especies dominantes son: *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens* en el estrato arbóreo; *Acacia neovernicosa, Aloysia gratissima, Dalea bicolor, Jatropha dioica*, *Larrea tridentata, Mimosa aculeaticarpa* y *Zaluzania augusta var. Augusta* en el estrato arbustivo; y *Aristida adscensionis, Cenchrus ciliaris, Chloris virgata, y Salvia tiliifolia* en el estrato herbáceo (**Figura IV.84**).

Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo, está formada por varias especies que se han ido desarrollando después de haber presentado una perturbación por pastoreo o agrícola. Las especies que se desarrollan son por lo general invasoras o de vegetación aledaña a esta comunidad, sin embargo, la comunidad presente en el AP conserva especies de

vegetación primaria. Los individuos más sobresalientes: *Dalea bicolor, Prosopis laevigata, Buddleja scordioides* y *Opuntia streptacantha*. Entre las especies invasoras se encuentra *Bothriochloa barbinodis* (**Figura IV.85**).



Figura IV.84 Matorral Crasicaule presente en el Área del Proyecto. Se observan individuos de *Yucca decipiens, Opuntia streptacantha,* y arbustos de *Vachellia vernicosa* y *Larrea tridentata*.

Versión Pública



Figura IV.85 Vista de la Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo presente en el Área del Proyecto. Se observan una dominancia del estrato arbustivo con individuos de *Larrea tridentata* y en el estrato herbáceo a *Bothriochloa barbinodis.* Al fondo se observa una parte de la zona urbana.

IV.3.2.1.2.11. Formas vitales en el AP

Las formas vitales de las especies por tipo de vegetación se muestran en el **Cuadro IV.50**. El estrato arbustivo y herbáceo son los dominantes dentro de las tres comunidades vegetales. Lo cual, es muy común en estos ecosistemas.

Cuadro IV.50 Formas de vida, número de especies y tipos de vegetación en el Área del Proyecto.

Tipos de vegetación	Formas de vida o estrato		
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Matorral Crasicaule	1	17	27
Matorral Desértico Micrófilo	3	45	100
Vegetación Secundaria arbustiva Matorral Desértico Micrófilo	2	30	54

IV.3.2.1.2.12. Características estructurales en el AP

En el **Cuadro IV.51**, se presentan los parámetros ecológicos estructurales por tipo de vegetación y por estrato en el AP. En el **Anexo IV.51** se presenta la base de datos de los cálculos de los parámetros ecológicos estructurales por especie, estrato y tipo de vegetación en el AP.

Versión Pública

Cuadro IV.51 Datos ecológicos estructurales por estrato y tipo de vegetación en el Área del Proyecto.

Tipo Vegetación	Estrato	No. Especies	Densidad absoluta (ha)	Dominancia absoluta (m^2)	Frecuencia absoluta (n)
MC	arbóreo	1	0.0007	38.1704	0.3333
	arbustivo	17	0.1583	886.906	10.3333
	herbáceo	27	0.7933	461.862	10.3333
MDM	arbóreo	3	0.0037	195.076	0.9785
	arbustivo	45	0.3241	1286.169	14.5484
	herbáceo	100	1.4037	3,481	39.8065
VsaMDM	arbóreo	2	0.0048	235.1010	1.4545
	arbustivo	30	0.1723	544.7169	10.3636
	herbáceo	54	0.7195	314.051	8.8182

Dentro del estrato arbóreo se observa que la segunda especie en importancia es *Yucca decipiens* “palma”, no es común que esta especie se presente en el MC, sin embargo, debido a la

cercanía del MDM con el MC la "palma" ha logrado establecerse. La fuerte presencia de "palma" dentro del MC, aunado al valor bajo y disparejo de IVI que presenta el resto de las especies de nopales *Opuntia*, denota una calidad media a baja en la composición florística de este estrato. Con los recorridos en campo se pudo observar que la pérdida de individuos de nopales, elemento principal y característico de este tipo de vegetación han mermado en presencia y frecuencia debido al pastoreo extensivo, aprovechamiento furtivo para forraje y derribo de individuos para la extracción de rata de campo.

Las especies *Larrea tridentata* (gobernadora), *Dalea bicolor* (engordacabra), *Aloysia gratissima* (vara dulce) y *Mimosa aculeaticarpa* (Garabatillo; presentan el valor de importancia más alto del estrato arbustivo, lo cual resulta principalmente del elevado valor de densidad de individuos por hectárea y dominancia en cobertura. Estas especies son comunes en el estrato arbustivo de los matorrales crasicaules del altiplano mexicano, sin embargo, dentro de esta comunidad en el AP la abundancia y frecuencia resulta excesiva y los valores más altos del valor de importancia, deberían ser para las especies de cactáceas, las cuales ocupan una posición media en la tabla del cálculo del IVI del estrato arbustivo del MC, por lo cual se considera que la calidad ecológica del estrato arbustivo en estructura y composición es regular.

Versión Pública

IV.3.2.1.2.13. Cálculo de la diversidad en el AP

Se analizó la diversidad de la vegetación dentro del AP, mediante el cálculo del índice de abundancia relativa, del índice de Shannon y del índice de Simpson, asimismo se calcularon índices de dominancia y equidad, por especie, por estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo) y por tipo de vegetación. A continuación, se describe por tipo de vegetación presente en el AP. En el **Cuadro IV.52** se resumen los resultados de los cálculos de diversidad en el AP, mientras que en el **Anexo IV.51** se presenta la base de datos de todos los cálculos de la diversidad por especie, estrato y tipo de vegetación en el AP.

Cuadro IV.52 Datos ecológicos de diversidad por estrato y tipo de vegetación en el Área del Proyecto.

Tipo Vegetación	Estrato	pi^2 (Índice de SIMPSON)	H´ (Índice de SHANNON)	d (Dominancia):	d-1 (Diversidad)
MC	arbóreo	0.00000	-0.0060	0.00000	1.00000
	arbustivo	0.00000	-2.2411	0.14626	0.85374
	herbáceo	0.14626	-2.5952	0.1009	0.8991
MDM	arbóreo	0.1009	-0.5708	0.6592	0.3408
	arbustivo	0.6592	-2.7619	0.0927	0.9073

Cuadro IV.52 Datos ecológicos de diversidad por estrato y tipo de vegetación en el Área del Proyecto.

Tipo Vegetación	Estrato	pi^2 (Índice de SIMPSON)	H´ (Índice de SHANNON)	d (Dominancia):	d-1 (Diversidad)
	herbáceo	0.0927	-3.6308	0.0415	0.9585
VsaMDM	arbóreo	0.0415	-0.6525	0.5400	0.4600
	arbustivo	0.5400	-2.6129	0.1084	0.8916
	herbáceo	0.1084	-3.3205	0.0463	0.9537

IV.3.2.1.2.14. Especies en el AP con categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Dentro del AP se registraron solo una especie listada por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. En el **Cuadro IV.53** se presenta esta especie y su categoría en norma.

Versión Pública

Cuadro IV.53 Especies en categoría de NOM-059-SEMARNAT-2010 en el Área del Proyecto.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Cactaceae	*Coryphantha echinoidea*	Biznaga de pezón partido	**Pr**

Pr = Protección especial.

IV.3.2.1.2.15. Especies en el AP de interés biológico

En el **Cuadro IV.54** se enlistan las especies de interés biológico registradas en el AP, por lo que serán prioritarias para su manejo y preservación dentro del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, señalando en este mismo cuadro algunas de sus características por las cuales se justifica y atribuye su clasificación de interés biológico.

Cuadro IV.54 Especies de interés biológica registradas en el Área del Proyecto.

No.	Nombre científico	Nombre común	Familia	Estatus de NOM o interés biológico
1	*Echinocereus pectinatus*	Alicoche peine	Cactaceae	Especie Nativa de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
2	*Echinocereus enneacanthus*	Alicoche real	Cactaceae	Especie Nativa de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
3	*Echinocereus stramineus*	Alicoche	Cactaceae	Especie Nativa de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
4	*Ferocactus latispinus*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Especie Endémica de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
5	*Mammillaria magnimamma*	Biznaga de espina solitaria	Cactaceae	Especie Endémica de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
6	*Mammillaria uncinata*	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Especie Endémica de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
7	*Mammillaria longispina*	Biznaga chilitos	Cactaceae	Especie Endémica de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
8	*Thelocactus hexaedrophorus*	Biznaga pezón de seis lados	Cactaceae	Especie Endémica de México de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración.
9	*Agave parryi*	Maguey mezcal	Asparagaceae	Especie Nativa y Endémica de México
10	*Agave salmiana*	Maguey verde	Asparagaceae	Especie Nativa y Endémica de México
11	*Manfreda guttata*	Amole	Asparagaceae	Especie Endémica de México, de Lento Crecimiento y Difícil Regeneración
12	*Yucca decipiens*	Palma china	Asparagaceae	Especie Endémica y Nativa de México. De Importancia Ecológica-Económica.
13	*Ephedra compacta*	Sanguinaria	Ephedraceae	Especie Nativa de México

Versión Pública

IV.3.2.2. Fauna

La información que se presenta a continuación incluye los datos obtenidos previo y durante el trabajo de campo a través de muestreos realizados en el SAR y AP. De manera general, los ecosistemas que se distribuyen en el Estado de Zacatecas, están fuertemente amenazados por disturbio antropogénico. Numerosos procesos clave del ecosistema son vulnerables a la intervención humana, y la pérdida del capital natural está directamente relacionada con las pautas de consumo de energía, de aprovechamiento de la tierra y con el crecimiento demográfico.

De manera previa para el presente trabajo, se realizó la recopilación de datos documentales, generando un listado de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos con distribución potencial para la zona (**Anexo IV.58**), mismo que fue corroborado con los datos obtenidos del trabajo de

campo por lo que se generó un listado de la riqueza faunística que se asocia y presenta a nivel SAR, así como la identificación de las especies vulnerables o en riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. La compilación y análisis de la información documental previa fue de gran utilidad ya que se obtuvo un punto de referencia con el que se compararon los resultados del muestreo de fauna, permitiendo generar un diagnóstico objetivo de las condiciones actuales del SAR y su interacción con la fauna, específicamente en donde se pretende desarrollar el Proyecto.

IV.3.2.2.1. Regiones faunísticas

Previo a la descripción de la caracterización de fauna silvestre fue necesaria la identificación de la región biogeográfica a la que pertenecen, tal como se describe enseguida. Smith (1941) propuso inicialmente una clasificación de provincias bióticas de México con base en la distribución de especies de lagartijas del género *Sceloporus*; Dice (1943), a partir de la distribución de aves; Goldman y Moore (1945) con base en micromamíferos, Stuart (1964) con base en la distribución de diferentes grupos de vertebrados y Morrone (2001ª, b, 2002c, 2004ª, 2019), en la cual propuso una regionalización de consenso y en la que diferencia 14 provincias agrupadas en 2 regiones y una Zona de Transición. Las provincias son: 1) California, 2) Baja California, 3) Sonora, 4) Altiplano Mexicano, 5) Tamaulipas, 6) Península de Yucatán, 7) Sierra Madre Occidental, 8) Sierra Madre Oriental, 9) Eje Volcánico o Faja Volcánica Transmexicana, 10) Cuenca del Balsas, 11) Sierra Madre del Sur, 12) Costa Pacífica Mexicana, 13) Golfo de México, y 14) Chiapas (**Figura IV.86**).

Versión Pública

De manera particular, el SAR, AI y AP se distribuyen en la provincia: Altiplano Mexicano, de la región Neártica como se puede apreciar en la **Figura IV.87**. La Región Neártica, comprenden las áreas templado frías y áridas subtropicales, también se caracteriza por presentar bosques templados, así como grandes praderas y matorrales xerófilos (**Figura IV.87**). De acuerdo a lo anterior, se presenta continuación una breve descripción de los estudios realizados sobre la fauna silvestre, así como de los registros obtenidos para el estado en donde se incluye el Proyecto en los años más recientes.



Figura IV.86 Regionalización Biótica establecida por Morrone (2001ª, b, 2002c, 2004ª) para todo el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema Ambiental Regional.



Figura IV.87 Regiones zoogeográficas que se establecen para el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema Ambiental Regional.

IV.3.2.2.2. Registros por grupo taxonómico

IV.3.2.2.2.1. Anfibios y reptiles

El conocimiento de la herpetofauna en el Estado de Zacatecas es limitado. A la fecha, no se han realizado estudios herpetofaunísticos sistemáticos en el estado, por esta razón los listados resultan ser los trabajos más relevantes para la entidad. Campos-Rodríguez et al., (2004) y Ahumada-Carrillo et al., (2011), dieron a conocer varios nuevos registros de anfibios y reptiles para la entidad, en tanto se ha dado a conocer varios listados regionales de la herpetofauna zacatecana. De manera específica, de acuerdo a los estudios realizados en la entidad, para el grupo de los anfibios se reportan 25 especies que representan el 6.64% del total nacional. De los tres grupos de anfibios, solo existen representantes de anura y caudata, de las cuales son 22 especies de ranas y sapos y 3 especies de salamandras. En cuanto al grupo de los reptiles, para la entidad se tiene un registro de 108 especies distribuidas en 19 familias y 50 géneros, dos especies de tortugas de un solo género, 46 especies de lagartijas repartidas en 18 géneros y 60 especies de serpientes en 31 géneros.

Versión Pública

IV.3.2.2.2.2. Aves

El Estado de Zacatecas es considerado uno de los estados con menor diversidad de vertebrados en el país (Flores Villela y Gerez, 1994, Navarro-Sigüenza y Sánchez-González, 2003, Navarro-Sigüenza, *et al*. 2014), a pesar de que es el décimo estado en extensión territorial dentro de México; además, los estudios sobre su avifauna son escasos y los pocos que existen están caracterizados por una falta de continuidad, lo que también ocurre en otras regiones del país. En cuanto a los números de la avifauna de Zacatecas, está compuesta por un total de 353 especies con registros confirmados, agrupadas en 20 órdenes y 63 familias. El total de especies representa aproximadamente 31% de la avifauna nacional. Adicionalmente existen 45 especies cuya presencia es probable, es decir que no se cuenta con datos de localización geográfica precisa en el estado, o que necesitan ser Corroborados con especímenes alojados en alguna colección científica. El orden más diverso es el de los Passeriformes (aves de percha) con 186 especies, seguido por los Charadriiformes (gaviotas y playeritos) con 31 especies. Por su parte, las familias con mayor riqueza son: Tyrannidae (mosqueros, 29 especies) y Emberizidae (gorriones, 27 especies), seguidas de Parulidae (23 especies), Scolopacidae (playeros) y Anatidae (patos y gansos) con 17 especies cada una.

IV.3.2.2.2.3. Mamíferos

El Estado de Zacatecas se encuentra ubicado en el centro geográfico de México, al norte del Eje Volcánico Transversal. En cuanto a los estudios mastofaunísticos realizados en la entidad, se tiene que la mayor parte de ellos se han realizado en los últimos 60 años. En este mismo sentido se tienen registros de 8 órdenes, 21 familias, 69 géneros y 118 especies que se reconocen actualmente para el estado, de las cuales 31 son endémicas del país, pero ninguna exclusiva del estado. Los órdenes mejor representados son Rodentia (51 especies), Chiroptera (41) y Carnívora (15), lo que asemeja a la tendencia mundial y existen 15 taxones descritos con base en ejemplares procedentes del estado. En cuanto a la distribución de las especies, hay una mayor presencia de especies con afinidad neártica (74) que mesoamericana (29) y neotropical (15). Se han registrado 15 especies en algún listado de conservación nacional e internacional. Se considera que las poblaciones de cinco especies han replegado su distribución actual o fueron extirpadas del estado, y de estas, solo *Cynomys mexicanus* y *Antilocapra americana* han sido reintroducidas.

En el **Anexo IV.58**, se incluye el listado bibliográfico de las bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de las especies potenciales distribuidas en el SAR para anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Versión Pública

IV.3.2.2.3. Metodología y trabajo de campo ejecutado para el registro de la fauna silvestre

Previo al trabajo de campo, para cada uno de los grupos de vertebrados se realizó un listado potencial de las especies reportadas bibliográficamente que han sido colectadas o registradas cercanas o dentro del SAR, para ello se revisaron trabajos publicados en revistas científicas, libros, listados, guías de campo y bases de datos de colecciones científicas. Una vez conociendo la delimitación del AP, así como definido el SAR, se generó un listado potencial de especies con posible presencia y se llevó a cabo la visita de los puntos de muestreo, donde se consideraron diversos aspectos como: accesibilidad al punto tomando en cuenta tanto los aspectos fisiográficos como sociales, el tipo de vegetación, confiriendo prioridad a las zonas mejor conservadas (con ayuda de imágenes satelitales). De esta manera se llevó a cabo la técnica de registro por encuentros visuales (REV), la cual es útil para medir la composición de especies, abundancia, las asociaciones de hábitat y el nivel de actividad de las mismas (Lips&Reaser, 1999).

El muestreo de los grupos de vertebrados terrestres se llevó a cabo en transectos lineales, sin distancia estimada, puntos de muestreo y áreas de muestreo. En la **Figura IV.88**, se puede apreciar los transectos efectuados para el trabajo de campo para el registro de fauna silvestre.

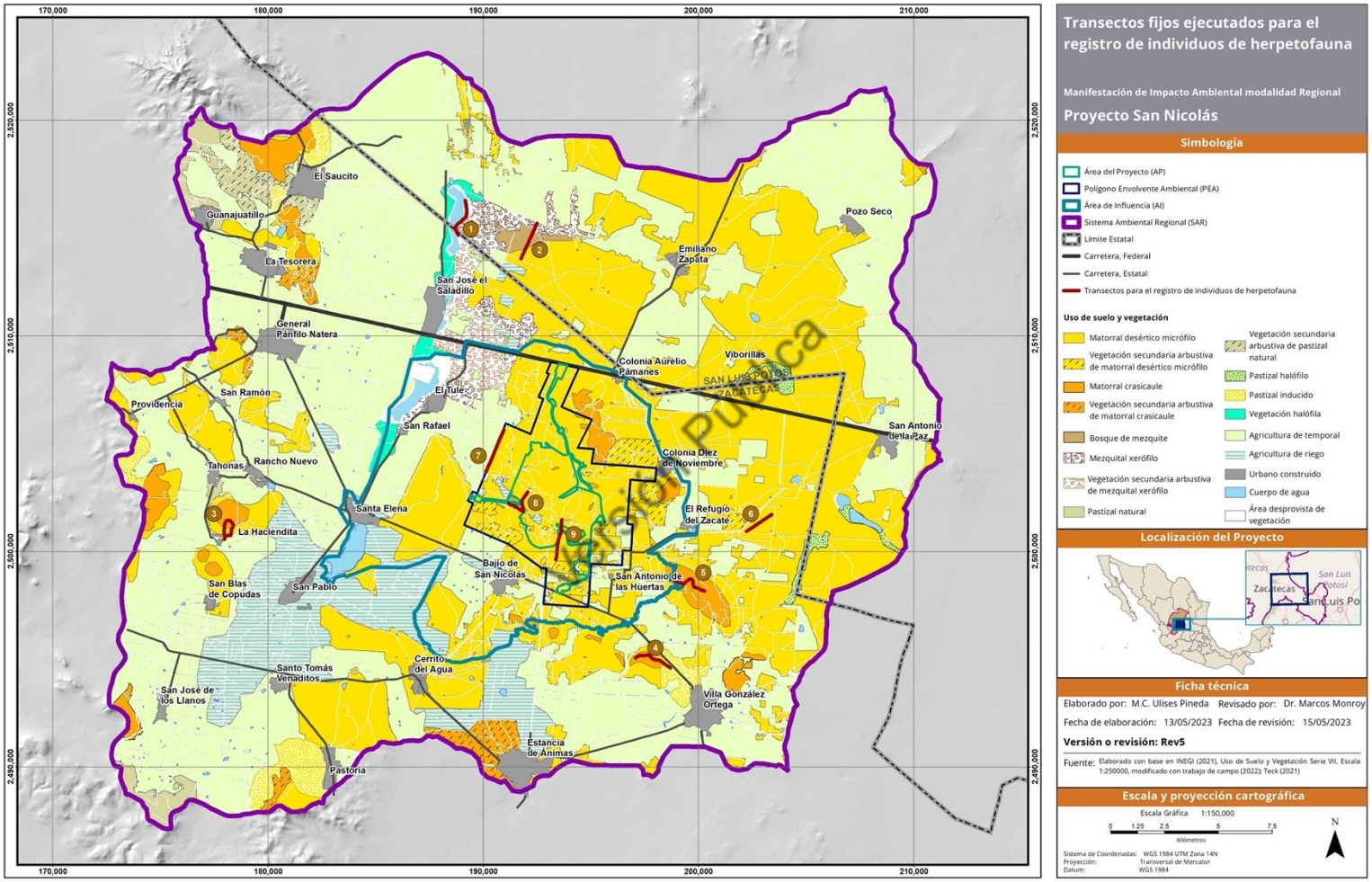


Figura IV.88 Representación esquemática de los recorridos o transectos efectuados durante el trabajo de campo para el registro faunístico en el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto.

La metodología de muestreo para el registro de fauna silvestre consistió en la observación, registro, captura y liberación de vertebrados, y referencias indirectas, por lo que en el **Anexo IV.52,** se incluye de manera extensiva la metodología y el trabajo de campo, en donde se habla más a detalle de las actividades ejecutadas para el registro de cada uno de los grupos faunísticos.

IV.3.2.2.4. Fauna silvestre del Sistema Ambiental Regional

IV.3.2.2.4.1. Composición y estructura

Para el trabajo de muestreo efectuado en el SAR, se reporta un total de riqueza de: 6 especies de anfibios (dos órdenes y 4 familias); 22 especies reptiles (dos órdenes y 7 familias); 147 especies de aves (16 órdenes y 42 familias); 33 especies de mamíferos (6 órdenes y 14 familias).

De las 208 especies registradas en el SAR, se tiene una abundancia absoluta para el grupo de anfibios con 155 individuos, reptiles con 292 individuos, aves con 10,194 individuos y mamíferos con 1,570 individuos.

Versión Pública

De acuerdo a la zoogeografía de las especies registrada, se tiene que el 12.51% tiene una distribución biogeográfica del Neártica, el 4.32% Neotropical y el 83.17% comparte los dos tipos de distribución.

De las especies registradas, se puede observar que 24 se encuentran dentro de una categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 208 con una categoría de la IUCN (siglas en inglés de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), y 23 presentan una clasificación dentro de los apéndices I, II o III del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres), como se aprecia en la **Figura IV.89**. En el **Anexo IV.59,** se incluye el listado faunístico de las especies registradas de manera directa e indirecta en el SAR, con su abundancia absoluta e índice de diversidad y abundancia.

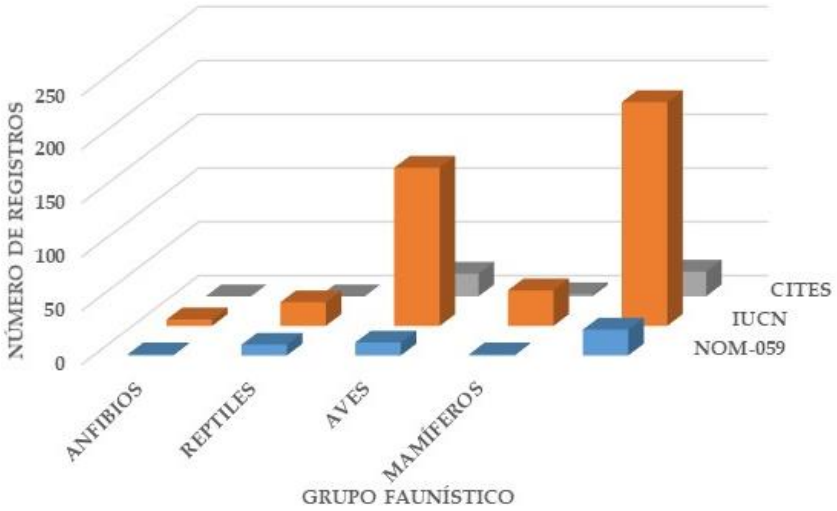


Figura IV.89 Número de especies de fauna con alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN o CITES registradas en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

IV.3.2.2.4.2. Índices de diversidad en el SAR

En cuanto a la abundancia y diversidad, en el **Cuadro IV.55**, se realizó el análisis por índices de diversidad para determinar cómo está la riqueza de especies, dominancia y equitatividad en el SAR. En el **Anexo IV.59,** se incluyen los cálculos de índices de diversidad por especie y grupo faunístico registrados de manera directa e indirecta en el SAR.

Cuadro IV.55 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Sistema Ambiental Regional.

Grupo faunístico	Índice de Shannon-Wiener	Simpson	H´MAX
General	3.896653453	0.034313498	5.33753808
Anfibios	1.591567900	0.222060354	1.791759469
Reptiles	2.142755391	0.185705573	3.091042453
Aves	3.507060081	0.04665006	4.990432587
Mamíferos	2.631105215	0.100410564	3.218875825

Los valores del índice de Shannon-Wiener en los ecosistemas varía entre 0.5 a 5, pero normalmente está entre los valores de 2 a 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los

bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total. H´max también considera estos valores, pero este no tiene un límite superior.

En el caso del índice de dominancia (o Simpson), también permite medir la riqueza de organismos o la cuantificación de biodiversidad en un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El índice representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero mayor es la biodiversidad de un hábitat.

Para el SAR se tiene una diversidad de 3.89 con una máxima de 5.33, lo cual atribuye a un valor alto de acuerdo a los índices que se utilizaron. El grupo faunístico que presento mayor diversidad fue el grupo de las aves con 3.50, seguido de los mamíferos con 2.63, los reptiles con 2.14 y por último los anfibios con 1.59. Las aves son un grupo que facilita mucho su registro en campo por el tipo de desplazamiento que tienen, además la mayoría de las especies abarcan grandes extensiones por lo que es muy probable que varias de ellas se observen en diferentes tipos de vegetación, a diferencia de los anfibios que por su bajo desplazamiento y hábitat en sitios más restringidos su biodiversidad disminuye.

Versión Pública

También con el índice de Simpson se pudo determinar que el grupo de los anfibios presentó la mayor dominancia, es decir, que algunas especies son predominantes en el SAR, a diferencia de las aves, que son pocas las especies que predominan, dando una mayor diversidad.

Es importante mencionar que, para el grupo de mamíferos no se tomó en cuenta para sus análisis de diversidad general a los murciélagos que se registraron a través del detector ultrasónico, ya que estos datos, al no tomar en cuenta el número de individuos, los resultados son meramente cualitativos. Sin embargo, más adelante se hace la descripción general de este grupo con sus resultados obtenidos a través del detector ultrasónico.

IV.3.2.2.4.3. Abundancia relativa en el SAR, por grupo taxonómico

Anfibios. Para este grupo, se registraron un total de 2 órdenes (caudata y anura), cuatro familias (Ambystomatidae, Bufonidae, Hylidae y Scaphiopodidae) y 6 especies donde la familia mejor representada fue la Bufonidae e Hylidae con dos especies cada una, seguida de la familia Ambystomatidae y Scaphiopodidae con una especie cada una. Respecto a su distribución biogeográfica, 3 de ellas presentan distribución Neotropical (50%), 1 con distribución Neártica

(16.7%) y 2 con distribución compartida (Neártica/Neotropical) (33.3%). Cabe mencionar que el grupo de los anfibios se distribuye en aquellos sitios donde la humedad en el sustrato es muy alta o hay presencia de cuerpos de agua, por lo que este grupo faunístico no se presentó en todos los puntos de muestreo. Se identificaron un total de 6 especies, de las cuales dos especies son endémicas (el ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*) y la rana arborícola de montaña (*Hyla eximia*)), una especie está listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (con categoría de Protección especial-Pr, tal es el caso de *Ambystoma velasci*). En cuanto a la lista roja del IUCN, se registraron que todas las especies presenta categoría *Least Concern* (LC), y, por último, ninguna de las especies registradas está presente en los apéndices del CITES. En el **Anexo IV.59,** se incluyen los cálculos de índices de diversidad por especie registrados de manera directa e indirecta en el SAR.

Reptiles. Para este grupo, se registraron un total dos órdenes (Squamata y Testudines), además de 7 familias, distribuidas en 22 especies donde la familia mejor representada fue la Phrynosomatidae y la Colubridae con siete especies cada una. Respecto a su distribución biogeográfica 11 de ellas presentan distribución Neártica (50%), 1 con distribución Neotropical (4.55%) y el 10 presenta distribución compartida tanto Neártica/Neotropical (45.45%). Se encontraron un total de 22 especies, de las cuales 8 especies son endémicas del país que se distribuye en la parte central y en los macizos montañosos de la Sierra Madre oriental y el eje volcánico (*Holbrookia approximans, Sceloporus cautus, Sceloporus goldmani, Sceloporus spinosus, Sceloporus torquatus, Conopsis nasus, Pituophis deppei* y *Kinosternon hirtipes*); 10 especies presentan alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (seis especies con categoría de Protección Especial-Pr (*Sceloporus grammicus, Hypsiglena jani, Crotalus molossus, Crotalus lepidus, Crotalus scutulatus* y *Kinosternon hirtipes*) y cuatro con categoría de Amenazadas-A (*Pituophis deppei, Masticophis flagellum, Thamnophis eques* y *Thamnophis cyrtopsis*)). En cuanto a la lista roja de la IUCN, 21 especies presentan categoría de *Least Concern* (LC) y solo una de ellas presenta categoría En Peligro (EN), tal es el caso de la lagartija espinosa de Goldman (*Sceloporus goldmani*). Por último, de las 22 especies registradas, ninguna de ellas se encuentra listada en algunos de los Apéndices del CITES.

Aves. Para este grupo, se registraron un total 16 órdenes, distribuidos en 44 familias y 147 especies, donde las familias mejor representadas fueron Anatidae (patos y gansos) con 16 especies, Tyrannidae (tiránidos) con 12 especies, Passerellidae (gorriones y zacatoneros) e Icteridae (calandrias y bolseros), con 11 especies, respectivamente. Respecto a su distribución geográfica 12 especies presentan una distribución Neártica (8.16%), 4 especies con distribución Neotropical (2.72%) y 131 especies con distribución Neártica/Neotropical (89.11%). Las aves son un grupo que debido a su amplio rango de distribución y por desplazamiento pueden abarcar gran cantidad de área incluyendo diversos tipos de vegetación o condiciones ambientales en el SAR. Se

Versión Pública

registraron un total de 147 especies; una de ellas con distribución endémica de México, tal es el caso del pato mexicano (*Anas diazi*); siete especies semiendémicas que son aquellas que se restringen a México solamente durante una parte de su ciclo anual: zumbador cola ancla (*Selasphorus platycercus*), colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), tirano chibiú (*Tyrannus vociferus)*, empidonax bajacolita (*Empidonax wrightii)*, gorrión pálido (*Spizella pallida)*, calandria cejas naranjas (*Icterus bullockii)* y calandria tunera (*Icterus parisorum*); cinco especies exóticas que son aquellas especies que no se distribuían con anterioridad en el país pero debido a las perturbaciones antrópicas e introducción no controlada pudieron adaptarse: paloma asiática doméstica (*Columba livia*), paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*), garza ganadera africana (*Bubulcus ibis)*, estornino pinto (*Sturnus vulgaris)*, gorrión casero (*Passer domesticus)*.

Del total de especies registradas, 12 especies se encuentran con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tales como: el pato mexicano (*Anas diazi*), el chorlo nevado (*Charadrius nivosus*), el águila real (*Aquila chrysaetos*) y el halcón mexicano (*Falco mexicanus*), bajo la categoría de Amenazadas (A) y el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), la grulla gris (*Antigone canadensis*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), la aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), la aguililla de Swainson (*Buteo swainsoni*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el colorín siete colores (*Passerina ciris*), con categoría de Protección especial (Pr). Respecto a la lista roja de la IUCN, 141 especies presentan categoría de Preocupación menor (LC), cinco especies con categoría Casi Amenazado (NT), como: el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*), el chorlo nevado (*Charadrius nivosus*), el papamoscas boreal (*Contopus cooperi*), el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*) y el pradero tortilla con chile (*Sturnella magna*) y una especie con categoría de Vulnerable (VU), tal es el caso de la bisbita llanera (*Anthus spragueii*). Y por último 21 especies se encuentran en los apéndices CITES: una en el apéndice I: halcón peregrino (*Falco peregrinus*), otra en el apéndice III: pijije canelo (*Dendrocygna bicolor*) y las demás en el apéndice II: Familias Trochilidae, Gruidae, Accipitridae, Falconidae, Strigidae.

Rutas migratorias de aves. La migración como fenómeno natural es afectada por factores bióticos y abióticos. Las variaciones en el clima, la conducta o la experiencia de cada individuo pueden alterar los patrones de migración de una temporada a otra. Por ello, aunque es difícil establecer a ciencia cierta la ruta exacta que seguirá un ave o una población en su migración, algunas siguen patrones generales o rutas migratorias. El alto porcentaje de aves migratorias presentes en México se debe a la ubicación donde, confluencia los corredores migratorios de Norteamérica denominados del Centro y del Mississippi y, de manera parcial, el del Pacífico. En esta región particular, se forma un cuello de botella en donde confluye una gran proporción de las especies de aves que usan tres de las cuatro rutas migratorias de Norteamérica. El SAR, forma parte de la ruta migratoria del centro, aunque no está claramente definida, sin embargo, se puede apreciar de manera general en la **Figura IV.90**.

Versión Pública

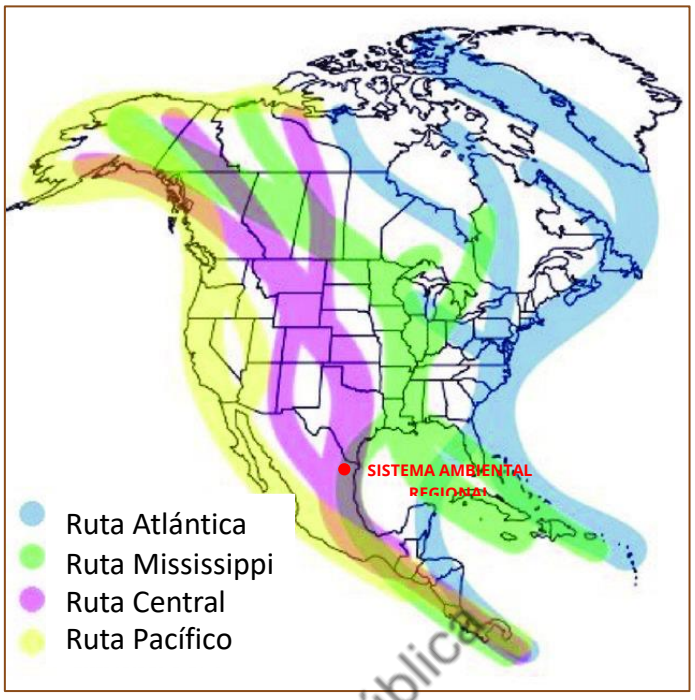


Figura IV.90 Mapa esquemático de rutas migratorias de aves de Norte América. Tomado de: http://birding.about.com/od/birdingbasics/ss/North-America-Migration-Flyways.htm.

Versión Pública

Se han hecho propuestas nacionales e internacionales para la conservación de las aves migratorias y unas de ellas son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), propuestas por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International (CONABIO, 2013), además de las Áreas Naturales Protegidas. De manera específica el SAR, no forma parte de ninguna AICA (Capítulo III de esta MIA-R). Respecto a las especies de aves que presentan algún tipo de migración son un total de 84 especies, para el SAR y algunas especies pueden presentar varios tipos de migración, además de ser residentes. En el **Cuadro IV.56**, se presentan las especies migratorias registradas en el SAR.

Cuadro IV.56 istado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta ni
Anser caerulescens	Ganso blanco	-	-	LC	-	MI	*
Anser albifrons	Ganso careto mayor	-	-	LC	-	MI	5
Spatula discors	Cerceta alas azules	-	-	LC	-	MI	17
Spatula cyanoptera	Cerceta canela	-	-	LC	-	MI, R	39
Spatula clypeata	Pato cucharón norteño	-	-	LC	-	MI	29
Mareca strepera	Pato friso	-	-	LC	-	MI	*
Mareca americana	Pato chalcuán	-	-	LC	-	MI	*
Anas acuta	Pato golondrino	-	-	LC	-	MI	7
Anas crecca	Cerceta alas verdes	-	-	LC	-	MI	2
Aythya collaris	Pato pico anillado	-	-	LC	-	MI	*
Aythya affinis	Pato boludo menor	-	-	LC	-	MI	*
Bucephala albeola	Pato monja	-	-	LC	-	MI	*
Oxyura jamaicensis	Pato tepalcate	-	-	LC	-	MI, R	*
Podiceps nigricollis	Zambullidor orejón	-	-	LC	-	MI	*
Columba livia	Paloma asiática doméstica	Exo	-	LC	-	I	12
Streptopelia decaocto	Paloma turca de collar	Exo	-	LC	-	I	10
Zenaida macroura	Huilota común	-	-	LC	-	MI,R	365
Chordeiles minor	Chotacabras zumbón	-	-	LC	-	T	*
Selasphorus rufus	Zumbador canelo	-	-	NT	II	T	44
Antigone canadensis	Grulla gris	-	Pr	LC	II	MI	*
Recurvirostra americana	Avoceta americana	-	-	LC	-	MI,R	69
Charadrius vociferus	Chorlo tildío	-	-	LC	-	MI,R	102
Charadrius semipalmatus	Chorlo semipalmeado	-	-	LC	-	MI	*
Charadrius nivosus	Chorlo nevado	-	A	NT	-	MI,MV	*
Numenius americanus	Zarapito pico largo	-	-	LC	-	MI	*
Calidris bairdii	Playero de Baird	-	-	LC	-	T	*
Calidris minutilla	Playero diminuto	-	-	LC	-	MI	8
Limnodromus scolopaceus	Costurero pico largo	-	-	LC	-	MI	*

Versión Pública

Cuadro IV.56 istado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta ni
Actitis macularius	Playero alzacolita	-	-	LC	-	MI	3
Tringa flavipes	Patamarilla menor	-	-	LC	-	MI	5
Tringa melanoleuca	Patamarilla mayor	-	-	LC	-	MI	3
Phalaropus tricolor	Falaropo pico largo	-	-	LC	-	T	*
Leucophaeus pipixcan	Gaviota de Franklin	-	-	LC	-	T	*
Pelecanus erythrorhynchos	Pelícano blanco americano	-	-	LC	-	MI	*
Ardea herodias	Garza morena	-	-	LC	-	MI	2
Ardea alba	Garza blanca	-	-	LC	-	R,MI	1
Bubulcus ibis	Garza ganadera africana	Exo	-	LC	-	R,MI	7
Butorides virescens	Garcita verde	-	-	LC	-	R,MI	*
Nycticorax nycticorax	Garza nocturna corona negra	-	-	LC	-	R,MI	3
Plegadis chihi	Ibis ojos rojos	-	-	LC	-	MI	6
Circus hudsonius	Gavilán rastrero	-	-	LC	II	MI	3
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	II	MI	3
Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra		Pr	LC	II	MI	20
Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson	-	Pr	LC	II	T	*
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	-	-	LC	II	MI,R	21
Falco sparverius	Cernícalo americano	-	-	LC	II	MI	7
Falco peregrinus	Halcón peregrino	-	Pr	LC	I	MI,R	1
Falco mexicanus	Halcón mexicano	-	A	LC	II	MI,R	4
Athene cunicularia	Tecolote llanero	-	-	LC	II	MI	*
Myiarchus cinerascens	Papamoscas cenizo	-	-	LC	-	MI,T	38
Tyrannus verticalis	Tirano pálido	-	-	LC	-	T	21
Tyrannus vociferus	Tirano chibiú	SE		LC	-	T	15
Contopus cooperi	Papamoscas boreal	-	-	NT	-	T	7
Contopus sordidulus	Papamoscas del oeste	-	-	LC	-	MV	3
Empidonax hammondii	Papamoscas de Hammond	-	-	LC	-	MI	11
Empidonax wrightii	Papamoscas bajacolita	SE	-	LC	-	MI	7

Versión Pública

Cuadro IV.56 istado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta ni
Sayornis phoebe	Papamoscas fibí	-	-	LC	-	MI	1
Sayornis saya	Papamoscas llanero	-	-	LC	-	MI	138
Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	-	-	LC	-	MI,R	67
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	-	-	NT	-	MI,R	51
Corvus cryptoleucus	Cuervo llanero	-	-	LC	-	MI	23
Stelgidopteryx serripennis	Golondrina alas aserradas	-	-	LC	-	MI,R,T	5
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	-	-	LC	-	T,MV,R	145
Petrochelidon pyrrhonota	Golondrina risquera	-	-	LC	-	T,MV	35
Troglodytes aedon	Saltapared común	-	-	LC	-	MI,R	*
Regulus calendula	Reyezuelo matraquita	-	-	LC	-	M	*
Sturnus vulgaris	Estornino pinto	Exo	-	LC	-	I	*
Phainopepla nitens	Capulinero negro	-	-	LC	-	MV	7
Passer domesticus	Gorrión casero	Exo	-	LC	-	I	26
Anthus rubescens	Bisbita norteamericana	-	-	LC	-	MI	*
Anthus spragueii	Bisbita llanera	-	-	VU	-	MI	3
Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	-	-	LC	-	M	155
Spizella passerina	Gorrión cejas blancas	-	-	LC	-	MV	718
Spizella pallida	Gorrión pálido	SE	-	LC	-	MI	1
Pooecetes gramineus	Gorrión cola blanca	-	-	LC	-	MI	*
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	-	-	LC	-	MI	15
Pipilo chlorurus	Rascador cola verde	-	-	LC	-	M	*
Xanthocephalus xanthocephalus	Tordo cabeza amarilla	-	-	LC	-	M	*
Icterus bullockii	Calandria cejas naranjas	SE	-	LC	-	MI	*
Icterus galbula	Calandria de Baltimore	-	-	LC	-	MI,T	*
Euphagus cyanocephalus	Tordo ojos amarillos	-	-	LC	-	MI	*
Parkesia noveboracensis	Chipe charquero	-	-	LC	-	MI	*
Leiothlypis ruficapilla	Chipe cabeza gris	-	-	LC	-	MI	*
Setophaga petechia	Chipe amarillo	-	-	LC	-	R,MI,T,MV	2

Versión Pública

Cuadro IV.56 istado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta ni
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	-	-	LC	-	MI	68
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	-	-	LC	-	MI	4
Passerina caerulea	Picogordo azul	-	-	LC	-	MI,R	4
Passerina ciris	Colorín sietecolores	-	Pr	LC	-	MI,T	1

ENDEMICIDAD: E- Endémica, CE-Cuasiendémica, SE-Semiendémica, Exo-Exótica, A-Accidental; **NOM-059-SEMARNAT-2010**: E-probablemente extinta en el medio silvestre, P-en peligro de extinción, A-amenazadas, Pr-sujetas a protección especial; **IUCN**: Lr-*lower risk*, LC-*least concern*, NT-*near threatened*, VU-*vulnerable*, EN-*endangered*, CR-*critically endangered*, EW-*Extinct in the wild*, EX-*Extinct*; **CITES**: I-Se encuentra en apéndice I, II-Se encuentra en apéndice II, III-Se encuentra en apéndice III; **ESTACIONALIDAD**: MI- Migratorios de invierno (en época de no reproducción), T- Transitorio (de paso en migración), MV- Migratorio de verano (en época de reproducción), R- Residente durante todo el año, I: Introducida. *Registrada de manera indirecta.

Versión Pública

Mamíferos. Para este grupo, se registraron un total seis órdenes, distribuidos en 14 familias y en 33 especies de mamíferos donde las familias mejor representadas fueron la Muridae con ocho especies y la Vespertilionidae con seis especies. El resto de familias está integrado por una o dos especies, respectivamente. En cuanto a la distribución geográfica una especie presentan distribución Neártica (3.0%), dos especies con distribución Neotropical (6.1%) y 30 especies con distribución Neártica y Neotropical (90.9%).

Se registraron en campo en el SAR, un total de 33 especies. Donde el ratón orejas negras (*Peromyscus melanotis*) fue la única especie endémica y solo el tlacoyote (*Taxidea taxus*) presenta categoría de Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Respecto a la lista roja de la IUCN, todas las especies presentan categoría *Least Concern* o preocupación menor (LC). Con respecto al CITES, solo el pecaría de collar (*Pecari tajacu*) y el lince (*Lynx rufus*), se ubican en el apéndice II del CITES.

Murciélagos. En este apartado se integran los datos registrados por el detector ultrasónico para murciélagos modelo M500-384 de la Marca Petterson Elektronik, conectado a un Tablet Galaxy Tab A (2106) modelo SM-T280, el cual se usó para poder guardar y grabar dichos llamados mediante la aplicación Bat Recorder versión 1.0R129. Con el tipo de información generada por este método, no se puede saber el número de individuos por cada especie, ya que la información arrojada solo es la identificación de la especie, cada vez que se toma un registro no sabemos si es la ecolocación del mismo individuo o de otro. De manera general la actividad de los murciélagos en todos los

puntos de muestreo es considerada de moderada a baja, debido a que la temporada de lluvias y secas fue un factor importante en el monitoreo, no obstante, se puede mencionar que los puntos con más actividad y donde se colocó el dispositivo de grabación presentan mayor cobertura y algunos cuerpos de agua, lo cual implica una mayor disponibilidad de recursos, tanto alimenticios como de descanso y protección. Es incuestionable la enorme importancia que poseen los cuerpos de agua para cualquier grupo faunístico, incluyendo el orden Chiroptera, pues de ellos depende su sobrevivencia y permanencia, así como el buen funcionamiento y equilibrio del ecosistema. Para el SAR se registraron un total de 8 especies de murciélagos, pertenecientes a 2 familias como la Molossidae con 2 especies y la Vespertilionidae con 6 especies como se aprecia en el **Cuadro IV.57**.

Cuadro IV.57 Listado de murciélagos registrados en el Sistema Ambiental Regional.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Endémica	NOM 059	IUCN	CITES
Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops macrotis*	Murciélago cola suelta mayor	-	-	LC	-
		Tadarida brasiliensis	Murciélago cola suelta	-	-	LC	-
	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	-	-	LC	-
		Lasiurus blossevillii	Murciélago cola peluda de Blossevil	-	-	LC	-
		Lasiurus cinereus	Murciélago cola peluda canoso	-	-	LC	-
		Myotis californicus	Miotis californiano	-	-	LC	-
		Myotis occultus	Miotis de Arizona	-	-	LC	-
		Myotis yumanensis	Miotis de Yuma	-	-	LC	-

ENDEMICIDAD: Endémica: E; SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E: probablemente extinta en el medio silvestre; P: peligro de extinción; A: amenazadas; Pr: sujetas a protección especial; IUCN: LC-*least concern*; NT-*near threatened*; VU-*vulnerable*; EN-*endangered*; CR-*critically* endangered; EW-*Extinct in the wild*; EX-*Extinct*; CITES: I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; ABUNDANCIA ABSOLUTA: *El registro de estas especies fue mediante registros indirectos, tales como entrevistas y bibliografía especializada, por lo cual no se cuenta con un número exacto de individuos y solo se reporta con presencia en el listado. ** El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo, en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

Versión Pública

La especie que presentó mayor número de pases fue el murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), seguido del murciélago cola peluda canoso (*Lasiurus cinereus*). Las especies que presentaron menor número de registros fueron el murciélago moreno norteamericano (*Eptesicus fuscus*), el miotis de Arizona (*Myotis occultus*), el murciélago orejudo de California (*Myotis californicus*) y el murciélago miotis de Yuma (*Myotis yumanensis*).

IV.3.2.2.4.4. Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, incluidas en el CITES y en la IUCN, registradas en el SAR

En el SAR, se registraron un total de 19 especies que presentan algún tipo de endemicidad (endémicas o semiendémicas), de las cuales 12 son endémicas de México, tales como: el ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*), la rana arborícola de montaña (*Dryophytes eximia*), la cachorrita (*Holbrookia approximans*), la lagartija espinosa tímida (*Sceloporus cautus*), la lagartija espinosa de Goldman (*Sceloporus goldmani*), la lagartija espinosa mexicana (*Sceloporus spinosus*), la lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*), la culebra gris nariz de pala (*Conopsis nasus*), el alicante (*Pituophis deppei*), la tortuga pecho quebrado pata rugosa (*Kinosternom hirtipes)*, el pato mexicano (*Anas diazi*) y el ratón orejas negras (*Peromyscus melanotis*); siete especies con distribución cuasiendémica, tales como: el zumbador cola ancha (*Selasphorus platycercus*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el tirano chibiú (*Tyrannus vociferus*), el papamoscas bajacolita (*Empidonax wrightii*), el gorrión pálido (*Spizella pallida)*, la calandria cejas naranjas (*Icterus bullockii*) y la calandria tunera (*Icterus parisorum*); además de 5 especies exóticas o introducidas: la paloma asiática domestica (*Columba livia*), la paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*), la garza ganadera africana (*Bubulcus ibis)*, el estornino pinto (*Sturnus vulgaris)* y el gorrión casero (*Passer domesticus)*.

Versión Pública

De acuerdo con el número total de especies faunísticas registradas dentro del SAR, se tiene que 24 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 1 es un anfibio, 10 son reptiles, 12 aves y 1 mamífero.

En el **Cuadro IV.58**, se pueden observar los registros que cuentan estatus de endémico, así como aquellas listadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, aquellas listadas en la IUCN y CITES con su abundancia absoluta.

Para los anfibios, todas las especies presenta categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN. Por otra parte, ninguna especie está presente en los apéndices del CITES.

Para los reptiles, 21 especies presentan categoría de *Least Concern* (LC) y solo una de ellas con categoría de En peligro (EN), tal es el caso de la lagartija espinosa de Goldman (*Sceloporus goldmani*). Por último, de las 22 especies registradas, ninguna de ellas se encuentra listada en alguno de los Apéndices del CITES.

En cuanto al grupo de las aves, 141 especies registradas presentan categoría *Least Concern*; 5 especies presentan categoría de casi Amenazado (NT), tales como: el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*), el chorlo nevado (*Charadrius nivosus*), el papamoscas boreal (*Contopus cooperi*), el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*) y el pradero tortillaconchile (*Sturnella magna*) y una especie bisbita llanera (*Anthus spragueii*), presenta categoría de Vulnerable (VU). Y por último

21 especies se encuentran en los apéndices CITES: una en el apéndice I: el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), otra en el apéndice III: pijije canelo (*Dendrocygna bicolor*) y las demás en el apéndice dos: Familia Trochilidae, Gruidae, Accipitridae, Falconidae y Strigidae.

Para los mamíferos, respecto a la lista roja de la IUCN, todas las especies presentan categoría *Least Concern*. La familia Tayassuidae y Felidae, es la que se ubica en los Apéndices CITES.

Cuadro IV.58 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Abundancia absoluta (N)
ANFIBIOS						
Ambystoma velasci	Ajolote del altiplano	E	Pr	LC	-	2
Dryophytes eximia	Rana arborícola de montaña	E	-	LC	-	35
TOTALES						**37**
REPTILES						
Holbrookia approximans	Cachorita	E	-	LC	-	39
Sceloporus cautus	Lagartija espinosa tímida	E	-	LC	-	1
Sceloporus goldmani	Lagartija espinosa de Goldman	E	-	EN	-	1
Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa del mezquite	-	Pr	LC	-	12
Sceloporus spinosus	Lagartija espinosa mexicana	E	-	LC	-	41
Sceloporus torquatus	Lagartija espinosa de collar	E	-	LC	-	28
Conopsis nasus	Culebra gris nariz de pala	E	-	LC	-	5
Pituophis deppei	Alicante	E	A	LC	-	11
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	-	A	LC	-	4
Hypsiglena jani	Culebra nocturna del noreste	-	Pr	LC	-	3
Thamnophis eques	Culebra de agua nómada mexicana	-	A	LC	-	7
Thamnophis cyrtopsis	Culebra lineada de bosque	-	A	LC	-	1
Crotalus molossus	Cascabel de cola negra	-	Pr	LC	-	7
Crotalus lepidus	Cascabel gris	-	Pr	LC	-	7
Crotalus scutulatus	Cascabel del altiplano	-	Pr	LC	-	4
Kinosternon hirtipes	Tortuga pecho quebrado pata rugosa	E	Pr	LC	-	11
TOTALES						**182**

Versión Pública

Cuadro IV.58 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Abundancia absoluta (N)
AVES						
Dendrocygna bicolor	Pijije canelo	-	-	LC	III	2
Anas diazi	Pato mexicano	E	A	LC	-	86
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	-	Pr	LC	-	6
Columba livia	Paloma asiática doméstica	Exo	-	LC	-	12
Streptopelia decaocto	Paloma turca de collar	Exo	-	LC	-	10
Selasphorus platycercus	Zumbador cola ancha	SE	-	LC	II	*
Selasphorus rufus	Zumbador canelo	-	-	NT	II	44
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	SE	-	LC	II	42
Antigone canadensis	Grulla gris	-	Pr	LC	II	*
Charadrius nivosus	Chorlo nevado	-	A	NT	-	*
Bubulcus ibis	Garza ganadera africana	Exo	-	LC	-	7
Elanus leucurus	Milano cola blanca	-	-	LC	II	1
Circus hudsonius	Gavilán rastrero	-	-	LC	II	3
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	II	3
Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	-	Pr	LC	II	20
Geranoaetus albicaudatus	Aguililla cola blanca	-	Pr	LC	II	5
Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson	-	Pr	Lc	II	*
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	-	-	LC	II	21
Aquila chrysaetos	Águila real	-	A	LC	II	*
Caracara cheriway	Caracara quebrantahuesos	-	-	LC	II	110
Falco sparverius	Cernícalo americano	-	-	LC	II	7
Falco peregrinus	Halcón peregrino	-	Pr	LC	I	1
Falco mexicanus	Halcón mexicano	-	A	LC	II	4
Tyto alba	Lechuza de campanario	-	-	LC	II	*
Megascops kennicottii	Tecolote del oeste	-	-	LC	II	*
Bubo virginianus	Búho cornudo	-	-	LC	II	3
Athene cunicularia	Tecolote llanero	-	-	LC	II	*

Versión Pública

Cuadro IV.58 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental Regional.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Abundancia absoluta (N)
Tyrannus vociferus	Tirano chibiú	SE	-	LC	-	15
Contopus cooperi	Papamoscas boreal	-	-	NT	-	7
Empidonax wrightii	Papamoscas bajacolita	SE	-	LC	-	7
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	-	-	NT	-	51
Sturnus vulgaris	Estornino pinto	Exo	-	LC	-	*
Passer domesticus	Gorrión casero	Exo	-	LC	-	26
Anthus spragueii	Bisbita llanera	-	-	VU	-	3
Spizella pallida	Gorrión pálido	SE	-	LC	-	1
Sturnella magna	Pradero tortillaconchile	-	-	NT	-	2
Icterus bullockii	Calandria cejas naranjas	SE	-	LC	-	*
Icterus parisorum	Calandria tunera	SE	-	LC	-	*
Passerina ciris	Colorín sietecolores	-	Pr	LC	-	1
TOTALES						**500**
MAMÍFEROS						
Pecari tajacu	Pecarí de collar	-	-	LC	II	115
Lynx rufus	Lince	-	-	LC	II	81
Taxidea taxus	Tlalcoyote	-	A	LC	-	*
Peromyscus melanotis	Ratón orejas negras	E	-	LC	-	17
TOTALES						**213**

ENDEMICIDAD: E-Endémica, CE-Cuasiendémica, SE-Semiendémica, Exo-Exótica, A-Accidental; **NOM-059-SEMARNAT-2010**: A= Amenazada, P=En Peligro de Extinción, Pr= Sujeta a Protección especial; **IUCN**: LC-*least concern*; NT-*near threatened*; VU-*vulnerable*; EN-*endangered*; CR-*critically endangered*; EW-*Extinct the wild*; EX-*Extinct*; DD-*data deficient*. **CITES**: Apéndice I (Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas). * Especies registradas de manera indirecta.

Versión Pública

IV.3.2.2.4.5. Especies indicadoras, de aprovechamiento y sus gremios tróficos en el SAR

Los anfibios son un grupo cuyo aprovechamiento en el mercado mundial abarca varios sectores productivos. Desde la industria de la cosmetología en la producción de ceras y reactivos que son extraídos de su piel y carne; la peletería, donde la piel o es utilizada para hacer carteras, cintos y otros artículos; o en la medicina, donde algunos elementos secretados por su piel se utilizan como antibióticos, alucinógenos, calmantes del dolor, entre otros (Lips *et al*., 2001). Actualmente, el comercio de este grupo como mascotas es uno de los más rentables en ese mercado (Young *et al*., 2004).

El uso de los anfibios como un recurso en México es amplio. Antes de la llegada de los españoles, nuestros antepasados indígenas incluían dentro de sus dietas algunos anuros como las ranas leopardo (*Lithobates* spp.) (Lee, 1996; Cedeño-Vázquez et al., 2006; Calderón-Mandujano et al. en prensa). Sin embargo, en el SAR, no se registró ninguna especie consideradas como invasoras o exóticas invasoras. Estas especies pueden generar un impacto negativo severo sobre las especies nativas y los ecosistemas naturales, lo que puede resultar en pérdidas para la diversidad biológica.

Versión Pública

Los anfibios registrados en el SAR (*Ambystoma velasci, Anaxyrus cognatus, Anaxyrus punctatus, Dryophytes arenicolor, Dryophytes eximius*, *Spea multiplicata,* entre otras*)* son indicadores de la buena calidad del hábitat. Los anfibios son conocidos como un eslabón importante en la cadena trófica (proceso de transferencia de energía alimenticia a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente). Son principalmente insectívoros, con lo cual ayudan en el control de zancudos y otros insectos que transmiten enfermedades a los seres humanos. Necesitan de la tierra y del agua para desarrollarse. Respiran por la piel, por lo tanto, son buenos indicadores de la contaminación del medio ambiente.

A pesar de ser sumamente temidas, las víboras de cascabel (*Crotalus* spp) gozan de una gran reputación en la terapéutica tradicional, pues constituye una verdadera panacea para la curación de un sinnúmero de enfermedades. Su carne y grasa son los elementos más utilizados, preparados y administrados en distintas formas y dosis, dependiendo del mal que se desee curar. Los merolicos acostumbran a pregonar las múltiples virtudes de la víbora, explicando que, al comer animalitos, aquélla asimila propiedades de estos combinándolas con las propias.

La ingestión de la carne fresca, cocida, seca o en polvo se reporta para el tratamiento de acné, alergias, anemia, anginas, asma, artritis, cálculos biliares, cálculos renales, cáncer, ciática, cirrosis, cistitis, colitis, conjuntivitis, diabetes, diarreas, enfermedades venéreas, enfermedades eruptivas, hemorroides, hinchazones, impotencia sexual, leucemia, lumbago, mal del pinto,

mareos, mezquinos, piorrea, quebraduras, reumas, sarna, torceduras, tumores, úlceras, várices, etcétera.

La grasa es ampliamente recomendada, en especial para el tratamiento de trastornos musculoesqueléticos como los derivados del cansancio, dolor de espalda, huesos y piernas, lumbago, quebraduras, reumas, torceduras y otros padecimientos atribuidos a la frialdad. En el SAR, se registraron 3 especies de la familia viperidae, las cuales son aprovechadas, como alimento, como medicina y por su piel (*Crotalus molossus, Crotalus scutulatus, Crotalus lepidus*), al igual que las tortugas de la familia Kinosternidae (*Kinosternon hirtipies*).

Respecto a la composición de la avifauna en función de los gremios alimenticios, esta se encuentra relacionada con la estructura de la vegetación. En los ambientes tropicales, los hábitats modificados son muy importantes para una gran cantidad de especies carnívoras, granívoras e insectívoras ya que de forma temporal o permanente proveen de dichos recursos dependiendo de su fenología y estacionalidad. Por otro lado, los hábitats con una estructura de vegetación más compleja y formada por varios estratos de cobertura se presentan principalmente especies de hábitos insectívoros, frugívoros y nectarívoros (Ramírez-Albores, 2010). Los resultados en este estudio, indican que los hábitats modificados (i.e., vegetación secundaria, cultivos, potreros) presentaron una proporción mayor de especies e individuos de hábitos carnívoros y granívoros comparados con los hábitats originales (i.e., matorral crasicaule).

Versión Pública

En este estudio se registraron especies de aves que presentan solo un tipo de gremio, los cuales incluyen las carnívoras, las carroñeras, las granívoras, las insectívoras y las omnívoras y piscívoras. El gremio de especies insectívoras es el más abundante, en su mayoría del orden de los Passeriformes.

Las especies que presentan dos o más gremios conforman un total de 72 especies. Entre las registradas con gremio omnívoro se encuentran *Fulica americana* y *Quiscalus mexicanus* que son tolerantes a grandes perturbaciones de su hábitat por lo que sus patrones de alimentación pudieron modificarse a lo largo del tiempo.

Otro grupo de gran importancia de la calidad del hábitat son las aves rapaces, debido a que están en la parte superior de la red trófica. Estas ayudan a equilibrar el tamaño de poblaciones de ratones, ratas de campo, conejos, ardillas y otros roedores, que pueden incrementar sus poblaciones al presentarse gran cantidad de alimento o muchos de ellos ser tolerantes a perturbaciones de su hábitat incrementando el número de individuos de forma exponencial. De modo que, si se registra un aumento de individuos de aves rapaces, es indicador de que alguna otra especie también lo hizo.

De esta manera, las rapaces han sido llamados “barómetros ecológicos”, que significa simplemente que nos ayudan a conocer lo saludable que es un hábitat. Las aves de rapiña son extremadamente sensibles a muchos cambios ambientales en un ecosistema. Incluso puede detectar productos químicos y los niveles de contaminantes que pueden dar a la gente un sistema de alerta temprana de las amenazas inminentes en el aire. Los pesticidas y otros productos químicos pueden acumularse en nuestro medio ambiente y se transmiten a los animales. Esto puede reducir las poblaciones de rapaces debido a la ingestión de presas llenas de toxinas, lo que a su vez da señales a los investigadores de que existe un posible problema.

Dado que muchos de los alimentos de las aves de rapiña más pequeñas son los insectos y las más grandes se alimentan de roedores, muchos agricultores realmente las aprecian. Los gusanos cortadores, así como conejos y ratones de campo son capaces de destruir campos enteros de cultivos si se dejan reproducirse libremente. El control de plagas a través de este método se llama control biológico. Si un agricultor puede controlar las plagas por la depredación natural, no tiene necesidad de utilizar pesticidas o insecticidas, lo que ayuda a proteger el medio ambiente.

Versión Pública

Las aves rapaces que se observaron en el SAR fueron un total de 18 especies: 8 de la familia Accipitridae que son el milano cola blanca (*Elanus leucurus*), el gavilán rastrero (*Circus hudsonius)*, el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), el aguililla de Swainson (*Buteo swainsoni*), el aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el águila real (*Aquila chrysaetos*); 4 especies de la familia Falconidae, que son la caracará quebrantahuesos (*Caracara cheriway)*, el cernícalo americano (*Falco sparverius)*, el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el halcón mexicano (*Falco mexicanus)*; 3 especies de la familia Strigidae que son el búho cornudo (*Bubo virginianus)*, el tecolote del oeste (*Megascops kennicottii)* y el tecolote llanero (*Athene cunicularia*); una especie de la familia Tytonidae, como la lechuza de campanario (*Tyto alba)*; además de 2 especies de la familia Cathartidae que son zopilote aura (*Cathartes aura)* y zopilote común (*Coragyps atratus)*.

Las dos rapaces registradas de la familia Cathartidae, al alimentarse exclusivamente de carroña son indicadores de la calidad del hábitat, ya que son tolerantes a grandes perturbaciones en su ambiente.

Además, se registraron cinco especies de aves exóticas o introducidas, tales como: la paloma asiática doméstica (*Columba livia*), la paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*), la garza ganadera africana (*Bubulcus ibis)*, el estornito pinto (*Sturnus vulgaris*) y el gorrión casero (*Passer domesticus)*, que son consideradas especies exóticas o invasoras debido a que sobreviven, se establecen y reproducen de manera descontrolada fuera de su ambiente natural, causando daños serios a la biodiversidad, economía, agricultura o salud pública.

En cuanto a su uso, muchas especies del orden Passeriformes son aprovechadas como aves de ornato, lo que podría ser una posible afectación a las poblaciones. El comercio de aves canoras y de ornato en nuestro país pretendía satisfacer exclusivamente un mercado nacional y la demanda, por ser dependiente de la densidad poblacional humana, era mucho menor. Actualmente, la creciente población mexicana y el interés a nivel internacional que han adquirido muchas de nuestras especies de aves, han originado una demanda mucho mayor, que ha sido cubierta mediante la captura de ejemplares provenientes del medio silvestre ya que en México existen muy pocos criaderos especializados y no pueden cubrir esta demanda. Estos factores, aunados a la pérdida de hábitat, podrían estar poniendo en riesgo la viabilidad de muchas poblaciones.

Otro problema al que se enfrenta la población de avifauna en México, es la cacería. Se sabe que la cacería de subsistencia es practicada principalmente por las comunidades rurales para fines alimentarios y ocasionalmente, con intenciones culturales o místicas; sin embargo, se debe prestar atención a la cacería furtiva que se encuentra fuera de regulación.

Versión Pública

Las especies que son objetivo de cacería que se avistaron en el SAR, fueron la gallareta (*Fulica americana),* paloma alas blancas (*Zenaida asiatica),* paloma huilota (*Zenaida macroura)*, paloma morada (*Patagioenas flavirostris*), chachalaca (*Ortalis vetula*), pijije canelo (*Dendrocygna bicolor*), ganso careto (*Anser albifrons*), cerceta alas azules (*Spatula discors*), pato mexicano (*Anas diazi*), pato de collar (*Anas platyrhynchos*), pato golondrino (*Anas acuta*), cerceta alas verdes (*Anas crecca*), pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*). Algunas de ellas son aprovechadas en Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA), en el Estado de Zacatecas.

Para el caso de los mamíferos, se registraron especies que presentan solo un tipo de gremio trófico, los cuales incluyen las omnívoras, las carnívoras, las herbívoras y las insectívoras. El gremio de especies omnívoras es el más abundante, en su mayoría del orden Carnivora.

Se pueden señalar al menos tres órdenes de mamíferos que están estrechamente relacionados con la salud, el decaimiento o la muerte de los árboles de los bosques: Chiroptera, Rodentia y Carnivora. Estos mamíferos dependen de que la estructura y composición del bosque se mantenga inalterada y a su vez el bosque requiere de ellos para mantenerse en equilibrio (Aubry et al., 2003).

Los murciélagos juegan un papel importante como controladores de plagas, como alimento para otros depredadores, como fertilizadores del suelo, como polinizadores y dispersores de semillas. Los roedores son importantes porque pueden alimentarse de semillas, de follaje y de insectos, además de que al construir sus nidos excavan en el suelo y contribuyen a su aireación y permeabilidad; como grupo numeroso, forman parte de la alimentación de reptiles, aves y

mamíferos depredadores, sin embargo, al presentar una tasa reproductiva de crecimiento exponencial, pueden llegar a causar severos daños.

Por otra parte, la presencia de carnívoros tope (aquellos animales depredadores que por su tamaño no tienen enemigos naturales), ejercen una influencia fundamental sobre la estabilidad y la diversidad de la vegetación y la fauna de los bosques. Su eliminación lleva a múltiples cambios que provocan la simplificación del ecosistema. Estos animales regularmente se alimentan de grandes herbívoros y de algunos carnívoros medianos. En los lugares en los que han sido eliminados son sustituidos por los carnívoros medianos no especializados, quienes proliferan en ausencia de los depredadores mayores y generan un desequilibrio persistente.

Además de los servicios ecológicos que proporciona la mastofauna registrada, se encuentran especies de importancia médica, que se presume que tienen propiedades medicinales y se utilizan de igual forma como alimento son: el conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*).

Otras especies que son estimadas por repercusiones económicas, son tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*), considerada como una especie dañina para algunas comunidades debido a que al ser una especie omnívora puede llegar a consumir algunos cultivos. Se alimenta también de restos de comida en lugares urbanos. De igual forma la zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*), es considerada una amenaza por consumir gallinas de corral o ganado pequeño.

Versión Pública

En México los felinos silvestres se distribuyen en todo el territorio nacional, pero de manera desafortunada las poblaciones de estos organismos se han visto seriamente afectadas y reducidas a lo largo de su área de distribución, ya sea por la fragmentación del hábitat o bien por su explotación directa o persecución (Ceballos y Oliva, 2005). Para este caso el gato montés (*Lynx rufus*) es una especie considerada con valor comercial por su piel, además de presentar problemas debido a la caza furtiva por amenaza al ganado.

Respecto a la cacería, muchas especies son susceptibles ya sea por el uso de su carne como alimento, o por sus ornamentas como símbolo de trofeos; de las especies reconocidas en el área de estudio se encontraron en especial los del orden Carnivora, Artiodactyla y Cingulata, como es el caso de mapache (*Procyon lotor*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo listado sureño (*Mephitis macroura*), tejón o coatí (*Taxidea taxus*) y pecarí de collar (*Pecarí tajacu*), los cuales cuentan con un plan de manejo elaborado por la SEMARNAT para su aprovechamiento en Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) de la región.

IV.3.2.2.4.6. Temporada hábil de aprovechamiento de especies

Las épocas hábiles de aprovechamiento extractivo sustentable para el desarrollo de la actividad cinegética de especies de aves y mamíferos silvestres en áreas de distribución específica, son fechas que la Secretaría establece como referente para los técnicos responsables de la operación de las UMA, esto de conformidad con lo dispuesto en el artículo 94 de la Ley General de Vida Silvestre y 112 de su Reglamento; son las épocas en las que se podrá efectuar el aprovechamiento y quedarán establecidas de manera explícita en las tasas de aprovechamiento. En el **Cuadro IV.59**, se presenta la temporada hábil de aprovechamiento en el Estado de Zacatecas, donde se ubica el SAR (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/650414/Calendario-epocas-habiles-2021-2022.pdf).

Cuadro IV.59 Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el Estado de Zacatecas del periodo 2021-2022.

Grupo	Especies	Inicia	Termina	Límite de posesión
AVES	Agachona común (*Gallinago delicata*) [antes: (*Gallinago gallinago*)]	segundo viernes de noviembre de 2021	primer domingo de marzo de 2022	15
AVES	Codorniz escamosa (*Callipepla squamata*)	segundo viernes de diciembre de 2021	cuarto domingo de marzo de 2022	10
AVES	Ganga (*Bartramia longicauda*)	primer viernes de agosto de 2021	tercer domingo de septiembre de 2021	15
AVES	Gansos (*Anser albifrons*)	segundo viernes de noviembre de 2021	primer domingo de marzo de 2022	15
AVES	Ganso blanco (*Chen caerulescens*)	segundo viernes de noviembre de 2021	primer domingo de marzo de 2022	45
AVES	Grulla gris (*Grus canadensis*)	último viernes de octubre de 2021	último domingo de febrero de 2022	5
AVES	Guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*)	cuarto viernes de marzo de 2022	cuarto domingo de mayo de 2022	1
AVES	Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*)	segundo viernes de octubre de 2021	último domingo de enero de 2022	30
AVES	Paloma huilota (*Zenaida macroura*)	segundo viernes de octubre de 2021	último domingo de enero de 2022	30
AVES	Paloma de collar (*Patagioenas fasciata*) [antes: (*Columba fasciata*)]	primer viernes de octubre de 2021	primer domingo de noviembre de 2021	15
AVES	Patos y Cercetas (*Anas acuta, Anas americana, Anas clypeata, Anas crecca, Anas cyanoptera, Anas*	segundo viernes de noviembre de 202	primer domingo de marzo de 2022	30

Versión Pública

Cuadro IV.59 Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el Estado de Zacatecas del periodo 2021-2022.

Grupo	Especies	Inicia	Termina	Límite de posesión
	discors, Anas platyrhynchos, Anas strepera, Anas diazii, Bucephala albeola, Oxyura jamaicensis)			
MAMÍFEROS	Conejo castellano (*Sylvilagus floridans*)	primer viernes de noviembre de 2021	tercer domingo de febrero de 2022	6
MAMÍFEROS	Conejo del desierto (*Sylvilagus audubonii*)	primer viernes de noviembre de 2021	tercer domingo de febrero de 2022	6
MAMÍFEROS	Coyote (*Canis latrans*)	tercer viernes de octubre de 2021	primer domingo de febrero de 2022	2
MAMÍFEROS	Liebre de cola negra (*Lepus californicus*)	primer viernes de noviembre de 2021	tercer domingo de febrero de 2022	4
MAMÍFEROS	Mapache (*Procyon lotor*)	primer viernes de octubre de 2021	segundo domingo de febrero de 2022	1
MAMÍFEROS	Pecarí de collar (*Pecari tajacu*)	tercer viernes de agosto de 2021	último domingo de mayo de 2022	2
MAMÍFEROS	Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)	cuarto viernes de noviembre de 2021	tercer domingo de febrero de 2022	1

Versión Pública

IV.3.2.2.4.7. Especies con valor utilitario o de aprovechamiento en el SAR

En el SAR, se avistaron especies de aves presentes en la lista de aprovechamiento por SEMARNAT, tales como: la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*), la paloma huilota (*Zenaida macroura*), la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), la grulla gris (*Grus canadensis*), ganso careto mayor (*Anser albifrons*), el pato golondrino (*Anas acuta*), el pato cucharon (*Anas clypeata*), la cerceta alas verdes (*Anas crecca*), el pato de collar (*Anas platyrhynchos*), el pato mexicano (*Anas diazii*), el pato monja (*Bucephala albeola*) y el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*). En cuanto a los mamíferos se obtuvieron registros de mapache (*Procyon lotor*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo listado sureño (*Mephitis macroura*) y pecarí de collar (*Pecari tajacu*).

En el SAR se registraron únicamente una Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre, además ningún punto de muestreo se realizó dentro de estas unidades, ya que son propiedad privada y de difícil acceso.

IV.3.2.2.4.8. Unidades de Manejo Ambiental registradas en el SAR

En el Municipio de Villa González Ortega, Zacatecas, se encuentra registrada la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (reconocida por las siglas UMA) "Rancho El Milagro", con clave DGVS-CR-EX-3459-ZAC otorgada por la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT, sin embargo, esta UMA según la consulta realizada en 2022, no ha sido renovada. Corresponde a una UMA del tipo de manejo en vida libre (extensivo), dedicada al manejo y aprovechamiento de la Hormiga escamolera *Liometopum apiculatum* Mayr.

LA UMA "Rancho El Milagro" cuenta con una superficie de 302.9 a, cubierta por vegetación forestal de matorral crasicaule, estando ubicada al noreste del AP, dentro del AI del Proyecto (**Figura IV.91**). El manejo de la hormiga escamolera se hace a través de parcelas donde se distribuyen los nidos de la hormiga, cuya distribución se asocia al matorral crasicaule y en particular al maguey (Agave sp.), nopal (Opuntia sp.) y arbustos, que constituyen fuente de alimento y protección a los depredadores (Hernández-Roldán y col., 2017).

Versión Pública

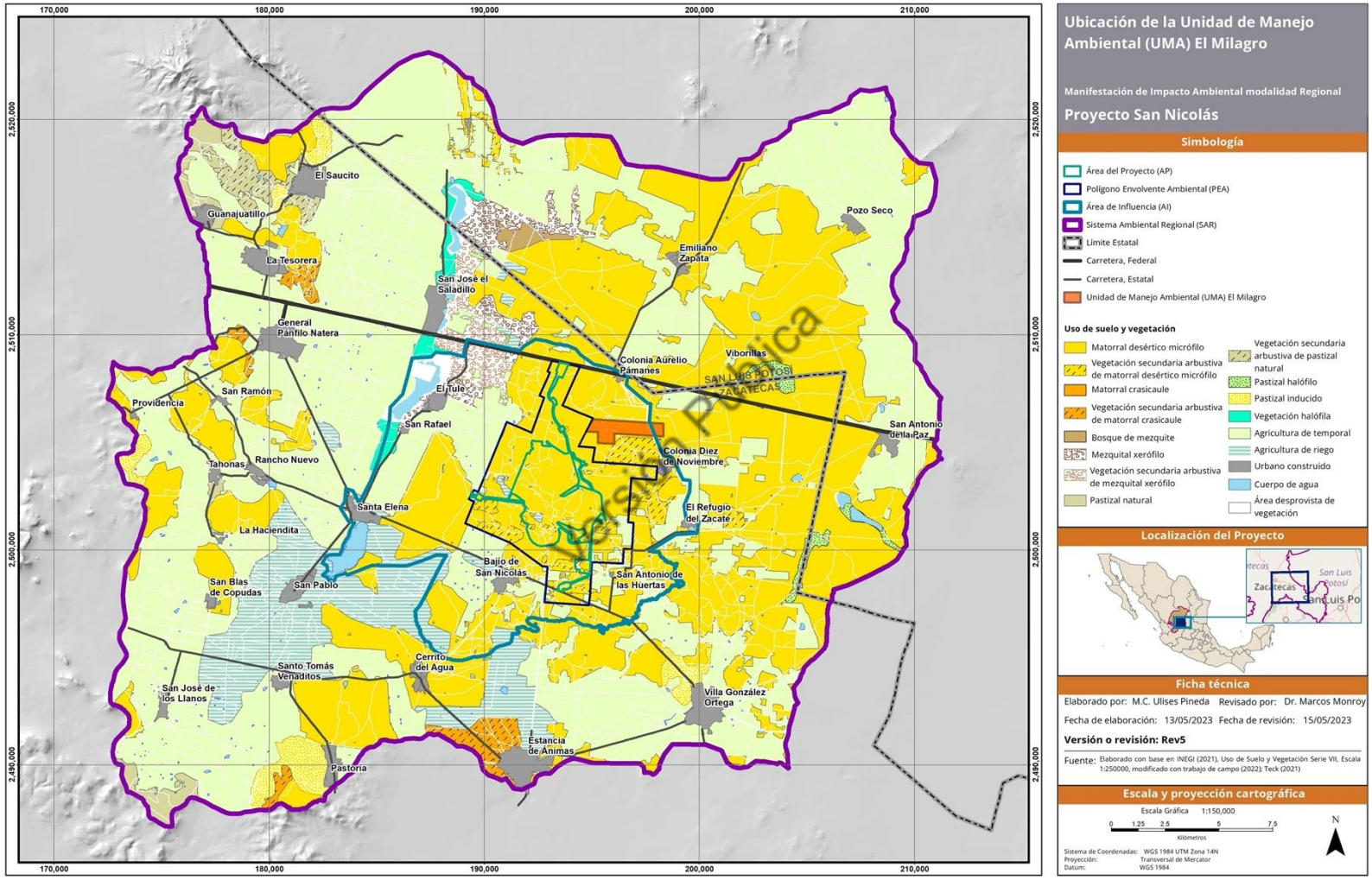


Figura IV.91 Unidad de Manejo Ambiental (UMA) "El Milagro", ubicada dentro del Área de Influencia del Proyecto.

IV.3.2.2.5. Fauna silvestre del Área del Proyecto (AP)

IV.3.2.2.5.1. Composición y estructura

Con los registros efectuados en el trabajo de campo del AP, se reporta un total de 24 órdenes, incluidos en 51 familias, 97 géneros y una riqueza de 122 especies, de las cuales 4 especies son anfibios (dos órdenes, cuatro familias y cuatro géneros), 15 especies son reptiles (dos órdenes, 7 familias y 12 géneros), 73 especies son aves (14 órdenes, 28 familias y 58 géneros) y 30 especies son mamíferos (seis órdenes, 12 familias y 23 géneros).

Del total de especies registradas (122), se tiene una abundancia absoluta para el AP de 54 individuos para los anfibios, 164 individuos para los reptiles, las aves con 3009 individuos y los mamíferos con 863, dando un total de 4,190 individuos.

De acuerdo a la zoogeografía de las especies registradas en el AP, se tiene que el 12.3% tiene una distribución biogeográfica del Neártica, el 3.3% es Neotropical y el 84.4% comparte los dos tipos de distribución tanto Neártica/Neotropical.

Versión Pública

De las especies registradas en el AP, 17 se encuentran dentro de una categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 122 con una categoría dentro de la IUCN, y 13 presentan una clasificación dentro de los apéndices I o II del CITES.

En el **Anexo IV.61,** se incluyen los listados faunísticos de las especies registradas en el AP, con abundancia absoluta e índices de diversidad.

IV.3.2.2.5.2. Índices de diversidad en el AP

Se realizó el análisis por índices de diversidad para determinar cómo está la riqueza de especies, dominancia y equitatividad en el sitio del Proyecto. Cabe mencionar que, la riqueza es una medida de la cantidad de organismos diferentes presentes en un área particular; es decir, la cantidad de especies presentes en un hábitat. Sin embargo, la diversidad no solo depende de la riqueza de especies, sino también de la abundancia de cada especie. La equitatividad compara la similitud entre los tamaños poblacionales de cada una de las especies presentes.

En el **Anexo IV.61,** se incluyen los cálculos de índices de diversidad por especie y grupo faunístico registrados de manera directa e indirecta en el AP. En el **Cuadro IV.60**, se manejan los índices de biodiversidad de Shannon, Dominancia y H´max para cada grupo faunístico para el AP. Anteriormente se mencionó los rangos de los valores de los índices y su significado. De manera

general, en el AP se presenta un índice de diversidad de Shannon alto con 3.81, lo cual también se refleja a través de la diversidad máxima (H´max), y se alcanzaría siempre y cuando todas las especies están igualmente presentes (lo cual es un panorama utópico, sin embargo, este es una buena referencia para visualizar como se encuentra la diversidad de especies en el sitio). De manera específica, por grupo faunístico, el grupo que se considera con diversidad alta es el de las aves con 3.30, con un índice de diversidad máxima que alcanzaría es de 4.29 siempre y cuando la abundancia de todas las especies fuera igual. Y a pesar de que la diversidad máxima para el grupo de mamíferos y reptiles se ubica superior a 2.5, el índice de diversidad de Shannon y la dominancia indican una diversidad media con tendencia a baja (2.22 para los reptiles y 2.54 para mamíferos). En el caso de los anfibios, es importante destacar que este grupo depende en su mayor parte de condiciones específicas para completar su ciclo de vida, lo cual se ve reflejado tanto en el índice de Shannon (0.88), como en la H´max (1.38), aunado a que para este grupo y el de los reptiles es más probable que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, de acuerdo a los resultados de los índices de Simpson o dominancia.

Versión Pública

Cuadro IV.60 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Área del Proyecto.

Grupo faunístico	Índice de Shannon-Wiener	Índice de Simpson	H´max
General	3.81329533	0.03511827	4.80402104
Anfibios	0.88977688	0.46159122	1.38629436
Reptiles	2.22643931	0.13838489	2.70805020
Aves	3.30960195	0.05509857	4.29045944
Mamíferos	2.54591918	0.11215155	3.13549421

Es importante mencionar que, para el grupo de mamíferos no se tomó en cuenta para su análisis de diversidad general a los murciélagos que se registraron a través del detector ultrasónico, ya que estos datos, al no tomar en cuenta el número de individuos, los resultados son meramente cualitativos. Sin embargo, más adelante se hace el análisis de este grupo y sus resultados a través del detector ultrasónico.

IV.3.2.2.5.3. Abundancia relativa en el AP, por grupo taxonómico

A continuación, se analizan los datos obtenidos en campo por cada grupo faunístico del AP. Como ya se mencionó, en el **Anexo IV.61,** se incluyen los cálculos de índices de diversidad por especie y grupo faunístico registrados de manera directa e indirecta en el AP.

Anfibios. Para este grupo, se registraron en el AP un total de 4 especies, representadas por dos órdenes, cuatro familias y cuatro géneros, donde todas las familias están representadas por una especie cada una. Con respecto a su distribución biogeográfica, dos especies son de índole compartido (50%), esto quiere decir que se distribuyen en la región Neártica y Neotropical, seguido de un registro neotropical (25%) y una Neártica (25%). Es importante mencionar que el grupo de los anfibios se distribuye en aquellos sitios donde la humedad en el sustrato es muy alta, por lo que este grupo faunístico no se presentó en todos los puntos/transectos de muestreo. Se registraron un total de 4 especies de anfibios en el trabajo de campo, de las cuales dos especies son endémicas (*Ambystoma velasci* y *Dryophytes eximia*), una especie presenta alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Ambystoma velasci*, con categoría de Protección especial-Pr). Todas las especies registradas presentan categoría Least Concern (LC) en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

Reptiles. Para este grupo, se registraron en el AP un total de 15 especies donde la familia mejor representada fue la Colubridae con cinco especies, seguido de la Phrynosomatidae y la Viperidae con tres especies cada una. Respecto a su distribución biogeográfica, se registraron siete especies con distribución Neártica (46.6%), una especie con distribución Neotropical (6.8%) y siete especies registradas con distribución compartida Neártica/Neotropical (46.6%). Durante el trabajo de campo en el AP, se registraron un total de 15 especies, de las cuales tres especies son endémicas, nueve especies presentan alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (seis con Protección especial-Pr y tres Amenazadas-A). Con respecto a la lista roja de IUCN, todas las especies registradas presentan la categoría *Least Concern* (LC). En cuanto al CITES, ninguna de las especies registradas se encuentra listada en alguno de los Apéndices.

Versión Pública

Aves. En el AP, se registraron un total de 73 especies, donde el orden mejor representado es el de los Passeriformes con 40 especies, y del cual las familias más numerosas fueron Tyranidae (papamoscas y tiranos) con 10 especies, y las familias Passerellidae (gorriones y zacatoneros) con 6 especies. Respecto a su distribución geográfica el 6.8% presenta una distribución Neártica (NA), es decir, que se distribuye, en su mayor parte, en el Norte del país; mientras que el 1.4% presenta una distribución Neotropical (NT), es decir, que se distribuye en su mayor parte en el Sur del País y el 91.8%, representa a las especies con distribución compartida, lo que indica que se cuentan con distribución Neártica/Neotropical. Se registraron un total de 73 especies en campo, de las cuales, tres son de distribución semiendémicas (*Cynanthus latirostris, Tyrannus vociferus y Empidonax wrightii*), una especie es endémica (*Anas diazi*) y dos exóticas o invasoras, tales como la paloma asiática domestica (*Columba livia*) y la garza ganadera africana (*Bubulcus ibis*), que son aquellas especies que no se distribuían con anterioridad en el país pero debido a las perturbaciones antrópicas e introducción no controlada pudieron adaptarse. Del total de especies registradas en el AP, seis especies se listan con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales

dos se encuentran Amenazadas-A (*Anas diazi* y *Falco mexicanus*) y cuatro se ubican bajo la categoría Sujeta a Protección especial-Pr (*Tachybaptus dominicus, Accipiter cooperii, Geranoaetus albicaudatus* y *Falco peregrinus*). La mayoría de las especies de aves que se registraron (73 especies), tienen una categoría de "Preocupación menor" (LC-*Least Concern*) dentro de la lista roja del IUCN, solo cuatro se ubican dentro de la categoría "Casi Amenazada" (NT-*Near threatened*), tales como: *Selasphorus rufus, Contopus cooperi, Lanius ludovicianus* y *Sturnella magna*. Por último, 11 especies se ubican dentro de los apéndices del CITES, 10 de ellas se ubican dentro del apéndice II (*Cynanthus latirostris, Selasphorus rufus, Circus hudsonius, Accipiter cooperii, Geranoaetus albicaudatus, Buteo jamaicensis, Caracara cheriway, Falco sparverius, Falco mexicanus* y *Bubo virginianus*), donde se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia; y una se ubica dentro del Apéndice I (*Falco peregrinus*), donde se incluyen todas las especies en peligro de extinción y el comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.

En el **Anexo IV.55**, se incluye el registro fotográfico de las especies faunísticas registradas por muestreos directos e indirectos, mientras que en el **Anexo IV.54,** se incluyen las fichas de muestreo de las especies de fauna registradas.

Versión Pública

Ruta migratoria de aves. Respecto a las especies de aves que presentan algún tipo de migración se debe mencionar que el AP, al ubicarse en la zona central del país, hay especies que pueden presentar diferentes tipos de estacionalidades dependiendo de la temporada, por lo que se hace un conteo general de las especies que presentan algún tipo de migración, no importando si estas llegan a ser residentes para ciertas zonas en ciertas estacionalidades. Son un total de 33 especies que presentan un tipo de migración para el AP, de las cuales algunas presentan migración de invierno, es decir, al no presentarse las condiciones adecuadas durante esta estación en donde estas son residentes, estas migran para ocupar un nicho en zonas que le proveen de condiciones adecuadas para su sobrevivencia; también se registraron con migración de verano, es decir, migran con un fin reproductivo; y especies que presentan una migración transitoria o de paso, es decir no utilizan el área con un fin reproductivo o de hibernación (se deber recordar que algunas especies presentan dos tipos de migración, por la ubicación del Proyecto). En el **Cuadro IV.61**, se presentan las especies migratorias registradas en el sitio del Proyecto.

Cuadro IV.61 Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el Área del Proyecto.

Familia	Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta (N)
Anatidae	*Spatula discors*	Cerceta alas azules	-	-	LC	-	MI	17
Anatidae	*Spatula cyanoptera*	Cerceta canela	-	-	LC	-	MI, R	13
Columbidae	*Columba livia*	Paloma asiática doméstica	Exo	-	LC	-	I	4
Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota común	-	-	LC	-	MI,R	123
Trochilidae	*Selasphorus rufus*	Zumbador canelo	-	-	NT	II	T	7
Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	-	-	LC	-	MI,R	6
Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	-	-	LC	-	MI	3
Ardeidae	*Bubulcus ibis*	Garza ganadera africana	Exo	-	LC	-	R,MI	7
Accipitridae	*Circus hudsonius*	Gavilán rastrero	-	-	LC	II	MI	1
Accipitridae	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	II	MI	1
Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	-	-	LC	II	MI,R	9
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	-	-	LC	II	MI	1
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	-	Pr	LC	I	MI,R	1
Falconidae	*Falco mexicanus*	Halcón mexicano	-	A	LC	II	MI,R	2
Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas cenizo	-	-	LC	-	MI,T	2
Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	-	-	LC	-	T	5
Tyrannidae	*Tyrannus vociferus*	Tirano chibiú	SE	-	LC	-	T	8
Tyrannidae	*Contopus cooperi*	Papamoscas boreal	-	-	NT	-	T	4
Tyrannidae	*Contopus sordidulus*	Papamoscas del oeste	-	-	LC	-	MV	2
Tyrannidae	*Empidonax hammondii*	Papamoscas de Hammond	-	-	LC	-	MI	3
Tyrannidae	*Empidonax wrightii*	Papamoscas bajacolita	SE	-	LC	-	MI	5
Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	-	-	LC	-	MI	13
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	-	-	LC	-	MI,R	13
Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo americano	-	-	NT	-	MI,R	13
Corvidae	*Corvus cryptoleucus*	Cuervo llanero	-	-	LC	-	MI	5
Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina alas aserradas	-	-	LC	-	MI,R,T	5
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-	-	LC	-	T,MV,R	16
Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	-	-	LC	-	M	19

Versión Pública

Cuadro IV.61 Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el Área del Proyecto.

Familia	Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Estacionalidad	Abundancia absoluta (N)
Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión cejas blancas	-	-	LC	-	MV	250
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	-	-	LC	-	MI	6
Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	-	-	LC	-	MI	9
Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	-	-	LC	-	MI	2
Cardinalidae	*Passerina caerulea*	Picogordo azul	-	-	LC	-	MI,R	1
TOTALES								**576**

ENDEMICIDAD: E-Endémica, CE-Cuasiendémica, SE-Semiendémica, Exo-Exótica, A-Accidental; **NOM-059-SEMARNAT-2010**: E- probablemente extinta en el medio silvestre, P-en peligro de extinción, A-amenazadas, Pr-sujetas a protección especial; **IUCN**: Lr-*lower risk*, LC-*least concern*, NT-*near threatened*, VU-*vulnerable*, EN-*endangered*, CR-*critically endangered*, EW-*Extinct in the wild*, EX-*Extinct*; **CITES**: I-Se encuentra en apéndice I, II-Se encuentra en apéndice II, III-Se encuentra en apéndice III; **ESTACIONALIDAD**: MI- Migratorios de invierno (en época de no reproducción), T- Transitorio (de paso en migración), MV- Migratorio de verano (en época de reproducción), R- Residente durante todo el año, I: Introducida.

Versión Pública

Mamíferos. Para este grupo se registraron en el AP un total de 30 especies de mamíferos donde el orden mejor representado es el Carnivora con cinco familias y 7 especies, las familias con el mayor número de especies son Muridae y Vespertilionidae, con ocho y cinco especies cada una. El orden más numeroso es el Rodentia, con tres familias (Heteromydae, Muridae y Sciuridae), integrado por 12 especies. Para la distribución geográfica el 3.4% presenta una distribución Neotropical (NT), es decir, que solo se distribuye en el Sur del país, mientras que el 90.0% se distribuye en ambos hemisferios tanto el Neártica como el Neotropical (NA/NT) y el 6.6%, cuenta con una distribución Neártica. Se registraron un total de 30 especies de mamíferos en campo; con una especie endémica (*Peromyscus melanotis*); una especie que presenta una categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Taxidea taxus* con categoría de Amenazada-A). En el caso de la lista roja de la IUCN, todas las especies presentan categoría "Preocupación menor" (LC-*Least Concern*) y en el caso de los apéndices del CITES, dos especies se ubican dentro del apéndice II del CITES, tal es el caso de *Pecari tajacu* y *Lynx rufus*.

Murciélagos. Para el AP, se implementó también la metodología de registro mediante el uso del detector ultrasónico para murciélagos modelo M500-384 de la Marca Petterson Elektronik, conectado a un Tablet Galaxy Tab A (2106) modelo SM-T280, registrando un total de 178 pases que corresponden a la presencia de 7 especies de murciélagos, pertenecientes a 2 familias como la

Molossidae con 2 especies y la Vespertilionidae con 5 especies como se reporta en el **Cuadro IV.62**. Cabe destacar que la actividad de los murciélagos en todos los puntos de muestreo es considerada de moderada a baja, además que, por el tipo de información generada por este método, no se puede saber el número de individuos por cada especie, ya que la información arrojada solo es la identificación de la especie, cada vez que se toma un registro no sabemos si es la ecolocación del mismo individuo o de otro.

Cuadro IV.62 Listado de murciélagos registrados en el Área del Proyecto.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Endémica	NOM 059	IUCN	CITES	# de pases
Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops macrotis*	Murciélago cola suelta mayor	-	-	LC	-	12
		Tadarida brasiliensis	Murciélago cola suelta	-	-	LC	-	131
	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago moreno norteamericano	-	-	LC	-	2
		Lasiurus blossevillii	Murciélago cola peluda de Blossevil	-	-	LC	-	10
		Lasiurus cinereus	Murciélago cola peluda canoso	-	-	LC	-	20
		Myotis californicus	Miotis californiano	-	-	LC	-	1
		Myotis occultus	Miotis de Arizona	-	-	LC	-	2

Versión Pública

ENDEMICIDAD: Endémica: E; SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E: probablemente extinta en el medio silvestre; P: peligro de extinción; A: amenazadas; Pr: sujetas a protección especial; IUCN: LC-*least concern*; NT-*near threatened*; VU-*vulnerable*; EN-*endangered*; CR-*critically endangered;* EW-*Extinct in the wild*; EX-*Extinct*; CITES: I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; ABUNDANCIA ABSOLUTA: *El registro de estas especies fue mediante registros indirectos, tales como entrevistas y bibliografía especializada, por lo cual no se cuenta con un número exacto de individuos y solo se reporta con presencia en el listado. ** El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo, en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

La especie que presentó mayor número de pases fue el murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), seguido del murciélago cola peluda canoso (*Lasiurus cinereus*). Las especies que presentaron menor número de registros fueron el miotis de Arizona (*Myotis occultus*), el murciélago moreno norteamericano (*Eptesicus fuscus*) y el murciélago orejudo de California (*Myotis californicus*).

Los horarios de actividades del grupo para el AP se registraron en su mayoría a partir de las 19:00 hasta las 21:00 horas, y en una segunda oleada de actividad que va desde las 3:00 hasta las 6:00 horas, sin embargo, esto no significa que no se registraron pases de murciélagos en otros horarios, solo que estos fueron menos comunes, por lo general en un rango de horario desde las 23:00 hasta la 1:00 horas. El que se obtuvieran bajos resultados de registros de pases pudiera deberse a las condiciones meteorológicas, así como a la presencia de luna llena, lo cual modifica la actividad de forrajeo del grupo.

IV.3.2.2.5.4. Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, incluidas en el CITES y en la IUCN, que fueron registradas en el AP

De las 122 especies faunísticas registradas en el AP, se tiene que 17 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una es anfibio, con Protección especial-Pr: el ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*); nueve son reptiles, seis con Protección especial-Pr: la lagartija de árbol o de mezquite (*Sceloporus grammicus*), la culebra nocturna del noreste (*Hypsiglena jani*), la cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), la cascabel gris (*Crotalus lepidus*), la cascabel del altiplano (*Crotalus scutulatus*) y la tortuga pecho quebrado pata rugosa (*Kinosternon hirtipes*), además de tres con categoría de Amenazadas-A, como: el alicante (*Pituophis deppei*), la culebra chirrionera roja (*Masticophis flagellum*) y la culebra lineada del bosque (*Thamnophis cyrtopsis*); seis son aves, de las cuales cuatro tienen categoría de Protección especial-Pr, como: el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*); dos con categoría de Amenazada-A, tal es el caso de: el pato mexicano (*Anas diazi*) y el halcón mexicano (*Falco mexicanus*); y un mamífero, con categoría de Amenazada-A: el tlacoyote (*Taxidea taxus*).

Versión Pública

Adicional a lo anterior dos especies de anfibios y tres reptiles son de carácter endémico, lo que indica que tienen una distribución restringida a nivel nacional. En el caso de las aves, tres especies son semiendémicas como: el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el tirano chibiú (*Tyrannus vociferus*) y el papamoscas bajacolita (*Empidonax wrightii*), las cuales son especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año; y una especie es endémica: el pato mexicano (*Anas diazi*), la cual es aquella cuya distribución geográfica se encuentra restringida a los límites políticos del territorio de México. Y en el caso de los mamíferos solo una especie es endémica, tal es el caso del ratón orejas negras (*Peromyscus melanotis*).

Para los anfibios y reptiles, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES. Para el grupo de las aves que se registraron (73 especies), se tiene que 69 especies tienen una categoría de "Preocupación menor" (LC-*Least Concern*) dentro de la lista roja del IUCN y cuatro especies se ubican dentro de la categoría "Casi Amenazada" (NT-*Near threatened*) que es el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*), el papamoscas boreal (*Contopus cooperi*), el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*) y el pradero tortillaconchile (*Sturnella magna*). En el caso de los mamíferos, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN.

Por último 13 especies se ubican dentro de los apéndices del CITES, 12 de ellas se ubican dentro del apéndice II, pertenecientes al grupo de las aves con 10 y dos de mamíferos, tales como:

el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), el gavilán rastrero (*Circus hudsonius*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), el aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), el caracará quebrantahuesos (*Caracara cheriway*), el cernícalo americano (*Falco sparverius*), halcón mexicano (*Falco mexicanus*) y el búho cornudo (*Bubo virginianus*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y el lince (*Lynx rufus*); y una especie se ubica dentro del Apéndice I, tal es el caso del ave halcón peregrino (*Falco peregrinus*).

En el **Cuadro IV.63**, se pueden observar los registros de las especies con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como su condición en la IUCN (con enfoque a las que presentan categorías diferentes a LC) y CITES.

Cuadro IV.63 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie en el Área del Proyecto.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Abundancia absoluta (N)
ANFIBIOS						
Ambystoma velasci	Ajolote del altiplano	E	Pr	LC	-	21
Dryophytes eximia	Rana arborícola de montaña	E	-	LC	-	1
TOTALES						**22**
REPTILES						
Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa del mezquite	-	Pr	LC	-	25
Sceloporus spinosus	Lagartija espinosa mexicana	E	-	LC	-	33
Pituophis deppei	Alicante	E	A	LC	-	5
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	-	A	LC	-	3
Hypsiglena jani	Culebra nocturna del noreste	-	Pr	LC	-	6
Thamnophis cyrtopsis	Culebra lineada de bosque	-	A	LC	-	2
Crotalus molossus	Cascabel de cola negra	-	Pr	LC	-	5
Crotalus lepidus	Cascabel gris	-	Pr	LC	-	22
Crotalus scutulatus	Cascabel del altiplano	-	Pr	LC	-	7
Kinosternon hirtipes	Tortuga pecho quebrado pata rugosa	E	Pr	LC	-	8
TOTALES						**116**
AVES						
Anas diazi	Pato mexicano	E	A	LC	-	1
Tachybaptus dominicus	Zambullidor menor	-	Pr	LC	-	6

Versión Pública

Cuadro IV.63 Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo, IUCN, CITES y el número total de registros por especie en el Área del Proyecto.

Especie	Nombre común	Endemicidad	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	Abundancia absoluta (N)
Columba livia	Paloma asiática doméstica	Exo	-	LC	-	4
Selasphorus rufus	Zumbador canelo	-	-	NT	II	7
Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	SE	-	LC	II	18
Bubulcus ibis	Garza ganadera africana	Exo	-	LC	-	7
Circus hudsonius	Gavilán rastrero	-	-	LC	II	1
Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	II	1
Geranoaetus albicaudatus	Aguililla cola blanca	-	Pr	LC	II	1
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	-	-	LC	II	9
Caracara cheriway	Caracara quebrantahuesos	-	-	LC	II	52
Falco sparverius	Cernícalo americano	-	-	LC	II	1
Falco peregrinus	Halcón peregrino	-	Pr	LC	I	1
Falco mexicanus	Halcón mexicano	-	A	LC	II	2
Bubo virginianus	Búho cornudo	-	-	LC	II	1
Tyrannus vociferus	Tirano chibiú	SE	-	LC	-	8
Contopus cooperi	Papamoscas boreal	-	-	NT	-	4
Empidonax wrightii	Papamoscas bajacolita	SE	-	LC	-	5
Lanius ludovicianus	Verdugo americano	-	-	NT	-	13
Sturnella magna	Pradero tortillaconchile	-	-	NT	-	2
TOTALES						**144**
MAMÍFEROS						
Pecari tajacu	Pecarí de collar	-	-	LC	II	84
Lynx rufus	Lince	-	-	LC	II	54
Taxidea taxus	Tlalcoyote	-	A	LC	-	2
Peromyscus melanotis	Ratón orejas negras	E	-	LC	-	8
TOTAL						**148**

ENDEMICIDAD: E-Endémica, CE-Cuasiendémica, SE-Semiendémica, Exo-Exótica, A-Accidental; **NOM-059-SEMARNAT-2010**: A=Amenazada, P=En Peligro de Extinción, Pr= Sujeta a Protección especial; **IUCN**: LC-*least concern*; NT-*near threatened*; VU-*vulnerable*; EN-*endangered*; CR-*critically endangered*; EW-*Extinct in the wild*; EX-*Extinct*; DD-*data deficient*. **CITES**: Apéndice I (Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas).

Versión Pública

IV.3.2.2.5.5. Especies indicadoras, de aprovechamiento y sus gremios tróficos en el AP

Una especie indicadora es un organismo cuya presencia, ausencia o abundancia refleja una condición ambiental específica. Las especies indicadoras pueden ser señal de un cambio en la condición biológica de un ecosistema en particular, y por lo tanto pueden ser utilizadas como un puente para diagnosticar la salud de un ecosistema.

Anfibios. Las especies pertenecientes a este grupo registradas en el sitio del Proyecto se han considerado como especies indicadoras de la calidad del hábitat, debido a que muchos investigadores han establecido que los anfibios comparten características biológicas que los hacen sensibles a las perturbaciones ambientales como son: su ciclo de vida complejo, reproducción asociada a medios acuosos, estado larvario con requerimientos de hábitat y alimento diferentes a los del estado adulto, capacidad de dispersión limitada, territorios pequeños y piel altamente permeable, facilitadora del intercambio directo entre el organismo y el medio ambiente, entre otros. Por lo que, la presencia de especies pertenecientes a este grupo resulta un indicador de las condiciones actuales del sitio en donde se registren. En el AP se registró la presencia de 4 especies, presentes en aquellos sitios con un alto grado de humedad o inclusive cuerpos de agua temporales, mismos que se forman de manera natural aprovechando el agua que se origina de las precipitaciones pluviales. Entre las especies que se registraron, se ubican aquellas que suelen ser sumamente sensibles a la perturbación humana, tal es el caso del ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*) y la ranita de árbol plegada (*Dryophytes plicatus*), además también se registraron especies que además de ser indicadoras, cuentan con cierta grado de adaptabilidad a la perturbación y a la presencia humana, tal es el caso del sapo de espuelas (*Anaxyrus cognatus*) y el falso sapo de espuela (*Spea multiplicata*). Todos los anfibios registrados son insectívoros, pero también llegan a alimentarse de caracoles o restos de plantas. Estas especies no tienen ningún tipo de aprovechamiento para la población del AP.

Versión Pública

Reptiles. Los reptiles por su poca vagilidad también son consideradas como especies indicadoras siendo vulnerables a las actividades que transforman el uso de suelo entre las que destacan las construcciones de edificios, carreteras y actividad minera, así como el desmonte de vegetación por cualquier otra actividad, producto de la creciente presión humana sobre los ecosistemas. Algunas especies de reptiles como lagartijas son un poco más tolerantes a la perturbación de su hábitat (*Aspidoscelis gularis, Sceloporus grammicus, Sceloporus spinosus, Phrynosoma modestum*), sin embargo, algunas otras limitan su desplazamiento a unos cuantos metros de su madriguera por lo cual su área de movimiento y desplazamiento es limitada. Las serpientes son buenas indicadoras de la calidad ambiental, también de las zonas urbanas y periurbanas. En el AP, se registraron la víbora de cascabel del Altiplano (*Crotalus scutulatus*), la

víbora de cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), la víbora de cascabel gris (*Crotalus lepidus*) y la tortuga pecho quebrado (*Kinosternon hirtipes*), las cuales podrían tener un efecto adverso derivado del desmonte y despalme de la vegetación con la maquinaria en el sitio del Proyecto, aún y cuando son especies que suelen desplazarse y sus movimientos son lentos ya que son organismos ectotermos. En el caso de los reptiles, se tiene que las especies de lagartijas registradas para el sitio del Proyecto son especies insectívoras, mientras que las especies de serpientes o culebras llegan a incluir dentro de su dieta carnívora a algunos insectos.

Aves. El uso de las aves como bioindicadoras de cambios ambientales se fundamenta en que debido a su posición en la escala trófica se verán afectados por una gran variedad de factores. Esta característica de las aves como concentradoras de efectos, representa en sí mismo un problema cuando pretendamos examinar los cambios en las poblaciones de aves frente a un factor aislado. Las aves no estarán afectadas únicamente por ese factor que nos interesa en ese momento, si no por un conjunto de variables que cuanto mejor conozcamos, mayor será nuestra confidencia en la bondad de los resultados obtenidos. Las aves rapaces diurnas, son un grupo vulnerable a cambios ambientales causados por actividades humanas o fenómenos naturales. Por esta razón, varias especies se les reconoce como amenazadas. En el AP se observaron rapaces como: el gavilán rastrero (*Circus hudsonius*), el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), el aguililla cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*), el aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), el caracará quebrantahuesos (*Caracara cheriway*), el cernícalo americano (*Falco sparverius*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón mexicano (*Falco mexicanus*), el búho cornudo (*Bubo virginianus*), el zopilote aura (*Cathartes aura)* y el zopilote común (*Coragyps atratus)*.

Versión Pública

Existen de igual forma especies exóticas o especies de aves invasoras, donde la mayoría se introducen por vías directamente relacionadas con las actividades humanas; no obstante, algunas son introducidas accidentalmente por medios naturales (viento, huracanes, tormentas o corrientes marinas). Otros factores de presión, como el cambio climático global, exacerban la dispersión y el establecimiento de especies exóticas invasoras. En el AP se observaron dos especies invasoras: la garza ganadera africana (*Bubulcus ibis*) y la paloma asiática doméstica (*Columba livia*).

Las aves con un gremio insectívoro fueron las más abundantes en el AP, seguidas de aquellas especies que también incluyen dentro de su dieta a los peces y las omnívoras. También se registraron especies de aves que presentan solo un tipo de gremio, los cuales incluyen las carnívoras, las carroñeras, las granívoras, las insectívoras, las omnívoras y piscívoras. El gremio de especies insectívoras es el más abundante, en su mayoría del orden de los Passeriformes.

Mamíferos. Se pueden señalar al menos tres órdenes de mamíferos que están estrechamente relacionados con la salud, el decaimiento o la muerte de los árboles de los bosques, tales como: Chiroptera, Rodentia y Carnivora. Estos mamíferos dependen de que la estructura y composición del bosque se mantenga inalterada y a su vez el bosque requiere de ellos para mantenerse en equilibrio (Aubry et al., 2003). La presencia de carnívoros tope, es decir, aquellos animales depredadores que por su tamaño no tienen enemigos naturales, ejerce una influencia fundamental sobre la estabilidad y la diversidad de la vegetación y la fauna de los bosques. Estos animales regularmente se alimentan de grandes herbívoros y de algunos carnívoros medianos. Su eliminación lleva a múltiples cambios que provocan la simplificación del ecosistema. Dentro de la caracterización mastofaunística el orden Carnivora, está representado por 5 familias lo cual sugiere un adecuado estado de ecosistema.

Los pequeños mamíferos como los roedores son un componente importante dentro de las comunidades, ya que contribuyen al flujo de energía, al ciclo de los nutrientes, y desempeñan papeles importantes al fungir como depredadores, polinizadores, dispersores de semillas y controladores naturales de insectos que pueden ser considerados plagas, además, por su parte seleccionan el hábitat con base a las características de la textura del suelo, profundidad, estructura de la vegetación, densidad, cobertura vegetal, presencia o ausencia de rocas y abundancia de recursos (Trujano-Álvarez et al., 2008). Los murciélagos juegan un papel importante como controladores de plagas, como alimento para otros depredadores, como fertilizadores del suelo, como polinizadores y dispersores de semillas. Además, son muy susceptibles a las alteraciones de su hábitat debido a sus requerimientos especializados, representan un grupo muy útil como indicador de la calidad de un ecosistema, debido a que muchas especies son sensibles a la pérdida o a la fragmentación de su hábitat. Cuando hay perturbaciones, las poblaciones reducen sus tamaños afectando la composición local y la diversidad de las comunidades (Torres-Flores, 2005).

Versión Pública

En el AP se registraron 30 especies que presentan gremios tróficos, como los omnívoros, carnívoros, los herbívoros e insectívoros. El gremio de especies omnívoras es el más abundante, en su mayoría del orden Muridae.

IV.3.2.2.5.6. Temporada hábil de aprovechamiento de especies

En el AP, se avistaron especies de aves presentes en la lista de aprovechamiento por SEMARNAT, tales como: la paloma alas blancas (*Zenadia asiatica*), la paloma huilota (*Zenaida macroura*), el pato de collar (*Anas platyrhynchos*), el pato mexicano (*Anas diazii*). En cuanto a los mamíferos se obtuvieron registros de mapache (*Procyon lotor*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), zorrillo listado sureño (*Mephitis macroura*) y pecarí de collar (*Pecari tajacu*). De manera particular en el AP, no se registró ninguna Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre.

IV.3.2.2.5.7. Corredores biológicos presentes en el Sistema Ambiental Regional

El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (COBIOCOM), es una iniciativa para la conservación del patrimonio natural y cultural cuyo objetivo primordial es lograr la conectividad biológica, la preservación de los diferentes ecosistemas, así como las prácticas tradicionales de manejo y uso de la biodiversidad del centro occidente del país. En la actualidad el Corredor Biocultural (COBIOCOM), se encuentra integrado por ocho Estados de la República Mexicana que son: Nayarit, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Colima y Jalisco, además cuenta con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el apoyo de instituciones no gubernamentales Nacionales e Internacionales que son: Reforestamos México A. C., Ecosistémica A. C., la agencia Alemana de cooperación (GIZ) y la World Wildlife Fund (WWF) (SEMADET, 2021). Se consultó la información digital existente sobre este corredor, y de manera esquemática se ubicó en relación al SAR, tal como se puede apreciar en la **Figura IV.92**.

Versión Pública

Cabe destacar que una de las especies que se registró de manera directa en el AP corresponde al tlalcoyote (*Taxidea taxus*), el cual es una especie de mustélido con categoría de Amenazado-A, listado en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Esta especie a pesar de presentar una distribución amplia en Norteamérica presenta declive en sus poblaciones por la conversión de tierras agrícolas, la cacería y el envenenamiento de sus presas (Jimenez-Guzmán y List, 2005). Este modelo de corredor a pesar de que se desarrolló en base a el tlalcoyote (*Taxidea taxus*) puede ser utilizado por otros mamíferos medianos presentes en el SAR, AI y AP.

Para el esto se utilizó el modelo de corrientes, ya que las escorrentías, como arroyos intermitentes, son utilizadas frecuentemente como rutas de traslado; el modelo de topoformas dando mayor relevancia a “bajada típica” que es donde se encuentran los suelos más profundos, principalmente arenas, limos y arcillas por su hábitos cavadores; los cuerpos de agua por la disponibilidad del recurso y la vegetación, principalmente sobre coberturas densas ya que en estos sitios se obtuvieron la mayoría de los registros del tlalcoyote (*Taxidea taxus*), durante los estudios de Línea Base Ambiental y finalmente la ubicación de los registros de las principales presas de esta especie. En base al análisis de la información anteriormente mencionada (**Figura IV.93**) y la experiencia del personal en campo se desarrolló un modelo donde potencialmente esta especie puede estar utilizando como corredor o posibles rutas de desplazamiento.

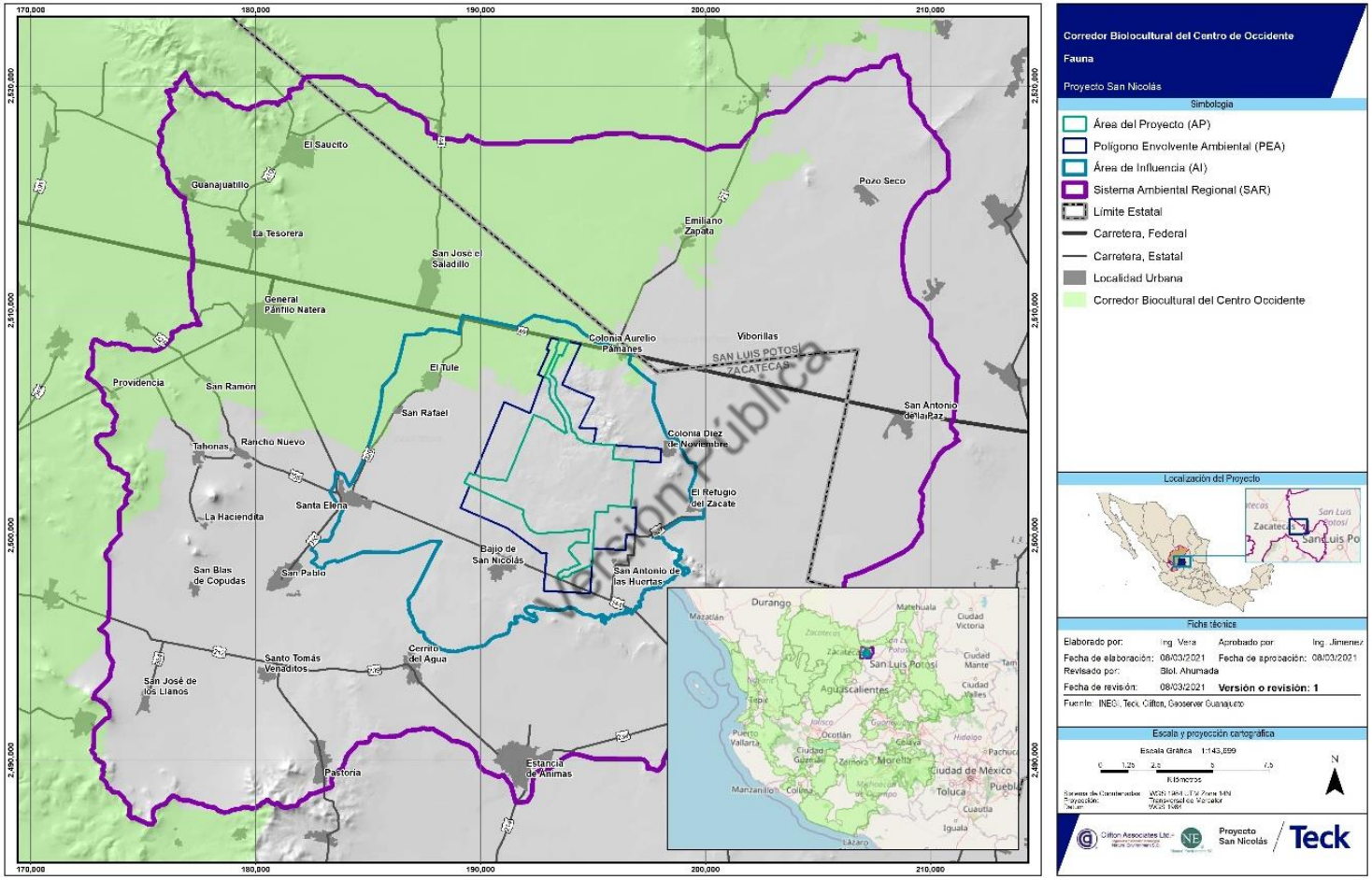


Figura IV.92 Zonificación del COBIOCOM y su ubicación dentro del Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

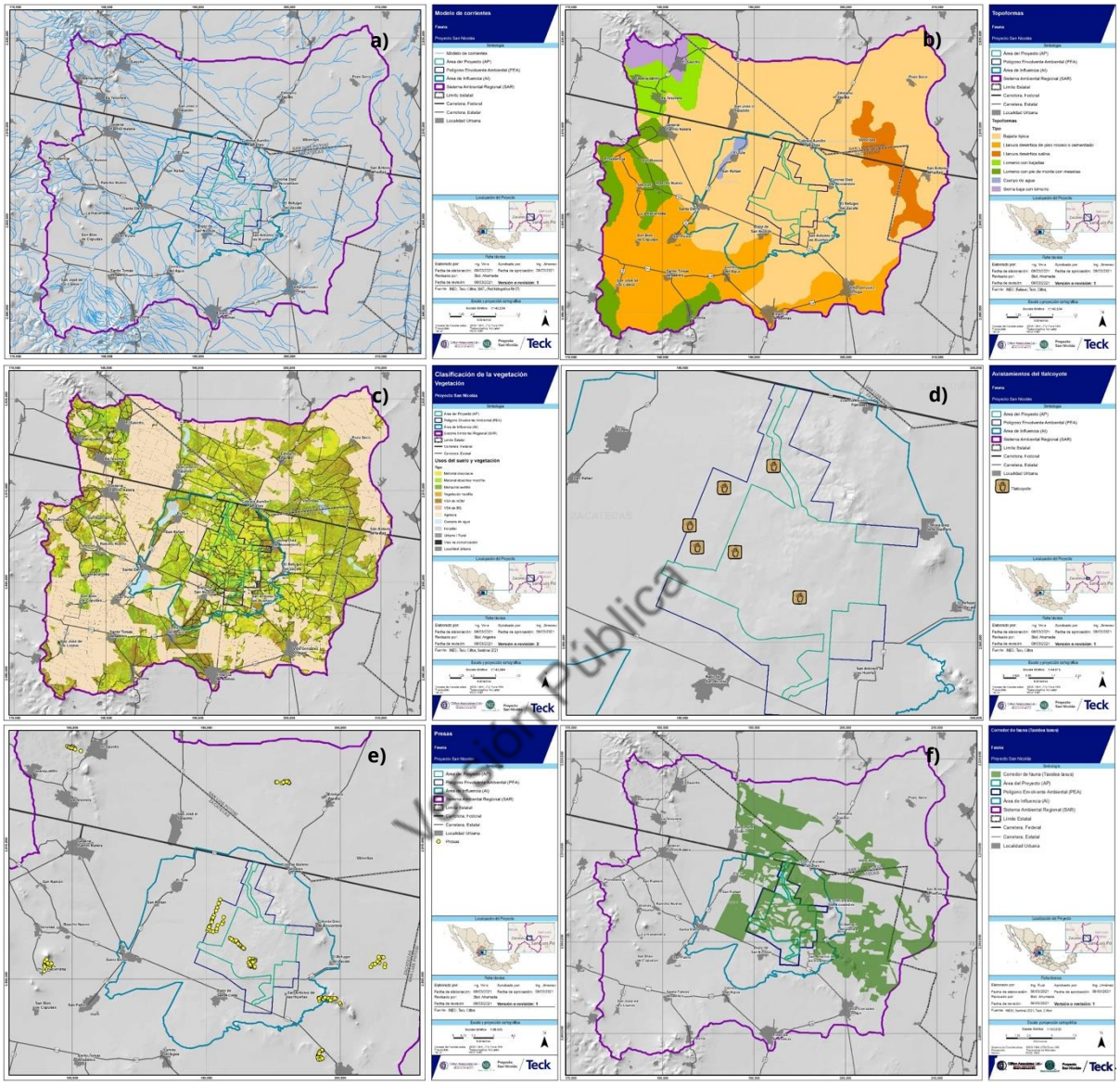


Figura IV.93 a) Modelo de corrientes; b) modelo de topoformas; c) cuerpos de agua, usos de suelo y vegetación; d) registros de tlacoyote (*Taxidea taxus*); e) registros de roedores y f) Modelo de corredor biológico o rutas de desplazamiento para el tlalcoyote (*Taxidea taxus*).

IV.3.2.2.5.8. Zonas potenciales de anidación para aves rapaces

Para determinar las principales zonas de anidación para las aves rapaces, se tomaron en cuenta para la zonificación las especies con estatus de Amenazada por la NOM-059-SEMARNAT-2010, que corresponde al halcón mexicano (*Falco mexicanus*) y el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) con principal enfoque a esta última especie, ya que son las especies especialistas que pudieran ser las más afectadas por los cambios en el ecosistema. Este mapeo de áreas puede incluir al halcón peregrino (*Falco peregrinus*), ya que los requerimientos para la selección de sitios de anidación son similares (Howell y Webb, 1995; Lozano, 2013). Para la elaboración de polígonos potenciales para la anidación de estas especies, se utilizó la información de los requerimientos de hábitat, la información científica disponible sobre las áreas de anidamiento en la región, la información cartográfica sobre topoformas, elevación y vegetación y uso de suelo, así como la información obtenida en campo.

Campos-Rodríguez *et al.,* (2019) y Ortiz-Martínez (2016), analizan las zonas de anidamiento del Águila real (*Aquila chrysaetos*) en el sureste de Zacatecas, San Luis Potosí y Aguascalientes, las cuales se encuentran en relación con el SAR, tomando en cuenta que su territorio puede abarcar entre 60 y 100 km^2 y construye sus nidos en un área de entre 20 a 30 km^2 (Lozano-Román y Ávila-Villegas, 2009).

Versión Pública

Se realizó un análisis multicapa tomando en cuenta que sus nidos son construidos en lugares elevados como riscos y paredes de roca pendientes superiores a los 70° (Lozano-Román y Ávila-Villegas, 2009; Ortiz-Martínez, 2016), por lo que se mapearon aquellas zonas rocosas, de acuerdo a un modelo de reflectancia. Se utilizaron áreas que estuvieran a una distancia minia de 450 metros de un camino ya que en distancias menores son menos susceptibles a ser ocupadas (Ortiz-Martínez, 2016) y a una distancia de 600 metros de minas o bancos de material activos (Campos-Rodríguez *et al.,* 2019) y finalmente áreas que estuvieran bordeadas con vegetación clímax.

De acuerdo a lo anterior, se obtuvieron dos zonas con áreas potenciales para la anidación de aves rapaces, la de mayor superficie se encuentra al Noroeste de la localidad del Saucito, y otra menor en el Cerro de San Miguel, por lo que de manera esquemática en la **Figura IV.94**, se presentan las áreas potenciales de anidación de aves rapaces que pudieron identificarse y para lo cual se plantea el ejecutar acciones de monitoreo que nos arrojen resultados que indiquen los posibles efectos adversos o no a estas poblaciones por la implementación de este tipo de proyectos. Cabe señalar que estas áreas potenciales para la anidación de aves rapaces se encuentran dentro del SAR, pero fuera del AP.

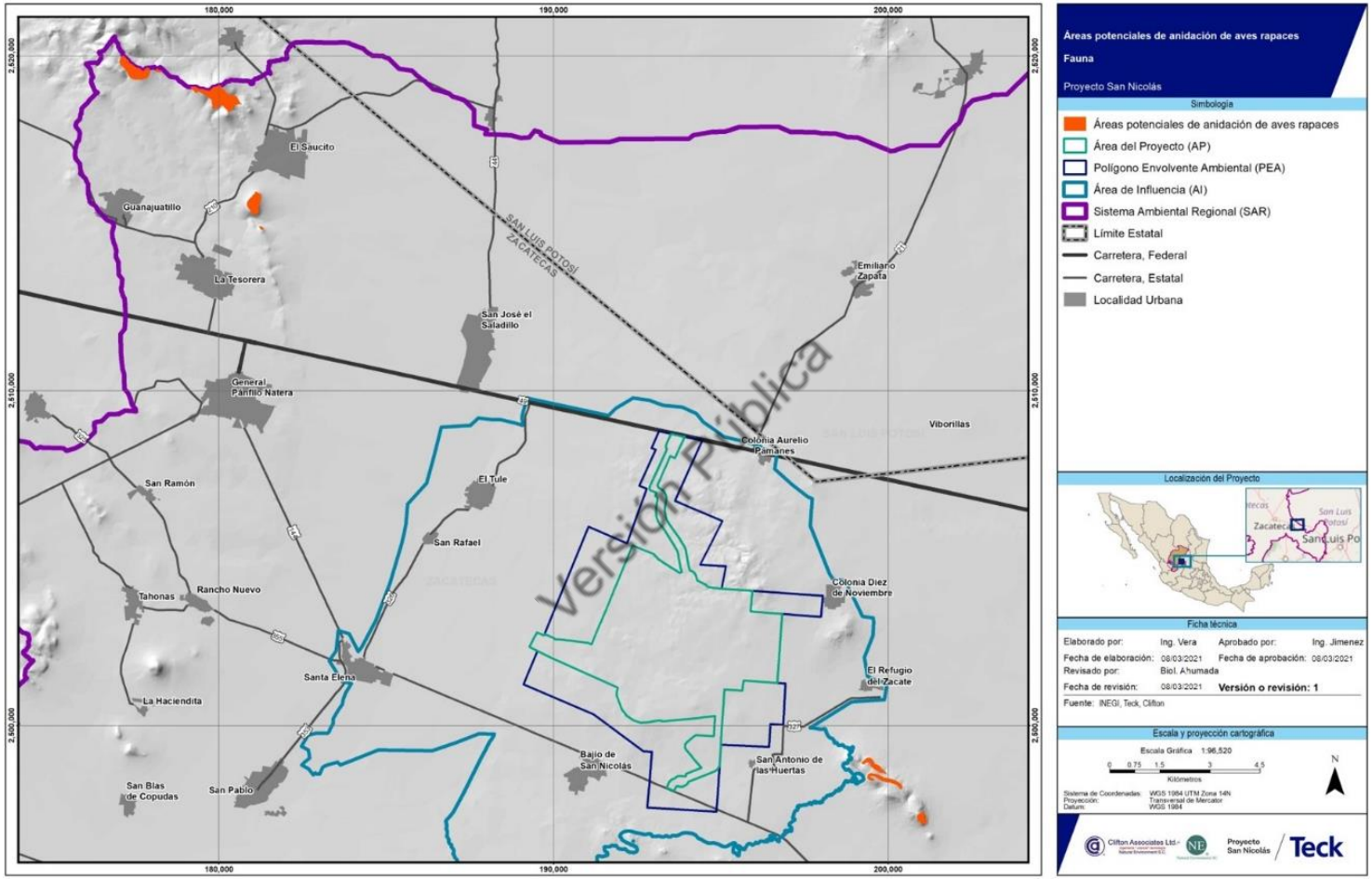


Figura IV.94 Áreas potenciales de anidación para aves rapaces en el Sistema Ambiental Regional.

IV.3.2.2.6. Análisis comparativo de los índices de diversidad y abundancia en el SAR, AI y AP

Con la descripción de los registros de especies e individuos para cada uno de los grupos faunísticos, en el **Cuadro IV.64**, se presenta el comparativo de los índices de diversidad y abundancia para el SAR, AI y AP, en donde se puede apreciar que los valores más altos para cada uno de los grupos corresponden a la poligonal que cuenta con mayor superficie de cobertura. En el **Anexo IV.58,** se incluye el cuadro comparativo de los registros de fauna silvestre efectuados por métodos directos e indirectos en el SAR, AI y AP.

IV.3.2.2.6.1. Índices de biodiversidad, números de Hill

Para la obtención de los índices de biodiversidad para cada uno de los grupos, se requirió conocer los datos de riqueza, los cuales se obtuvieron de acuerdo con las diferentes metodologías de muestreo, descritas en el **Anexo IV.52.** Para algunos grupos, se consideraron los registros obtenidos por medio de muestreos indirectos, de los cuales se obtuvo el registro de presencia, con considerando el número de individuos.

Versión Pública

Sistema Ambiental Regional (SAR)

Anfibios y reptiles. En el **Cuadro IV.65,** se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el SAR. Como se mencionó en la metodología, el índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el SAR cuenta de 0.8697 y 3.1888 especies de anfibios y reptiles por km^2, respectivamente.

En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de anfibios y reptiles dentro del SAR indican que se logró una cobertura de muestreo de 99.5%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables para los análisis de diversidad.

De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie de números de Hill, el ensamble de anfibios y reptiles dentro del SAR, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 11.19; Especies medianamente abundantes= 15.76; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 1.04, tal como se puede apreciar en el **Cuadro IV.66**.

Cuadro IV.64 Índices de diversidad por grupo faunístico para el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

Grupo faunístico	Sistema Ambiental Regional			Área de Influencia			Área del Proyecto		
	Índice de Shannon-Wiener	Índice de Simpson	H´max	Índice de Shannon-Wiener	Índice de Simpson	H´max	Índice de Shannon-Wiener	Índice de Simpson	H´max
General	3.896653453	0.034313498	5.33753808	3.701000093	0.040600518	5.220355825	3.81329533	0.03511827	4.80402104
Anfibios	1.591567900	0.222060354	1.791759469	0.924167383	0.458765432	1.386294361	0.88977688	0.46159122	1.38629436
Reptiles	2.142755391	0.185705573	3.091042453	2.126281342	0.155618312	2.833213344	2.22643931	0.13838489	2.70805020
Aves	3.507060081	0.04665006	4.990432587	3.131197989	0.056009764	4.882801923	3.30960195	0.05509857	4.29045944
Mamíferos	2.631105215	0.100410564	3.218875825	2.292534945	0.148739765	3.17805383	2.54591918	0.11215155	3.13549421

Versión Pública

Cuadro IV.65 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de anfibios y reptiles en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Superficie de muestreo en km² para anfibios y reptiles (Área (A))	Cálculo IN(A)	IB S/IN(A)	
			Anfibios	Reptiles
SAR	991.34	6.8991	0.8697	3.1888

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SAR. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo.

Cuadro IV.66 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Riqueza de anfibios y reptiles (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (Λ)	N0	N1	N2
SAR	28	2.597	0.105	28	15.763	11.197

Donde: **N0** nos indica la riqueza de especies; **N1** nos indica las especies que son medianamente abundantes y **N2** nos habla de las especies que son muy abundantes.

Versión Pública

La especie con la mayor abundancia observada fue el huico pinto del noreste (*Aspidoscelis gularis*), con un registro un total de 106 individuos representando el 23.71% de la abundancia total observada, como se aprecia de manera esquemática en la **Figura IV.95**. Por su parte la especies con abundancias menores de 2 individuos fueron un total de 7 especies, las cuales en conjunto registraron el 0.89% de la abundancia total observada.

El ensamble de anfibios y reptiles, presente en el SAR tiene un reparto de individuos que tiende a ser equitativo. Lo anterior se refuerza con los valores de Shannon los cuales indican valores medios a altos de diversidad para este grupo dentro del SAR. En los órdenes de diversidad N1 y N2 se pude apreciar que el número de especies efectivas es de 15.76 y 11.19, respectivamente, indicando un buen reparto de individuos en las especies medianamente abundantes y las que son muy abundantes. Aunado a lo anterior se encontraron valores de Simpson cercanos a 1 lo cual indica alto índice de dominancia. En el SAR la especie dominante resulto ser el Huico pinto del noreste (*Aspidoscelis gularis*). Sin embargo, los valores de Shannon, así como el reparto de individuos en las especies efectivas de la herpetofauna indican que los valores de diversidad para dicha superficie son relativamente altos.

Versión Pública

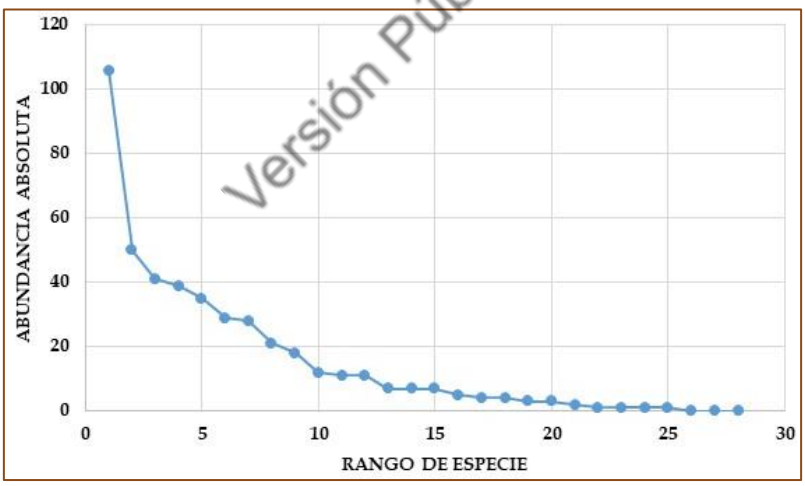


Figura IV.95 Curva de rango-abundancia del ensamble de anfibios y reptiles registradas para el Sistema Ambiental Regional.

Aves. En el **Cuadro IV.67**, se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el SAR. Como se mencionó en la metodología, el índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el SAR cuenta de 21.31 especies de aves por km^2.

Cuadro IV.67 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de aves en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Superficie de muestreo en km² para aves (Área (A))	Número de especies (S)	IB	
			IN(A)	S/IN(A)
SAR	991.34	147	6.90	21.31

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SAR. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo.

En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de las aves dentro del SAR indican que se logró una cobertura de muestreo de 99.93%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables para los análisis de diversidad.

De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie de números de Hill, el ensamble de aves dentro del SAR, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 35.48; Especies medianamente abundantes= 47.47; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 64.05, tal como se puede apreciar en el **Cuadro IV.68.**

Versión Pública

Cuadro IV.68 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para aves en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Riqueza de aves (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (Λ)	N0	N1	N2
SAR	147	3.507	0.046	147	47.47	35.48

Donde: **N0** nos indica la riqueza de especies; **N1** nos indica las especies que son medianamente abundantes y **N2** nos habla de las especies que son muy abundantes.

La especie con la mayor abundancia observada fue la paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*), con un registro un total de 1,210 individuos representando el 11.87% de la abundancia total observada, como se aprecia de manera esquemática en la **Figura IV.96**. Por su parte la especies con abundancias menores de 10 individuos fueron un total de 87 especies, las cuales en conjunto registraron el 1.68% de la abundancia total observada. Las aves presentes en el SAR, tiene un reparto de individuos que tiende a ser equitativo. Lo anterior se refuerza con los valores de Shannon los cuales indican valores altos de diversidad para este grupo dentro del SAR. En los órdenes de diversidad N1 y N2 se pude apreciar que el número de especies efectivas fue de 47.47 y 35.48, respectivamente, indicando un buen reparto de individuos en las especies medianamente

abundantes y las que son muy abundantes. A pesar de lo anterior se encontraron valores de Simpson óptimos, lo cual indica alto índice de dominancia. En el SAR, la especie de ave dominante resulto ser la paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*). Sin embargo, los valores de Shannon, así como el reparto de individuos en las especies efectivas de aves indican que los valores de diversidad para dicha área de estudio son relativamente altos.

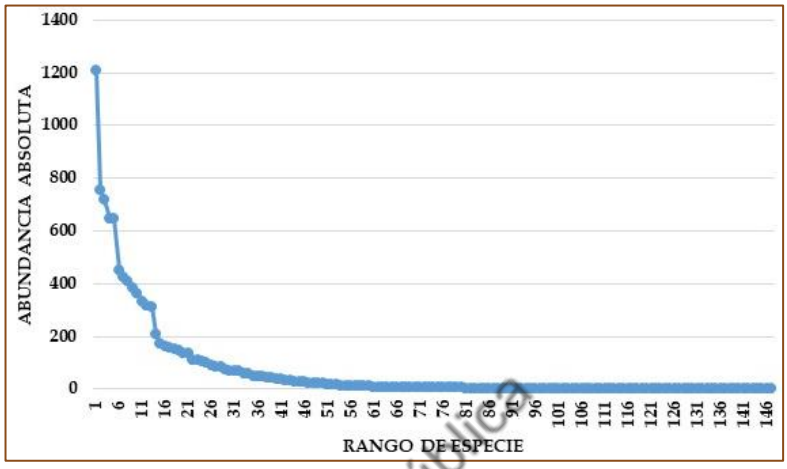


Figura IV.96 Curva de rango-abundancia del ensamble de aves registradas para el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Mamíferos. En el **Cuadro IV.69**, se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el SAR. El índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el SAR cuenta de 3.62 especies de mamíferos por km^2.

Cuadro IV.69 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de los mamíferos en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Superficie de muestreo en km^2 para mamíferos (Área (A))	Número de especies (S)	IB	
			IN(A)	S/IN(A)
SAR	991.34	25*	6.89	3.62

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SAR. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo. *El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo, en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de los mamíferos dentro del SAR indican que se logró una cobertura de muestreo de 100%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables para los análisis de diversidad. De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie de números de Hill, el ensamble de mamíferos dentro del SAR, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 8.74; Especies medianamente abundantes= 12.77; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 3.49, tal como se puede apreciar en el **Cuadro IV.70**.

Cuadro IV.70 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para mamíferos en el Sistema Ambiental Regional.

Poligonal	Riqueza de mamíferos (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (Λ)	N0	N1	N2
SAR	25	2.63	0.100	25	12.77	8.74

Donde: **N0** nos indica la riqueza de especies; **N1** nos indica las especies que son medianamente abundantes y **N2** nos habla de las especies que son muy abundantes.

Versión Pública

La especie con la mayor abundancia observada fue el conejo serrano de castilla (*Sylvilagus floridanus*), con un registro un total de 282 individuos representando el 17.96% de la abundancia total observada, como se aprecia en la **Figura IV.97**. Por su parte la especies con abundancias menores de 10 individuos fueron un total de 3 especies, las cuales en conjunto registraron el 0.063% de la abundancia total observada. La diversidad del ensamble de mamíferos dentro del SAR muestra que el reparto de individuos tiende hacia la *equitatividad*. Esto se puede apreciar en los órdenes de diversidad N1 y N2 puesto que el número efectivo de especies fue de 12.77 y 8.74, respectivamente, indicando un reparto de individuos equitativo para las especies que son muy abundantes y medianamente abundantes. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por el índice de Shannon el cual da mayor peso a las especies comunes. Sin embargo, el índice de Simpson muestra valores óptimos, indicando alta dominancia. Dicho índice da mayor peso a las especies dominantes, que, para el caso del SAR fueron el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y la Liebre de cola negra (*Lepus californicus*) las cuales concentraron el 34.39% de la abundancia total observada. No obstante, la proporción de individuos con respecto a total del ensamble no es desproporcionada lo que también indica que la diversidad de mamíferos dentro del SAR es relativamente alta.

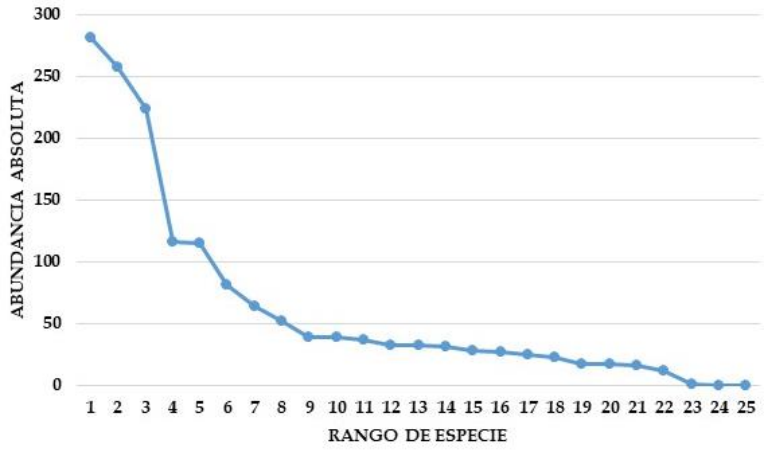


Figura IV.97 Curva de rango-abundancia del ensamble de mamíferos registradas para el Sistema Ambiental Regional.

Área del proyecto (AP)

Anfibios y reptiles. Para el AP, se registraron 4 especies de anfibios y 15 de reptiles, por lo que en el **Cuadro IV.71** se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el AP. Como se mencionó en la metodología, el índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el SP cuenta de 0.9744 y 3.6541 especies de anfibios y reptiles por km^2, respectivamente.

Versión Pública

Cuadro IV.71 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de anfibios y reptiles en el Área del Proyecto.

Área de Interés	Superficie de muestreo en km^2 para anfibios y reptiles (Área (A))	Cálculo IN(A)	IB S/IN(A)	
			Anfibios	Reptiles
AP	60.642	2.9591	0.9744	3.6541

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SP. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo.

En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de anfibios y reptiles dentro del AP indican que se logró una cobertura de muestreo de 97.96%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables para los análisis de diversidad. De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie

de números de Hill, el ensamble de anfibios y reptiles dentro del AP, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 9.07; Especies medianamente abundantes= 11.35; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 0, tal como se puede apreciar en la **Cuadro IV.72**.

Cuadro IV.72 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill de anfibios y reptiles en el Área del Proyecto.

Poligonal	Riqueza de anfibios y reptiles (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (Λ)	N0	N1	N2
AP	19	2.455	0.106	19	11.355	9.073

Donde: **N0** nos indica la riqueza de especies; **N1** nos indica las especies que son medianamente abundantes y **N2** nos habla de las especies que son muy abundantes.

La especie con la mayor abundancia observada fue el huico pinto del noreste (*Aspidoscelis gularis*), con un registro un total de 35 individuos representando el 16.05% de la abundancia total observada, como se aprecia en la **Figura IV.98**. Por su parte la especies con abundancias menores de 3 individuos fueron un total de 7 especies, las cuales en conjunto registraron el 1.37% de la abundancia total observada.

Versión Pública



Figura IV.98 Curva de rango-abundancia del ensamble de anfibios y reptiles registradas en el Área del Proyecto.

El ensamble de anfibios y reptiles, presente en el AP tiene un reparto de individuos que tiende a ser equitativo. Lo anterior se refuerza con los valores de Shannon los cuales indican valores medios a altos de diversidad para este grupo dentro del AP. En los órdenes de diversidad N1 y N2 se pude apreciar que el número de especies efectivas es de 11.35 y 9.07, respectivamente,

indicando un buen reparto de individuos en las especies medianamente abundantes y las que son muy abundantes. A pesar de lo anterior se encontraron valores de Simpson cercanos a 1 lo cual indica alto índice de dominancia. En el SP la especie dominante resulto ser el Huico pinto del noreste (*Aspidoscelis gularis*). Sin embargo, los valores de Shannon, así como el reparto de individuos en las especies efectivas de la herpetofauna indican que los valores de diversidad para dicha superficie son relativamente altos.

Aves. Para este grupo, se registraron 73 especies, por lo que en el **Cuadro IV.73**, se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el AP. Como se mencionó anteriormente, el índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el AP cuenta de 22.17 especies de aves por km^2. En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de las aves dentro del AP indican que se logró una cobertura de muestreo de 100%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables.

Versión Pública

Cuadro IV.73 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para el grupo de aves en el Área del Proyecto.

Poligonal	Superficie de muestreo en km^2 para aves (Área (A))	Número de especies (S)	IB	
			IN(A)	S/IN(A)
AP	60.642	73	4.10	22.17

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SP. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo.

De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie de números de Hill, el ensamble de aves dentro del AP, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 14.55; Especies medianamente abundantes= 22.08; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 18.37, tal como se puede apreciar en el **Cuadro IV.74**.

Cuadro IV.74 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para aves en el Área del Proyecto.

Poligonal	Riqueza de aves (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (Λ)	N0	N1	N2
AP	73	3.309	0.055	73	22.08	14.55

Donde: N0 nos indica la riqueza de especies; N1 nos indica las especies que son medianamente abundantes y N2 nos habla de las especies que son muy abundantes.

La especie con la mayor abundancia observada fue la paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*), con un registro un total de 438 individuos representando el 14.55% de la abundancia total observada, como se aprecia de manera esquemática en la **Figura IV.99**. Por su parte la especies con abundancias menores de 10 individuos fueron un total de 39 especies, las cuales en conjunto registraron el 5.28% de la abundancia total observada. El AP presenta un comportamiento similar en los valores de diversidad respecto al SAR y AI. De tal forma que se pude observar que la proporción de individuos en el ensamble de aves del AP tiende a ser equitativa, situación que se puede apreciar en el número de especies efectivas de las especies muy abundantes y medianamente abundantes.



Versión Pública

Figura IV.99 Curva de rango-abundancia del ensamble de aves registradas para el Área del Proyecto.

Mamíferos. Para este grupo se registraron 23 especies de mamíferos terrestres y 7 especies de mamíferos voladores, por lo que en el **Cuadro IV.75** se presentan los resultados del índice de Biodiversidad Taxonómica, calculado para el AP. El índice de biodiversidad taxonómico, complementa el análisis de diversidad, puesto que nos da un panorama de la relación entre especies y el área muestreada. De acuerdo con el índice de Biodiversidad Taxonómica, se estimó que el SP cuenta de 5.60 especies de mamíferos por km^2.

Cuadro IV.75 Índices de biodiversidad taxonómica calculado para los mamíferos en el Área del Proyecto.

Poligonal	Superficie de muestreo en km^2 para mamíferos (Área (A))	Número de especies (S)	IB	
			IN(A)	S/IN(A)
AP	60.642	23*	4.10	5.60

Índice de Biodiversidad Taxonómica (IB) en el SP. S= Número de especies / IN= Logaritmo natural (A) Superficie de muestreo. *El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo, en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

En cuanto al Número de Hill, las curvas de interpolación y extrapolación elaboradas para evaluar la completitud de los muestreos destinados para estimar la diversidad de las mamíferos dentro del SP indican que se logró una cobertura de muestreo de 100%, lo cual, indica que el esfuerzo de muestreo fue el adecuado en dicha superficie y que los datos son confiables para los análisis de diversidad.

De acuerdo con el número efectivo de especies expresado mediante la serie de números de Hill, el ensamble de mamíferos en el AP, tiene la siguiente estructura: Especies muy abundantes= 9.11; Especies medianamente abundantes= 13.01; especies raras, infrecuentes o difíciles de registrar= 0.88, tal como se puede apreciar en el **Cuadro IV.76**.

Cuadro IV.76 Resultados de los cálculos a la Serie de Números de Hill para mamíferos en el Área del Proyecto.

Poligonal	Riqueza de mamíferos (S)	Índices de diversidad		Serie de números de Hill		
		Shannon (H')	Simpson (λ)	N0	N1	N2
AP	23	2.545	0.112	23	13.01	9.11

Donde: N0 nos indica la riqueza de especies; N1 nos indica las especies que son medianamente abundantes y N2 nos habla de las especies que son muy abundantes.

Versión Pública

La especie con la mayor abundancia observada fue el conejo serrano de castilla (*Sylvilagus floridanus*), con un registro un total de 193 individuos representando el 22.36% de la abundancia total observada, como se aprecia de manera esquemática en la **Figura IV.100**.

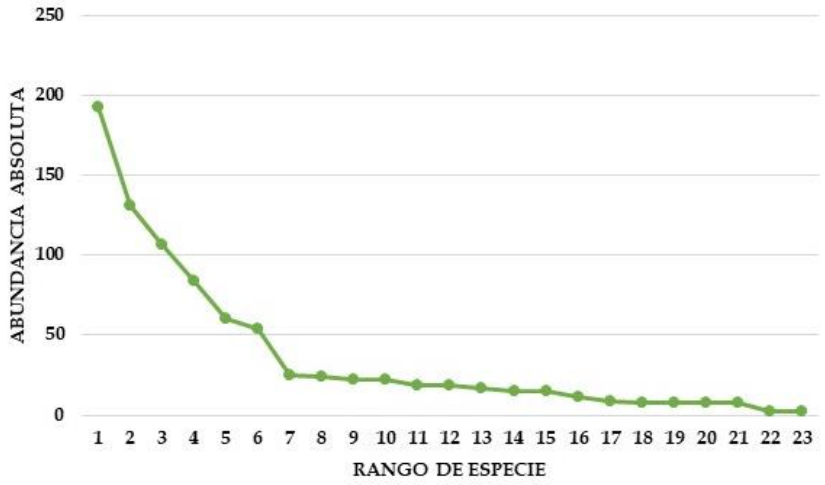


Figura IV.100 Curva de rango-abundancia del ensamble de mamíferos registradas en el Área del Proyecto.

Por su parte la especies con abundancias menores de 10 individuos fueron un total de 7 especies, las cuales en conjunto registraron el 5.21% de la abundancia total observada. Así como el AI y el SAR, el AP sigue un comportamiento similar en sus valores de diversidad a la de las áreas antes mencionadas. De tal forma que se pude observar que la proporción de individuos en el ensamble de mamíferos del AP tiende a ser equitativa, situación que se puede apreciar en el número de especies efectivas de las especies muy abundantes y medianamente abundantes. También se obtuvieron valores de dominancia altos representados por el Coyote (*Canis latrans*), para el cual se registraron 131 individuos, lo que representa el 15.17% del total de individuos.

IV.3.2.3. Servicios Ambientales

La LGEEPA define a los *Servicios Ambientales* como los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano; mientras que la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), en su artículo 7 fracción XXXIX, define a los servicios ambientales como los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como la provisión del agua en cantidad y calidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto en los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de los suelos; el paisaje y la recreación, entre otros. Los Servicios Ambientales se han clasificado en cuatro categorías, según su función en el sostén de la vida humana:

Versión Pública

- Servicios de regulación: beneficios obtenidos de los procesos naturales del ecosistema que se reflejan en la regulación del clima, de la calidad del aire, continuidad del ciclo hídrico, etc.
- Servicios de provisión: bienes materiales o tangibles que son producidos por el ecosistema, que pueden valorarse económicamente y su apreciación es directa.
- Servicios culturales: beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación, historia, etc.
- Servicios de soporte: son los servicios que mantienen las condiciones para la vida en la tierra y brindan la base para la ocurrencia de otros servicios ambientales; su valoración es intangible, ya que se desarrollan en periodos de tiempo muy largos e involucran procesos muy complejos. Ejemplos son los ciclos biogeoquímicos, el reciclaje de nutrientes, la dinámica atmosférica, entre otros.

De acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés, 2005) los principales servicios ambientales que brindan los ecosistemas de tierras

áridas, relacionados con los ecosistemas, son la provisión de alimento y de productos, la regulación de la biodiversidad, el ciclo de nutrientes, y la calidad del agua y del aire. De esta manera, se identifica que los ecosistemas del SAR, y sobre todo del AP, proveen servicios ambientales entre los que destacan la provisión de agua, la producción de alimentos, la provisión de materias primas, la protección de la biodiversidad, el reciclaje de nutrientes, el almacenamiento y captura de carbono, y la amortiguación del impacto de fenómenos naturales y servicios culturales.

El SAR está conformado por siete microcuencas, de las cuales, casi la totalidad del AI y del AP se encuentra en la microcuenca el Sapo y solo la porción norte de ambas áreas se encuentran en la microcuenca El Tule. Aun cuando el SAR carece de escurrimientos importantes, se forman arroyos intermitentes que escurren desde las zonas más elevadas hacia los lagos de la planicie, que ocasionalmente almacenan agua durante la temporada de lluvias (Lago El Tule, El Sapo, El Salado, Las Adjuntas), que tienen poca profundidad, variables niveles de agua y en el periodo de sequía tienden a perder agua por evaporación, hasta quedar prácticamente secos favoreciendo la formación de sales.

Versión Pública

A pesar de la limitada precipitación, los escurrimientos bajo estas condiciones, ofrecen servicios ambientales tales como la provisión de agua superficial en bordos y represos construidos para captar y almacenar agua por algunas semanas durante las temporadas de lluvias, destinados como abrevadero para la actividad pecuaria. A escala del AP, el punto de mayor acumulación de flujo en su perímetro corresponde al punto más elevado que se ubica en la porción Sureste del polígono y el punto de mayor acumulación de flujo saliente corresponde a la frontera occidental, en dirección al cuerpo de agua más cercano, siendo este el lago El Tule. El lago El Tule se ubica a 7 km al noroeste del AP, este cuenta con un área de 592 ha. Seguido por El Sapo, ubicado a 8 km al oeste del AP, que cuenta con 218 ha que recibe los caudales de la parte meridional del Proyecto.

En el SAR, la precipitación media anual varía de 357 mm como mínimo en la microcuenca Las Lajas y como máximo de 444.6 mm en la microcuenca La Presita y el coeficiente de escurrimiento promedio es de 0.091, por lo que el volumen medio anual de escurrimiento en las microcuencas El Sapo, El Tule, La Presita, Las Adjuntas, Las Cruces Occidente, Las Cruces Oriente y Las Lajas es de 15.63, 15.32, 0.85, 2.81, 0.39, 0.67 y 3.53 Mm^3, respectivamente. La precipitación media anual para el AI y AP, corresponde a 409 mm en la microcuenca El Tule y 421.9 mm en la microcuenca El Sapo. Con estos valores de precipitación se mantienen condiciones en buen estado de conservación de las vegetaciones primarias de matorral desértico micrófilo y del matorral crasicaule.

Con relación a la valoración del servicio ambiental de captura de carbono en las áreas de vegetación forestal del Proyecto, deberá tomarse como referencia el método indirecto comúnmente utilizado para la estimación de concentración de Carbono (CC) a través de la biomasa

calculada, el cual tiene aplicación exclusiva para especies de porte arbóreo. El modelo empleado para estimación de Biomasa fue el elaborado por el IPCC citado por Rodríguez-Laguna et al, 2009 ($\beta=\alpha_0*DN^{\alpha 1}$; donde DN: diámetro normal; α_0:0.010702 y α_1:3.050818 para *Quercus* sp y *Prosopis* sp; y α_0:0.209142 y α_1:2.123976 para *Juniperus* sp) aplicado a los valores registrados en la cuantificación de las existencias maderables en las áreas de los polígonos forestales del AP y de la caracterización de la vegetación. Sin embargo, esto podrá ser calculado con la valoración de los volúmenes del estrato arbóreo por especie, que se está calculando con propósitos del Estudio Técnico Justificativo de las áreas de los polígonos forestales. Se estima que la pérdida de biomasa y de la consecuente captura de carbono por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por la implantación del Proyecto, podrá ser compensada a través de acciones concretas de mitigación (aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y acciones de revegetación como parte del Plan de Cierre del Proyecto), y de compensación (programa de reforestación en áreas del PEA), con lo que el servicio ambiental asociado a la captura del carbono se verá afectado por el desarrollo del Proyecto.

La función de la vegetación para la amortiguación de los fenómenos naturales que ocurren en el SAR es de baja importancia por la poca ocurrencia de los mismos y el servicio ambiental de amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales no se verá afectado por el Proyecto; resaltando que en eventos extremos de precipitación, los posibles flujos que podrían provocar procesos de inundación, están fuera y alejados de las mayores estructuras del Proyecto, en particular del Tajo y de la presa de jales; además que se tiene previsto la construcción de canales para la captación y desvío de agua pluvial en cualquier evento de precipitación, incluso los eventos de precipitación extrema.

Versión Pública

El servicio ambiental de regulación climática se verá disminuido respecto a la captura de contaminantes atmosféricos a nivel del SAR, sin embargo, esta afectación no es significativa a nivel global o local si se compara la tasa de captura de carbono estimada en las áreas forestales con otros ecosistemas que registran tasas mayores de captura de carbono. Además de que el Proyecto no afectará comunidades de bosque de encino o de pino-encino, u otras áreas que presentan mayor potencial de captura de carbono y contaminantes que contribuyen de manera más importante en la regulación climática.

El servicio ambiental de protección de la biodiversidad tiene diferentes enfoques, este va desde la conservación de ecosistemas complejos hasta la protección de especies menores de flora y fauna. Entendiendo que la biodiversidad es la medida de la variedad de tipos de organismos en un determinado ecosistema (diversidad alfa), se considera que derivado del Proyecto no se compromete la diversidad de ecosistemas y especies de flora que se distribuyen en el SAR puesto que la vegetación forestal en el AP apenas representa casi 2% de la superficie del SAR. Cabe señalar

que en el AP no se identificaron zona de reproducción o conservación de alguna especie de distribución restringida, especies frágiles y/o vulnerables de vida silvestre; por lo que el servicio ambiental asociado a la biodiversidad existente en el SAR no parece estar comprometido.

IV.3.3. Medio socioeconómico

IV.3.3.1. Descripción socioambiental del semidesierto Zacatecano

Comprender la dinámica social y cultural de un grupo exige conocer el territorio y el paisaje dentro de los cuales los diversos actores sociales interactúan de manera constante, para después trascender en la identificación y comprensión de los espacios y los hechos socialmente significativos que les permiten ser y hacer una vida en determinado lugar.

La vía metodológica más factible para lograr una aprehensión integral de lo que hace a un territorio y a ciertos lugares habitables es sin duda la perspectiva regional, que ha sido promovida desde mediados del siglo XX por la geografía y la antropología sociocultural. Concebir regionalmente a un territorio permite reconocer convergencias ambientales, sociales y culturales.

Versión Pública

La caracterización regional exige en un primer momento un trabajo etnográfico profundo en distintas comunidades, pero busca rebasar el paradigma de la comunidad aislada, autónoma, endógena y en equilibrio, promovido por la antropología americana durante los primeros cuarenta años del siglo XX. Es cierto que la aproximación a la comunidad es fundamental; sin embargo, es insuficiente para delinear y comprender la unidad sociocultural y socioeconómica de un vasto territorio como lo es el semidesierto del sureste zacatecano. Se ha considerado en este estudio que, en el caso de este semidesierto, dicha unidad está compuesta por dieciocho comunidades distribuidas en cuatro municipios.

IV.3.3.1.1. Comprensión socioambiental del semidesierto zacatecano

Las configuraciones geográficas y ambientales del desierto y del semidesierto resultan complejas por naturaleza. Existen formas específicas de territorialización, que implican ciertos patrones y estrategias de subsistencia, junto con una lógica particular para aprehender un territorio y, con ello, detonar cierto tipo de identidad.

De acuerdo con Gilberto Giménez, quien recupera distintas voces de la geografía, no existen *desiertos absolutos*. Suelen distinguirse, sin embargo, entre *desiertos verdaderos* caracterizados por la hiperaridez (precipitaciones del orden de 10 a 50 mm anuales) y los *semidesiertos* en los que la

escasez de agua es menos marcada y constante. En general, los desiertos suelen estar bordeados por regiones semiáridas donde existe una breve temporada de lluvias, así como formas de vida vegetal y animal más consecuentes (2007:9). Este es el contexto del área donde se desarrollará el Proyecto de la Mina de San Nicolás.

En este sentido, el semidesierto zacatecano es consecuente con ciertas características: baja humedad durante el día, fuertes cambios de temperatura, alta luminosidad y ausencia de precipitaciones, todo ello como consecuencia de estar geográficamente asociado al gran desierto de Chihuahua. Ahora bien, sin tener menoscabo por los fenómenos ambientales y geográficos, lo que a esta aproximación importa es identificar cómo el semidesierto del sureste zacatecano se ha convertido en una zona habitable, con movilidad y patrones de intercambio económico y cultural.

IV.3.3.1.2. Territorio y sociedad: vivir en el semidesierto zacatecano. Patrones y pautas de subsistencia regional

Versión Pública

El 21 de julio de 1928 se publicó en el periódico oficial del Estado de Zacatecas la promulgación para erigir en municipios a dos cabeceras fundamentales del área de análisis: la Hacienda El Carro (hoy Villa González Ortega), con los centros poblados de Bajío de San Nicolás y Estancia de Ánimas; y La Blanca (hoy General Pánfilo Natera), con los centros poblados de El Tule, Santa Elena y San Pablo. Esta es la referencia histórica más sobresaliente para identificar el momento en que se generaron concentraciones que rebasaron las trescientas personas y que empezaron a detonar la configuración de centros urbanos compuestos por ranchos, rancherías, caseríos y comunidades.

La región que nos convoca a la reflexión fue gestada durante el siglo XX. Es en los albores y medianías de esa temporalidad que la necesidad de dotar de servicios básicos (salud, educación, drenaje, agua, luz y vías de comunicación) se convierte en el mayor reto para garantizar calidad de vida a sus habitantes. Transcurridos más de noventa años y en función del *rapport* y del trabajo etnográfico desarrollado durante este año, se puede dar cuenta de la existencia de la mayoría de los servicios; sin embargo, hay un elemento ausente y por tanto fundamental que bien permite comprender la dinámica social de esta región: la limitada infraestructura de vías de comunicación.

La dispersión de la población en diferentes comunidades históricamente ha dificultado la integración de la región con la capital zacatecana. Si a ello sumamos la ausencia o deterioro de las vías de comunicación (caminos de terracería en su mayoría, con excepción de la Carretera Interestatal 144 Ojocaliente-Pinos) resulta improbable que se consoliden dinámicas de intercambio económico y educativo con el centro rector de la entidad. Esto ha generado una región de refugio, modelo acuñado por el antropólogo Gonzalo Aguirre Beltrán en 1967. El semidesierto del sureste

zacatecano logra integrarse económica, cultural y políticamente en función de las cabeceras municipales más próximas o en su defecto opta por estrechar lazos con otras entidades como San Luis Potosí o Aguascalientes, que le son más accesibles por distancia y vías de comunicación.

En este sentido, estamos ante una región que ha consolidado una serie de circuitos comerciales, religiosos y festivos con comunidades, municipios y entidades que le son próximas y de fácil acceso. Considérese que, si un habitante que vive en la comunidad de El Tule desea llegar a la ciudad de Zacatecas, debe pagar al menos 250 pesos. De manera paradójica, la movilidad detona ciertos rasgos y pautas de trabajo, de solidaridad o comunalidad[1], y por supuesto de identidad subregional.

Las condiciones climáticas predominantemente secas y semisecas, aunado a las escasas precipitaciones pluviales registradas en la región, dificultan el desarrollo de pastizales, en consecuencia, encontramos suelos sobre explotados producto de la ganadería extensiva practicada en la zona, y que tampoco son óptimos para la siembra y cosecha de grandes cantidades de maíz, frijol y chile. Habitar una zona semidesértica exige una diversificación de actividades de subsistencia. La incertidumbre sobre la buena o la mala temporada de lluvias obliga a considerar a la agricultura como una práctica tradicional, que rememora los saberes adquiridos en la unidad doméstica y que efectivamente puede servir para el autoconsumo, pero no para consolidar un ingreso que garantice el bienestar de la unidad o del grupo doméstico. Es entonces que la ganadería, el trabajo en la construcción y la reciente inserción de las mujeres como obreras en las fábricas y empresas maquiladoras instaladas en el corredor industrial que conforman los municipios de Guadalupe y Zacatecas, así como en el comercio local, posibilitan un ingreso más estable. Sin olvidar el papel de las remesas, que para toda la entidad son fundamentales y de manera particular para esta región constituyen el fondo ritual común, ya que gracias a la participación a distancia o en presencia de los migrantes es que el circuito festivo es vigente.

Versión Pública

[1] "Concepto vivencial que permite la comprensión integral, total, natural y común de hacer la vida; es un razonamiento lógico natural que se funda en la interdependencia de sus elementos, temporales y espaciales; es la capacidad de los seres vivos que lo conforman; es el ejercicio de la vida; es la forma orgánica que refleja la diversidad contenida en la naturaleza, en una interdependencia integral de los elementos que la componen. Por todo ello, es una conducta fincada en el respeto a la diversidad, que genera un conocimiento específico, medios de comunicación necesarios, y hace de su ser un modo de vida fundado en principios de respeto, reciprocidad y una labor que permite la sobrevivencia del mundo de forma total, como el de cada una de sus instancias y elementos, que consigue bienestar y goce" (Luna, 2015); "Dentro del debate feminista propio de la década de los ochenta, comienza a tratarse la **dimensión cotidiana de la vida o 'lo cotidiano', diferenciando entre 'vida histórica' de 'vida cotidiana', o 'lado épico' de 'lado cotidiano'"** (IEL, 2019).

IV.3.3.2. Descripción General del Área de Influencia Social y de los Indicadores Sociodemográficos

IV.3.3.2.1. Descripción del Área de Influencia Social en el SAR

El Área de Influencia (AI) es la ubicación física en donde potencialmente se experimentarán o serán percibidos los impactos sociales y ambientales del Proyecto en sus diferentes etapas. El análisis del Área de Influencia Social (AIS) del Proyecto recoge los criterios y principios sustentados en las mejores prácticas internacionales, descritas por la Corporación Financiera Internacional (IFC), el Consejo Internacional de Metales y Minería (ICMM), así como los Principios de Ecuador (2013), entre otros. De la misma manera, se encuentra alineado también con lo dispuesto en la Guía de SEMARNAT para la elaboración de la MIA-R, así como con las Disposiciones Administrativas de Carácter General sobre la Evaluación de impacto Social en el Sector Energético en México (EViS).

IV.3.3.2.1.1. Análisis de criterios utilizados y caracterización

Versión Pública

Los criterios utilizados para la definición del Área de Influencia (AI) del Proyecto, que se describen a continuación, toman en consideración diferentes aspectos tales como: la geografía, la dinámica social, la historia, la economía, los límites político-administrativos y jurisdiccionales, la tenencia de la tierra y la repartición agraria, el grado de influencia ejercido por el proyecto hacia los diversos centros de población, y, finalmente, el índice de vulnerabilidad establecido para las mismas.

Desde el punto de vista geográfico, para la delimitación del AI han sido considerados los siguientes criterios:

- **Ubicación del polígono del proyecto**, área que comprende tanto la propiedad como los derechos mineros.
- **Instalaciones e infraestructura planificada** (accesos, caminos, tuberías, campamento, oficinas, estacionamientos, almacenes, subestación).
- **Áreas potencialmente afectadas por los efectos de las actividades planificadas del proyecto**, desde la planificación hasta el desarrollo y etapa de cierre del sitio (tránsito vehicular, aumento de población, demanda de mano de obra, demanda de servicios, emisiones, uso de agua, ruido, vibraciones, entre otros).
- Áreas potencialmente afectadas por los impactos de los desarrollos no planificados pero predecibles en el sitio y que podrían ocurrir en el futuro.

- **Corredores lineales**, tales como rutas de transporte, autopistas, carreteras, caminos locales, y en general cualquier área utilizada para la movilidad.
- **Ubicación de los centros de población vecinos**, y su proximidad con el desarrollo del proyecto, en donde las actividades pueden afectar las condiciones sociales existentes (lugar de residencia de los trabajadores, contratistas y proveedores, economía local, modificación en los patrones tradicionales de uso de la tierra).
- En lo que se refiere al criterio relacionado con la dinámica social, los elementos centrales que han sido evaluados y han determinado la selección del AI responden a los siguientes aspectos:
- **Unidades territoriales y/o administrativas**, entidad federativa, municipios, núcleos agrarios, propiedad y tenencia de la tierra, así como otros aspectos de carácter jurisdiccional.
- **Requisitos de tierra**, extensión, duración del proyecto, usos y costumbres de acceso a la tierra (compra, venta, arrendamiento, préstamo, herencia), pequeños propietarios, ejidos, fraccionamientos rurales, restricciones de uso de tierra, flora, fauna y agua (por ejemplo, zonas de veda y de amortiguamiento, áreas naturales o de conservación); estaciones o sitios identificados para el monitoreo y estudios de carácter ambiental, geológico, hidrogeológico, u otros, permisos de acceso e interacción local.
- **Uso de los recursos naturales y servicios ecosistémicos**, tanto por parte de la población local y regional, así como por parte del proyecto minero (aprovechamiento de flora, fauna, agua, suelos, madera, materiales y minerales pétreos / arenas / sales minerales, entre otros).
- **Requisitos de mano de obra y vivienda**, en las diferentes etapas del proyecto minero, será requerido un número específico aproximado de mano de obra (calificación, experiencia, nivel de habilidad; tipos de empleo, permanente, contrato, obra determinada, tiempo parcial, fase del proyecto); estrategias de vivienda, hospedaje, rutas de transporte local y regional.
- **Contribución económica**, oportunidades de empleabilidad, cadenas locales y regionales de suministro, proveeduría, planes y programas de inversión y desarrollo comunitario, pago de derechos e impuestos.
- **Políticas y procedimientos del proyecto**, visión de la sustentabilidad, seguridad, salud, medio ambiente y comunidades, planes, programas y procedimientos de exploración geológica, ingeniería, hidrogeología, procedimiento de conducción de vehículos ligeros, procedimiento de monitoreo y muestro de aspectos ambientales, políticas y procedimientos de salud y seguridad, procedimientos de gestión social y relacionamiento comunitario, entre otros.

Versión Pública

- **Historia del proyecto y presencia en sitio**, presencia en el área desde hace más de dos décadas, inicios de la exploración minera, estrategias administrativas de representación de las distintas empresas que han sido titulares de los derechos mineros, relacionamiento comunitario histórico y procesos de negociación de acceso y adquisición de derechos superficiales de tierra, presencia temprana en la región.
- Otro criterio tomando en consideración fue el definido por el índice de interacción y vulnerabilidad de los diferentes centros de población, el cual se compone de los siguientes elementos:
- **El nivel de interacción del proyecto con los centros de población**, en este caso, se ha construido un indicador propio, que establece parámetros cualitativos para indicar el nivel de interacción existente entre el proyecto, sus actividades, presencia y relación (pasada, presente y proyectada hacia el futuro) con los diversos centros poblados en el área.
- **La vulnerabilidad del centro de población,** sustentado en el indicador de rezago social, desarrollado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), este indicador toma en consideración cuatro aspectos de carencias sociales, a saber: educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda. Distribuyendo los resultados en muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social.

Versión Pública

IV.3.3.2.1.2. Definición del Área de Influencia Social (AIS)

El AIS definida para el Proyecto se compone de un total de 11 centros de población, pertenecientes a dos demarcaciones municipales, estas son Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- Municipio de Villa González Ortega
- Bajío de San Nicolás
- Colonia Aguiña
- Colonia Los Rivera
- San Antonio de las Huertas
- San Martín
- Refugio del Zacate
- Colonia Diez de Noviembre
- Colonia Aurelio Pámanes Escobedo
- General Pánfilo Natera

- El Tule
- San Rafael
- Santa Elena

Es relevante destacar que, para la determinación del AI del Proyecto San Nicolás, además de los criterios establecidos en el apartado previo, se han establecido dos dimensiones o niveles para la caracterización del nivel de influencia. A continuación, se describen los dos niveles de influencia:

Área de Influencia Social (AIS): Rancherías y pueblos relacionados con las actividades del proyecto debido a:

- Ubicación geográfica en relación con la huella del proyecto propuesto.
- Potencial impacto ambiental y afectaciones causadas por tránsito, ruido, vibraciones, visualización y paisaje y calidad del aire.
- Potenciales impactos y/o cambios en los medios tradicionales de subsistencia (por ejemplo, uso de tierras agrícolas y ganaderas, caminos, recursos forestales y servicios ecosistémicos y agua).
- Conexiones a recursos culturales, sociales o de salud, a menudo preferidas a rutas de acceso interrumpidas.
- Expectativas y oportunidades económicas relacionadas con la proveeduría.
- Interés en la empleabilidad y el desarrollo de mano de obra.
- Mayor presión sobre infraestructura y recursos sociales.

Versión Pública

Área de Influencia Indirecta dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR): Las actividades relacionadas con la existencia del proyecto son mínimas, usualmente fuera del rango de influencia y sin fuerza de atracción del proyecto (es un área geográficamente difusa y que únicamente responde a criterios muy concretos), puede contener los siguientes elementos:

- Intereses económicos de la población centrados en la perspectiva regional, así como en las redes migratorias hacia el centro-norte de México y los EEUU.
- Nivel medio o bajo en expectativas de oportunidades económicas relacionadas con la proveeduría y participación económica en el desarrollo del proyecto.
- Nivel medio o bajo en el interés en la generación y participación de mano de obra.
- Inexistencia de presión sobre infraestructura y recursos sociales.

El SAR delimitado por el Proyecto, incluye una superficie de 99,134.03 hectáreas, localizado principalmente en los municipios de Villa González Ortega, Pánfilo Natera, y Ojocaliente, pertenecientes al Estado de Zacatecas, y en medida en los municipios de Salinas y Villa de Ramos, pertenecientes al Estado de San Luis Potosí (**Cuadro IV.77**).

Cuadro IV.77 Distribución del área total del Sistema Ambiental Regional (SAR) por municipio, población y porcentaje.

Municipio	Área SAR (Ha)	Porcentaje Área SAR	Población SAR
General Pánfilo Natera	29,383.20	29.64	21,524
Ojocaliente	11,627.70	11.73	3,314
Villa González Ortega	33,335.84	33.63	12,648
Salinas	11,298.45	11.40	561
Villa de Ramos	13,488.83	13.61	369
Total	**99,134.03**	**100.00**	**38,416**

Versión Pública

De acuerdo con la información pública existente, en el SAR se encuentran ubicadas 36 localidades, de las cuales 32 pertenecen al Estado de Zacatecas y 4 al Estado de San Luis Potosí. La distribución de las localidades en cada una de las porciones municipales que componen el sistema es la siguiente (**Cuadro IV.78** y **Figura IV.101**):

- General Pánfilo Natera, Zacatecas: 15 localidades;
- Ojocaliente, Zacatecas: 5 localidades;
- Villa González Ortega: 12 localidades;
- Salinas, San Luis Potosí: 3 localidades;
- Villa de Ramos: 1 localidad.

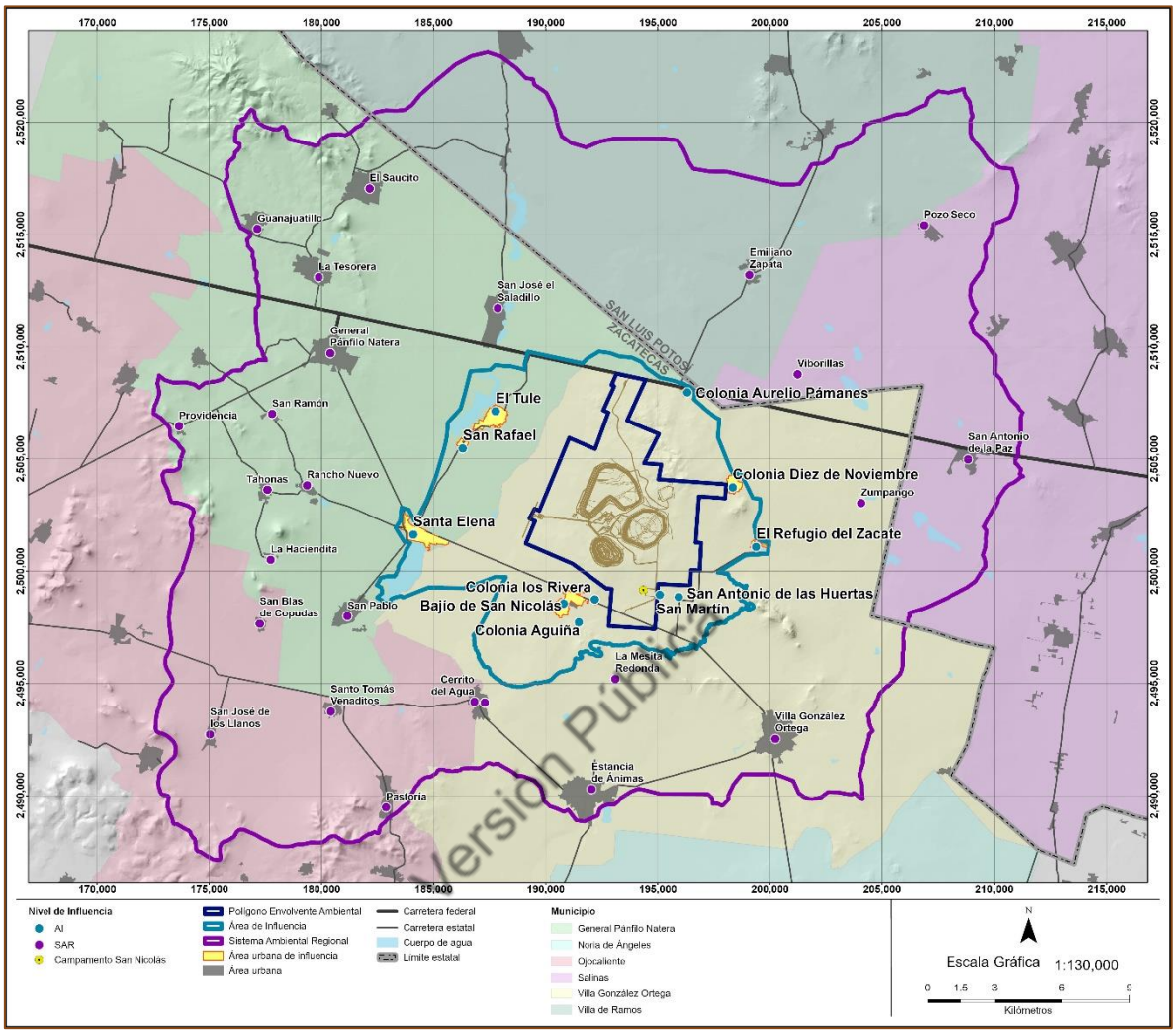


Figura IV.101 Municipios y Localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Influencia Social (AI).

Cuadro IV.78 Municipios y localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Entidad	Municipio	Clave localidad	Localidad	Área de Influencia	Longitud	Latitud	Altitud	Población
Zacatecas	Villa González Ortega	34	San Martín	AI	101°57'54.454" W	22°34'12.134" N	2131	4
Zacatecas	Villa González Ortega	60	Colonia Aguiña	AI	101°59'59.775" W	22°33'29.597" N	2111	13
Zacatecas	Villa González Ortega	58	Colonia los Rivera (El Palmarejo)	AI	101°59'35.463" W	22°34'03.428" N	2113	70
Zacatecas	Villa González Ortega	28	San Antonio de las Huertas	AI	101°57'24.493" W	22°34'09.327" N	2142	109
Zacatecas	General Pánfilo Natera	21	San Rafael	AI	102°03'06.069" W	22°37'38.073" N	2034	171
Zacatecas	General Pánfilo Natera	61	Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	AI	101°57'17.487" W	22°39'05.784" N	2178	289
Zacatecas	Villa González Ortega	27	El Refugio del Zacate	AI	101°55'25.564" W	22°35'23.789" N	2160	306
Zacatecas	Villa González Ortega	67	Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	AI	101°56'03.838" W	22°36'49.365" N	2218	680
Zacatecas	General Pánfilo Natera	30	El Tule	AI	102°02'16.004" W	22°38'32.773" N	2035	1,460
Zacatecas	Villa González Ortega	4	Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	AI	102°00'23.752" W	22°33'56.601" N	2099	1,640
Zacatecas	General Pánfilo Natera	23	Santa Elena (Francisco Zarco)	AI	102°04'20.491" W	22°35'31.793" N	2051	1,882
Zacatecas	Villa González Ortega	20	La Mesita Redonda	SAR	101°59'00.900" W	22°32'09.023" N	2141	5

Versión Pública

Cuadro IV.78 Municipios y localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Entidad	Municipio	Clave localidad	Localidad	Área de Influencia	Longitud	Latitud	Altitud	Población
Zacatecas	Villa González Ortega	11	Zumpango (Colonia Hidalgo)	SAR	101°52'42.979" W	22°36'30.604" N	2119	51
San Luis Potosí	Salinas	51	Viborillas	SAR	101°54'25.999" W	22°39'34.999" N	2111	103
Zacatecas	General Pánfilo Natera	9	La Haciendita	SAR	102°08'02.037" W	22°34'50.801" N	2116	132
San Luis Potosí	Salinas	29	San Antonio de la Paz	SAR	101°49'56.868" W	22°37'36.823" N	2126	207
Zacatecas	General Pánfilo Natera	14	Providencia	SAR	102°10'29.299" W	22°38'01.572" N	2192	250
San Luis Potosí	Salinas	23	Pozo Seco	SAR	101°51'13.662" W	22°43'14.536" N	2176	251
Zacatecas	Ojocaliente	46	San Blas de Copudas (El Tildío)	SAR	102°08'17.028" W	22°33'17.891" N	2092	258
Zacatecas	General Pánfilo Natera	27	Tahonas	SAR	102°08'09.343" W	22°36'32.253" N	2120	297
San Luis Potosí	Villa de Ramos	15	Emiliano Zapata	SAR	101°55'44.229" W	22°41'57.378" N	2091	369
Zacatecas	Ojocaliente	40	San José de los Llanos	SAR	102°09'31.033" W	22°30'36.519" N	2122	407
Zacatecas	Villa González Ortega	9	Cerrito del Agua	SAR	102°02'23.718" W	22°31'30.601" N	2120	561
Zacatecas	General Pánfilo Natera	22	San Ramón	SAR	102°08'04.639" W	22°38'22.100" N	2125	643
Zacatecas	Ojocaliente	10	Cerrito del Agua	SAR	102°02'39.937" W	22°31'31.475" N	2117	720

Versión Pública

Cuadro IV.78 Municipios y localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Entidad	Municipio	Clave localidad	Localidad	Área de Influencia	Longitud	Latitud	Altitud	Población
Zacatecas	Ojocaliente	49	Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	SAR	102°06'23.404" W	22°31'13.457" N	2105	796
Zacatecas	General Pánfilo Natera	16	Rancho Nuevo	SAR	102°07'08.000" W	22°36'40.000" N	2110	892
Zacatecas	General Pánfilo Natera	7	Guanajuatillo	SAR	102°08'33.568" W	22°42'49.621" N	2199	1,109
Zacatecas	Ojocaliente	29	Pastoría	SAR	102°04'54.164" W	22°28'56.422" N	2244	1,133
Zacatecas	General Pánfilo Natera	29	La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	SAR	102°06'56.217" W	22°41'41.143" N	2137	1,579
Zacatecas	General Pánfilo Natera	20	San Pablo	SAR	102°06'00.479" W	22°33'31.665" N	2061	1,597
Zacatecas	Villa González Ortega	15	Estancia de Ánimas	SAR	101°59'34.552" W	22°29'28.817" N	2096	2,598
Zacatecas	General Pánfilo Natera	17	San José el Saladillo (El Saladillo)	SAR	102°02'16.097" W	22°41'02.356" N	2038	2,959
Zacatecas	General Pánfilo Natera	25	El Saucito (El Horno)	SAR	102°05'39.920" W	22°43'51.225" N	2133	3,370
Zacatecas	General Pánfilo Natera	1	General Pánfilo Natera	SAR	102°06'35.724" W	22°39'51.737" N	2116	4,894
Zacatecas	Villa González Ortega	1	Villa González Ortega	SAR	101°54'49.538" W	22°30'46.770" N	2138	6,611

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

IV.3.3.2.2. Descripción de los Indicadores Sociodemográficos y Enfoques de Análisis

En esta sección se describen de forma general los principales indicadores sociodemográficos seleccionados para el análisis, así como también los enfoques metodológicos para el análisis, considerados relevantes tomar en consideración y que guiarán el enfoque de este estudio.

IV.3.3.2.2.1. Dimensiones y enfoques de análisis

Como parte del análisis del contexto regional y la descripción del semidesierto zacatecano como el espacio contenedor de las dinámicas sociodemográficas, culturales y económicas en donde se inserta el SAR del proyecto minero, es necesario describir las dimensiones de análisis para la descripción y caracterización de los asentamientos humanos, así como también los enfoques utilizados para la realización del presente estudio.

Versión Pública

Las dimensiones de análisis descritas en el **Cuadro IV.79**, hacen referencia a las importantes transformaciones que las sociedades rurales están experimentando en los últimos años (J. Fernández L., 2019). Los cambios acontecidos en la región no se han hecho esperar y hoy la idea del espacio urbano y rural se ha modificado de las nociones tradicionales, así como las interacciones entre el mundo rural y el mundo urbano. Aunado a ello, la demanda laboral en los centros urbanos e industriales atraen mano de obra rural no agrícola, dejando huellas importantes en las regiones tradicionales dedicadas a la ruralidad, lo mismo que el circuito migratorio extiende las nociones de identidad en múltiples regiones e incluso nacionalidades, como es el caso de las familias que dividen sus estancias entre México y Estados Unidos.

Es bajo este proceso dinámico en el que se analizan las dimensiones sociales, para entender y describir, desde un marco metodológico de rigor, y un enfoque de derechos humanos y perspectiva de género, aspectos tales como la salud, el empleo, el acceso a servicios públicos, las tendencias demográficas de la población, la educación, las manifestaciones culturales, las oportunidades para el desarrollo, la justicia y la seguridad, así como el aprovechamiento del entorno y las relaciones eco sistémicas.

Cuadro IV.79 Dimensiones de análisis para la caracterización sociodemográfica del Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia.

Dimensión	Descripción
Población	Caracterización de las localidades desde un enfoque de género, edad y otros elementos relevantes para su descripción.
Hogares	Descripción de la unidad formada por una o más personas vinculadas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda.
Vivienda	Caracterización de los diferentes tipos de vivienda que se identifican en el SAR.
Educación	Análisis de la infraestructura, oferta, acceso y grado educativo de la población.
Salud	Descripción general de las condiciones de salud e infraestructura existentes en el AI y el resto de las localidades en el SAR.
Deporte y recreación	Principales disciplinas deportivas practicadas, así como la infraestructura existente en el AI del SAR.
Grupos en situación de vulnerabilidad	Caracterización de la población que debido a sus condiciones sociales, económicas, culturales, físicas o psicológicas pueden sufrir afectaciones o daños a sus derechos humanos.
Migración	Descripción de las personas que cambian su residencia de forma habitual, en el SAR.
Agua y saneamiento	Análisis del sistema de uso local del sistema de agua; Posible incremento en la generación de residuos (de manejo especial, sanitarios, peligrosos).
Residuos sólidos urbanos	Identificación de las condiciones existentes frente a la gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos en el SAR.
Infraestructura y comunicaciones	Incremento de infraestructura carretera, vías de comunicación y uso de los caminos locales. Cobertura de telefonía, internet y telefonía celular.
Cobertura de energía eléctrica	Red existente de cobertura de energía eléctrica en las localidades del SAR, así como el acceso existente por vivienda.
Economía regional	Población económicamente activa e inactiva en la actualidad. Empleabilidad y ocupación dentro del SAR. Incremento en el nivel de vida. Actividades económicas de subsistencia y medios de vida en la región. Análisis de la posible presencia de conflictos por la adquisición de tierras.
Religión	Identificación de las diferentes denominaciones identificadas en la zona, así como las principales tendencias existentes.
Presencia indígena	Descripción de la población existente hablante de lengua indígena en el SAR.

Versión Pública

Cuadro IV.79 Dimensiones de análisis para la caracterización sociodemográfica del Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia.

Dimensión	Descripción
Historia, cultura y tradiciones	Importancia de la identificación y comprensión de los elementos tangibles e intangibles del contexto histórico y cultural en el AI. Identificación de las principales tradiciones y festividades rituales en el SAR.
Seguridad y justicia	Descripción general de las características de acceso a la seguridad y la justicia en las localidades del SAR.
Índice de Desarrollo Humano y Rezago Social	Identificación y descripción del Índice de Desarrollo Humano y de Rezago Social existente en el SAR.

Fuente: Elaboración propia basada en el Estudio Sociodemográfico del Proyecto San Nicolás. AOSocial (2019).

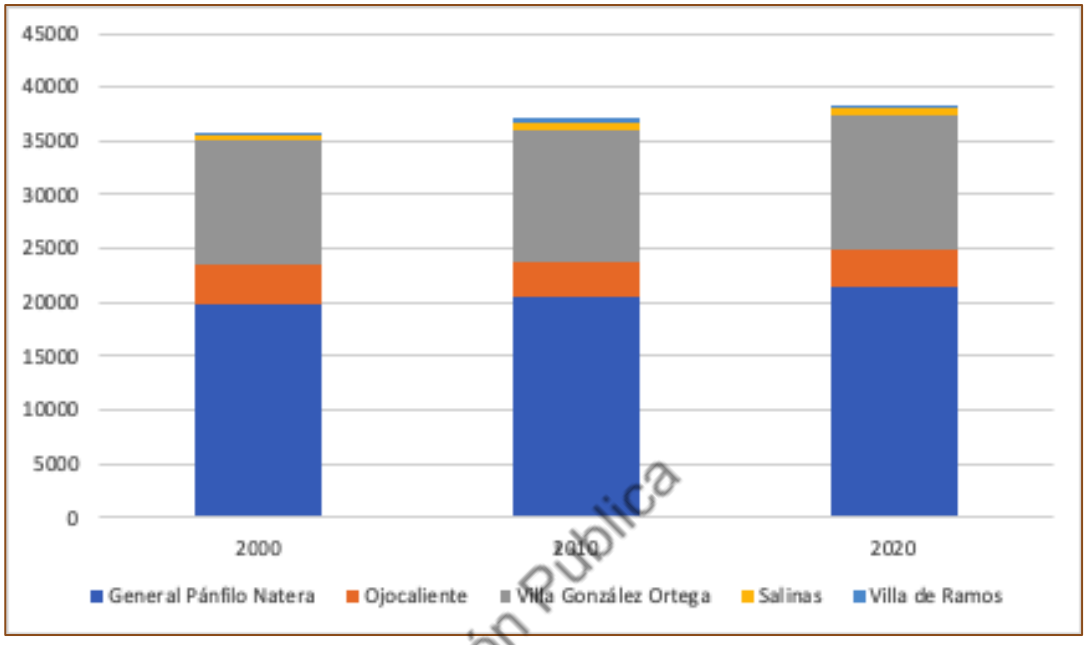
En cuanto a los enfoques utilizados para la realización de este estudio, tal como fue mencionado con anterioridad, han sido designados tres principales enfoques, que se describen en el **Cuadro IV.80**. Estos son: el enfoque descriptivo etnográfico, el enfoque de derechos humanos, y finalmente, el enfoque de perspectiva de género. La guía aplicada por medio de estos enfoques para el análisis del estudio, implica que de forma transversal han sido considerados estos elementos durante todo el desarrollo del documento.

Versión Pública

Cuadro IV.80 Enfoques de análisis (elaboración propia).

Enfoque	Descripción
Descriptivo etnográfico	Descripción metodológica de los procesos y las dimensiones sociales de la región desde un punto de vista de contextualización cultural.
Derechos Humanos	Alineación con los principios emanados de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, así como también sustentado en la propuesta metodológica de Oxfam, basada en cinco categorías incluyentes que reconocen la integralidad de los derechos humanos: Derecho a medios de vida Derecho a servicios básicos Derecho vivir en paz y seguros Derecho a participar y ser escuchados Derecho a un trato igualitario y equitativo
Perspectiva de género	Concebida como el enfoque teórico y metodológico para entender la construcción cultural de las diferencias sexuales, entre lo femenino y lo masculino a las relaciones que existen entre ambos paradigmas.

Actualmente, de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), la población dentro del SAR corresponde a 38,416 personas, de las cuales 19,933 son mujeres, lo que equivale al 52%, y 18,483 son hombres, lo que equivale al 48% (**Figura IV.102**).



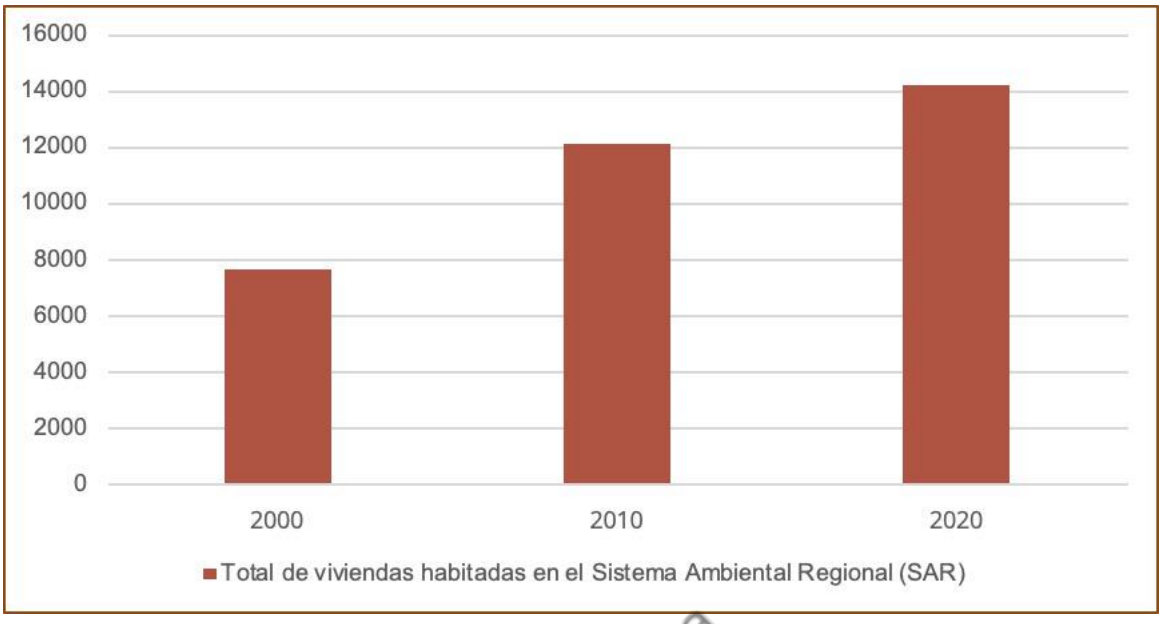
Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2000, 2010 y 2020.

Figura IV.102 Distribución de la población total a nivel municipal dentro del Sistema Ambiental Regional en el periodo 2000-2020.

La Población en el área de estudio incrementó en 9.33% en las décadas que comprenden del año 2000 a 2020. La Población masculina del SAR creció durante el mismo periodo un 15.53%, mientras que el crecimiento de la población femenina lo hizo en un 18.71%. El crecimiento poblacional del SAR se muestra en la **Figura IV.103**. Como se mostró anteriormente, la población del SAR ha crecido durante los últimos años, el mismo comportamiento se muestra en el indicador de Viviendas Particulares Habitadas, cuyo crecimiento fue de 53.9% durante el periodo de 2000 a 2020.

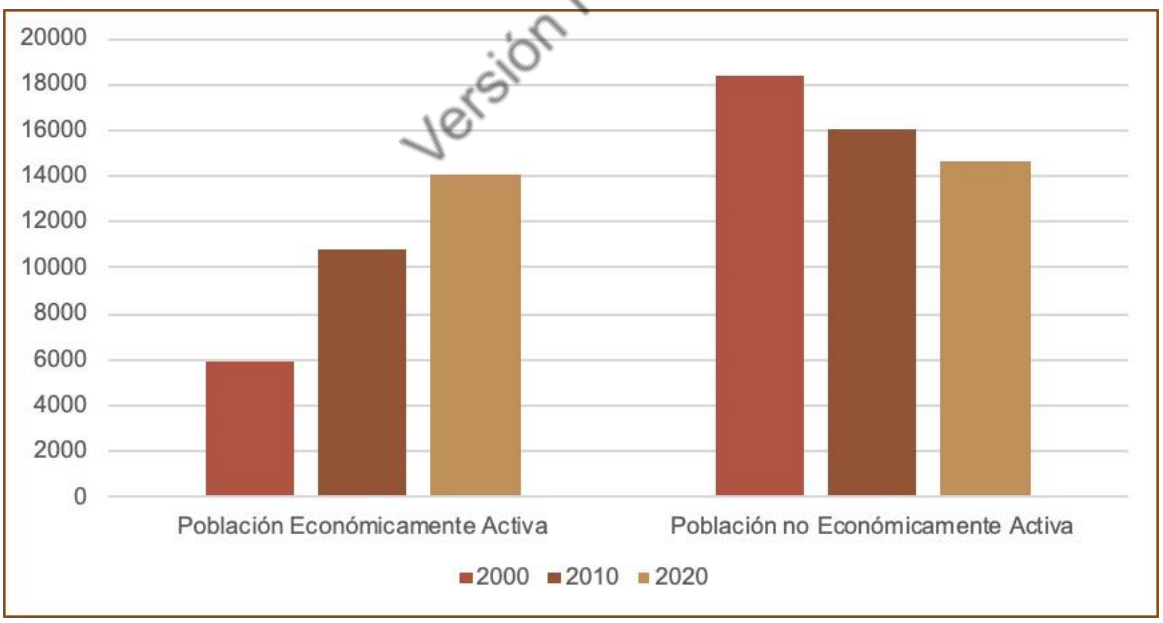
Durante el mismo periodo analizado, se observa que la Población Económicamente Activa (PEA) ha fluctuado, así como la Población no Económicamente Activa (PEI). Se observa que, en el cierre de la década del año 2000, la PEI era superior a la PEA, por encima del 50%, en la siguiente década se observa una ligera disminución de la brecha, sin embargo, no es sino hasta el año 2020, de acuerdo con los resultados del último censo, que la PEA y PEI prácticamente se alcanzan en un número muy similar, siendo la PEA 14,050 personas, mientras que la PEI equivale a 14,636 personas. El comportamiento de estos dos indicadores se observa en la **Figura IV.104**.



Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.103 Número total de viviendas habitadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2000, 2010 y 2020.

Figura IV.104 Descripción de la PEA y PEI en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

La descripción anterior nos permite observar el comportamiento de crecimiento poblacional en el SAR. Los datos fueron obtenidos a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI a partir de las décadas 2000, 2010 y 2020. Para profundizar en la información, se recomienda revisar el apartado número 5, Economía regional en el SAR y en el AIS.

IV.3.3.2.2.2. Caracterización de las localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el Área de Influencia Social (AIS)

La población que habita en las 36 localidades identificadas dentro del SAR, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda INEGI 2020, asciende a 38,416 personas, de las cuales 18,483 son hombres y 19,933 son mujeres. Con relación a la población indígena, que habita en el SAR, se identificaron 14 personas que forman hogares censales donde la persona de referencia del hogar o su cónyuge hablan alguna lengua indígena. Esto representa el 0.036% del total de la población. La presencia de localidades con población indígena en la zona no es significativa, pues solo 4 de las 36 localidades tiene presencia indígena y por ende los municipios están catalogados como municipio con población indígena dispersa[2]. Las 36 localidades del SAR se encuentran activas y su descripción es mayoritariamente rural, pues únicamente las localidades de General Pánfilo Natera y Villa González están catalogadas como urbanas.

Versión Pública

Población

Según el Censo de Población y Vivienda INEGI 2020, la población del SAR es de 38,416 habitantes. En el 2010 las tendencias de distribución espacial mantenían la proporción distributiva de un 83% en la zona urbana y un 17% en la zona rural. En cuanto a la composición por sexos, los hombres del SAR representan el 48%, mientras que las mujeres son el 52% de la población, es decir, que en el Área de estudio hay 92.5 hombres por cada 100 mujeres (relación inferior al nacional que es de 94 hombres por cada 100 mujeres). En el **Cuadro IV.81** se muestra la población que habita en las 36 localidades que conforma el SAR.

[2] Para una revisión detallada revísese el apartado número 7, de este documento, para conocer las localidades consideradas por la entonces Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI, 2010).

Cuadro IV.81 Población en el Sistema Ambiental Regional.

Nombre de la localidad	Población total	Población femenina	Población masculina	Relación entre hombres y mujeres	Población de 0 a 14 años	Población de 15 a 64 años	Población de 65 años y más
General Pánfilo Natera	**21,524**	**11,054**	**10,470**	**94.86**	**6,512**	**13,040**	**1,967**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro) *	289	157	132	84.08	132	145	12
El Saucito (El Horno)	3,370	1,684	1,686	100.12	962	2,105	303
El Tule *	1,460	799	661	82.73	448	875	137
General Pánfilo Natera	4,894	2,514	2,380	94.67	1404	3,122	368
Guanajuatillo	1,109	562	547	97.33	294	710	105
La Haciendita	132	64	68	106.25	33	81	18
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	834	745	89.33	540	894	145
Providencia	250	117	133	113.68	95	143	12
Rancho Nuevo	892	464	428	92.24	257	540	95
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	1,512	1447	95.7	877	1793	284
San Pablo	1,597	804	793	98.63	468	918	211
San Rafael *	171	91	80	87.91	64	93	14
San Ramón	643	327	316	96.64	226	378	39
Santa Elena (Francisco Zarco) *	1,882	968	914	94.42	612	1,069	201
Tahonas	297	157	140	89.17	100	174	23
Ojocaliente	**3,314**	**1,747**	**1,567**	**92.50**	**1072**	**1,941**	**301**
Cerrito del Agua	720	382	338	88.48	250	411	59
Pastoría	1,133	597	536	89.78	320	691	122
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	127	131	103.15	75	147	36
San José de los Llanos	407	205	202	98.54	152	218	37
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	436	360	82.57	275	474	47
Salinas	**561**	**301**	**260**	**88.73**	**167**	**334**	**60**
Pozo Seco	251	146	105	71.92	87	141	23
San Antonio de la Paz	207	100	107	107	49	130	28
Viborillas	103	55	48	87.27	31	63	9
Villa de Ramos	**369**	**183**	**186**	**101.64**	**128**	**215**	**26**
Emiliano Zapata	369	183	186	101.64	128	215	26

Versión Pública

Cuadro IV.81 Población en el Sistema Ambiental Regional.

Nombre de la localidad	Población total	Población femenina	Población masculina	Relación entre hombres y mujeres	Población de 0 a 14 años	Población de 15 a 64 años	Población de 65 años y más
Villa González Ortega	**12,648**	**6,648**	**6,000**	**86.24**	**4,092**	**7,431**	**1125**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás) *	1,640	859	781	90.92	699	848	93
Cerrito del Agua	561	293	268	91.47	186	333	42
Colonia Aguiña *	13	6	7	116.67	3	8	2
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) *	680	395	285	72.15	264	371	45
Colonia los Rivera (El Palmarejo) *	70	33	37	112.12	29	34	7
El Refugio del Zacate *	306	155	151	97.42	87	181	38
Estancia de Ánimas	2,598	1,378	1,220	88.53	751	1,492	355
La Mesita Redonda	5	3	2	66.67	0	2	3
San Antonio de las Huertas *	109	57	52	91.23	29	68	12
San Martín *	4	3	1	33.33	0	3	1
Villa González Ortega	6,611	34,38	3,173	92.29	2,035	4,060	516
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	28	23	82.14	9	31	11
Total	**38,416**	**19,933**	**18,483**	**91.33**	**11971**	**22,961**	**3,479**

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

*Hace referencia a las localidades que conforman el AI dentro del SAR.

En cuanto a la distribución de la población por grupos de edad, según los datos obtenidos, el mayor porcentaje corresponde al grupo de 15 a 64 años (59.77%), seguido por la población infantil con edades entre los 0 y 14 años (31.16%) y por último el grupo de los adultos mayores representa el 9.06% de la población (**Figura IV.105**).

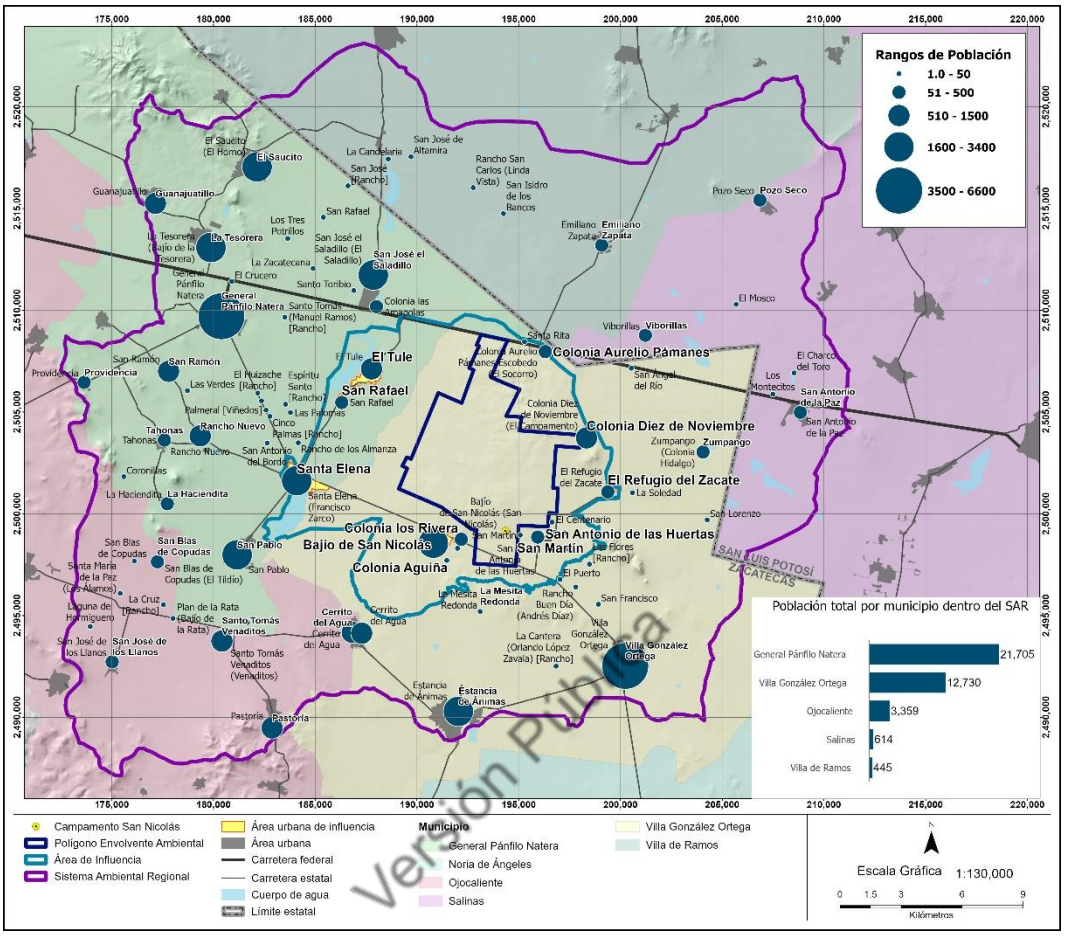
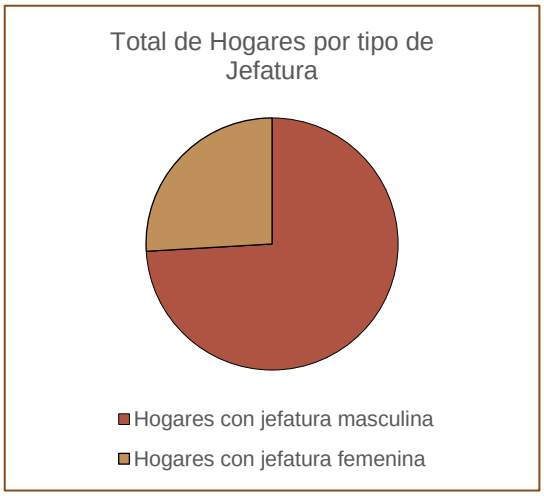
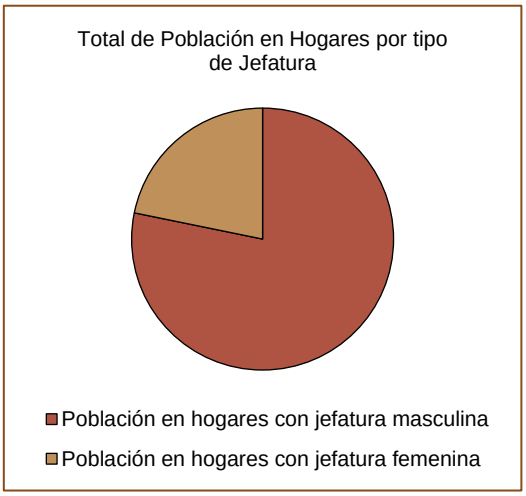


Figura IV.105 Distribución de la población por rango en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia.

Hogares

De acuerdo con INEGI, el hogar es la unidad formada por una o más personas vinculadas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda particular. En el SAR se contabilizan 10,004 hogares. En el mismo sentido, en el AI el número de hogares registrado es de 1,711. La influencia de los hombres sobre los hogares queda evidenciada, debido a que la patrijefatura masculina está presente en un total de 6,219 en el SAR y 1,191 en el AI. Contrario a la matrijefatura, que solo está presente en 2,074 hogares en el SAR y 520 hogares en el AI (**Cuadro IV.82**). Como puede observarse en la **Figura IV.106** el porcentaje de hogares con patrijefatura dentro del SAR equivale al 75% del total de los hogares, mientras que para el AI corresponde al 69% del total de los hogares. Este indicador refleja una presencia importante de hogares manejados por mujeres dentro del AI, por encima del SAR.





Fuente: Elaboración propia con información del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Figura IV.106 Distribución de hogares en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Cuadro IV.82 Distribución de hogares y población por localidad y jefatura masculina y femenina en el Sistema Ambiental Regional.

Localidades por municipio	Total de hogares	Hogares por jefatura femenina	Hogares por jefatura masculina	Población en hogares por jefatura femenina	Población en hogares por jefatura masculina
General Pánfilo Natera	**5,545**	**1,324**	**4,221**	**4,277**	**17,244**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro) *	67	33	34	120	169
El Saucito (El Horno)	877	177	700	533	2,837
El Tule *	395	93	302	266	1,194
General Pánfilo Natera	1,218	305	913	1,058	3,833
Guanajuatillo	304	49	255	140	969
La Haciendita	40	9	31	23	109
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	389	101	288	359	1,220
Providencia	60	12	48	43	207
Rancho Nuevo	224	53	171	177	715
San José el Saladillo (El Saladillo)	768	200	568	653	2,306
San Pablo	429	95	334	277	1,320
San Rafael *	41	10	31	42	129
San Ramón	158	22	136	68	575
Santa Elena (Francisco Zarco) *	498	121	377	344	1,538
Tahonas	77	44	33	174	123

Cuadro IV.82 Distribución de hogares y población por localidad y jefatura masculina y femenina en el Sistema Ambiental Regional.

Localidades por municipio	Total de hogares	Hogares por jefatura femenina	Hogares por jefatura masculina	Población en hogares por jefatura femenina	Población en hogares por jefatura masculina
Ojocaliente	**865**	**224**	**641**	**701**	**2,613**
Cerrito del Agua	174	39	135	133	587
Pastoría	329	99	230	270	863
San Blas de Copudas (El Tildío)	72	17	55	55	203
San José de los Llanos	91	11	80	36	371
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	199	58	141	207	589
Salinas	**161**	**58**	**103**	**177**	**384**
Pozo Seco	69	35	34	121	130
San Antonio de la Paz	67	17	50	41	166
Viborillas	25	6	19	15	88
Villa de Ramos	**77**	**15**	**62**	**60**	**309**
Emiliano Zapata	77	15	62	60	309
Villa González Ortega	**3,356**	**973**	**2,383**	**3,152**	**9,482**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás) *	397	148	249	547	1,093
Cerrito del Agua	142	37	105	108	453
Colonia Aguiña *	4	1	3	3	10
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) *	175	85	90	308	372
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	5	12	18	52
El Refugio del Zacate *	82	14	68	31	275
Estancia de Ánimas	736	207	529	643	1,941
La Mesita Redonda	3	1	2	1	4
San Antonio de las Huertas *	32	8	24	20	89
San Martín *	3	2	1	2	2
Villa González Ortega	1,746	458	1,288	1,463	5,148
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	7	12	8	43
Total	**10,004**	**2,594**	**7,410**	**8,367**	**30,032**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

* Hace referencia a las localidades que conforman el AI dentro del SAR.

Versión Pública

Vivienda

La diferencia entre hogares y vivienda radica en que el hogar es descrito como la unidad social y la vivienda como el espacio físico en donde habitan las familias. En el SAR se registra un total de 14,213 viviendas, de las cuales, 10,004 viviendas particulares están habitadas y 3,403 viviendas están deshabitadas (**Cuadro IV.83**). Además, 804 viviendas están registradas para uso temporal. Del total de las viviendas particulares habitadas, en ellas se distribuyen 38,399 ocupantes. El promedio de habitantes por vivienda en el SAR es de 3.7 personas.

Cuadro IV.83 Habitantes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas	Total de viviendas habitadas	Total de ocupantes en vivienda	Promedio de ocupación por vivienda
General Pánfilo Natera	**7,774**	**5,546**	**21,521**	**3.89**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	86	67	289	4.31
El Saucito (El Horno)	1,125	877	3,370	3.84
El Tule	639	395	1,460	3.7
General Pánfilo Natera	1,697	1,219	4,891	4.02
Guanajuatillo	429	304	1,109	3.65
La Haciendita	66	40	132	3.3
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	545	389	1,579	4.06
Providencia	65	60	250	4.17
Rancho Nuevo	317	224	892	3.98
San José el Saladillo (El Saladillo)	1,063	768	2,959	3.85
San Pablo	662	429	1,597	3.72
San Rafael	62	41	171	4.17
San Ramón	214	158	643	4.07
Santa Elena (Francisco Zarco)	685	498	1,882	3.78
Tahonas	119	77	297	3.86
Ojocaliente	**1,310**	**865**	**3,314**	**3.92**
Cerrito del Agua	264	174	720	4.14
Pastoría	494	329	1,133	3.44
San Blas de Copudas (El Tildío)	105	72	258	3.58
San José de los Llanos	158	91	407	4.47
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	289	199	796	4

Versión Pública

Cuadro IV.83 Habitantes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas	Total de viviendas habitadas	Total de ocupantes en vivienda	Promedio de ocupación por vivienda
Salinas	**242**	**161**	**561**	**3.61**
Pozo Seco	95	69	251	3.64
San Antonio de la Paz	115	67	207	3.09
Viborillas	32	25	103	4.12
Villa de Ramos	**97**	**77**	**369**	**4.79**
Emiliano Zapata	97	77	369	4.79
Villa González Ortega	**4,790**	**3,357**	**12,634**	**3.28**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	521	397	1,640	4.13
Cerrito del Agua	209	142	561	3.95
Colonia Aguiña	4	4	13	3.25
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	235	175	680	3.89
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	21	17	70	4.12
El Refugio del Zacate	122	82	306	3.73
Estancia de Ánimas	1,320	737	2,584	3.51
La Mesita Redonda	9	3	5	1.67
San Antonio de las Huertas	41	32	109	3.41
San Martín	3	3	4	1.33
Villa González Ortega	2,271	1,746	6,611	3.79
Zumpango (Colonia Hidalgo)	34	19	51	2.68
Total	**14,213**	**10,006**	**38,399**	**3.70**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

Uno de los indicadores que nos permiten conocer el grado de marginación de la población es la presencia de pisos de tierra dentro de la vivienda, pues este tipo de piso genera un riesgo potencial para la población, ya que se convierte en una fuente de humedad y polvo que tiene como consecuencia la aparición de enfermedades respiratorias y gastrointestinales que afectan principalmente a los niños y adultos mayores. En el caso de las viviendas, se identifican 161 en esta condición, que represan el 1.64% de las viviendas del SAR (**Cuadro IV.84**).

En la **Figura IV.107** se observan las características de las viviendas que cuentan con piso de tierra dentro del SAR y el AI. Como puede observarse, la comunidad con el mayor número de viviendas con piso de tierra corresponde a San José el Saladillo (El Saladillo), con 27 viviendas en total.

Cuadro IV.84 Viviendas con piso de tierra en el Sistema Ambiental Regional.

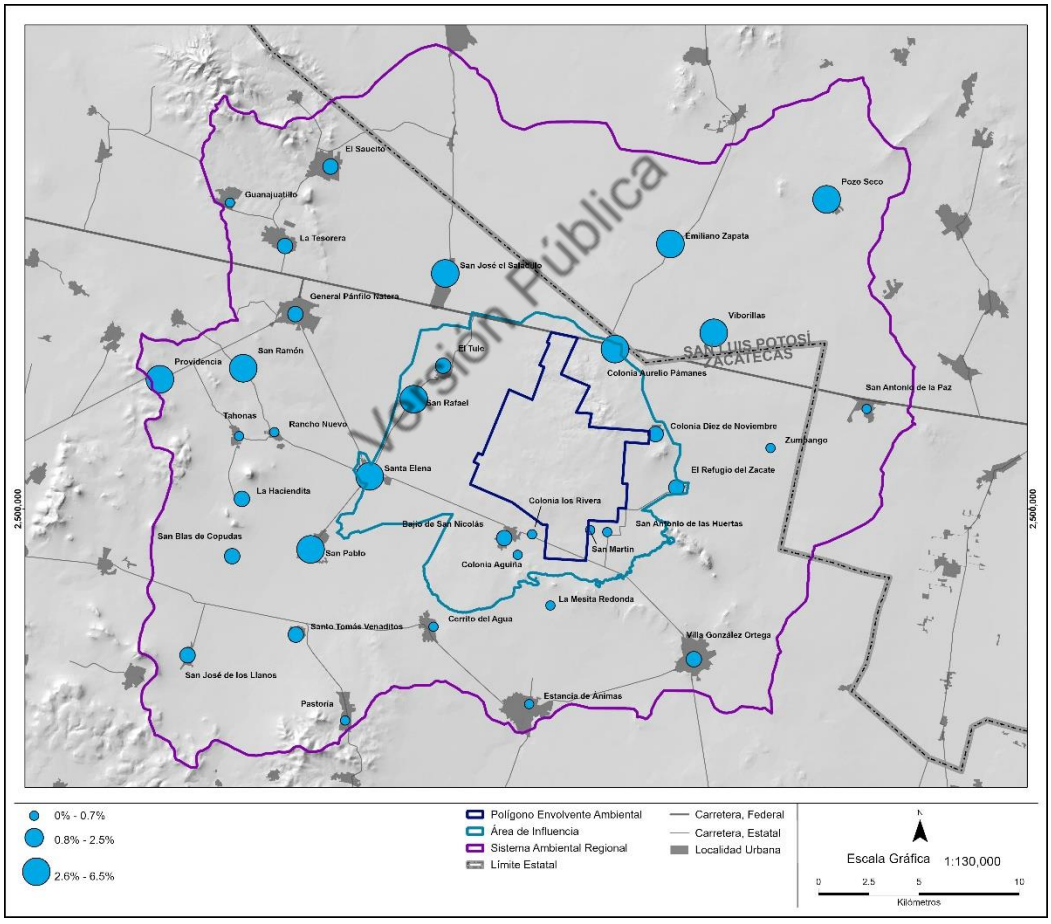
Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con piso de tierra	Porcentaje
General Pánfilo Natera	**5,406**	**112**	**2.07**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	2	3.23
El Saucito (El Horno)	871	16	1.84
El Tule	388	4	1.03
General Pánfilo Natera	**1,157**	**16**	**1.38**
Guanajuatillo	302	1	0.33
La Haciendita	40	1	2.50
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	6	1.57
Providencia	55	2	3.64
Rancho Nuevo	222	0	0.00
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	27	3.53
San Pablo	421	14	3.33
San Rafael	41	2	4.88
San Ramón	149	5	3.36
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	16	3.36
Tahonas	77	0	0.00
Ojocaliente	**853**	**8**	**0.94**
Cerrito del Agua	174	1	0.57
Pastoría	329	1	0.30
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	1	1.41
San José de los Llanos	91	1	1.10
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	4	2.13
Salinas	**160**	**4**	**2.50**
Pozo Seco	69	3	4.35
San Antonio de la Paz	66	0	0.00
Viborillas	25	1	4.00
Villa de Ramos	**77**	**5**	**6.49**
Emiliano Zapata	77	5	6.49
Villa González Ortega	**3,328**	**32**	**0.96**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	6	1.55
Cerrito del Agua	139	1	0.72
Colonia Aguiña	4	0	0.00
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	3	1.72
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	0	0.00
El Refugio del Zacate	82	1	1.22
Estancia de Ánimas	730	5	0.68
La Mesita Redonda	3	0	0.00
San Antonio de las Huertas	32	0	0.00

Versión Pública

Cuadro IV.84 Viviendas con piso de tierra en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con piso de tierra	Porcentaje
San Martín	3	0	0.00
Villa González Ortega	1,739	16	0.92
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	0	0.00
Total	**9,824**	**161**	**1.64**

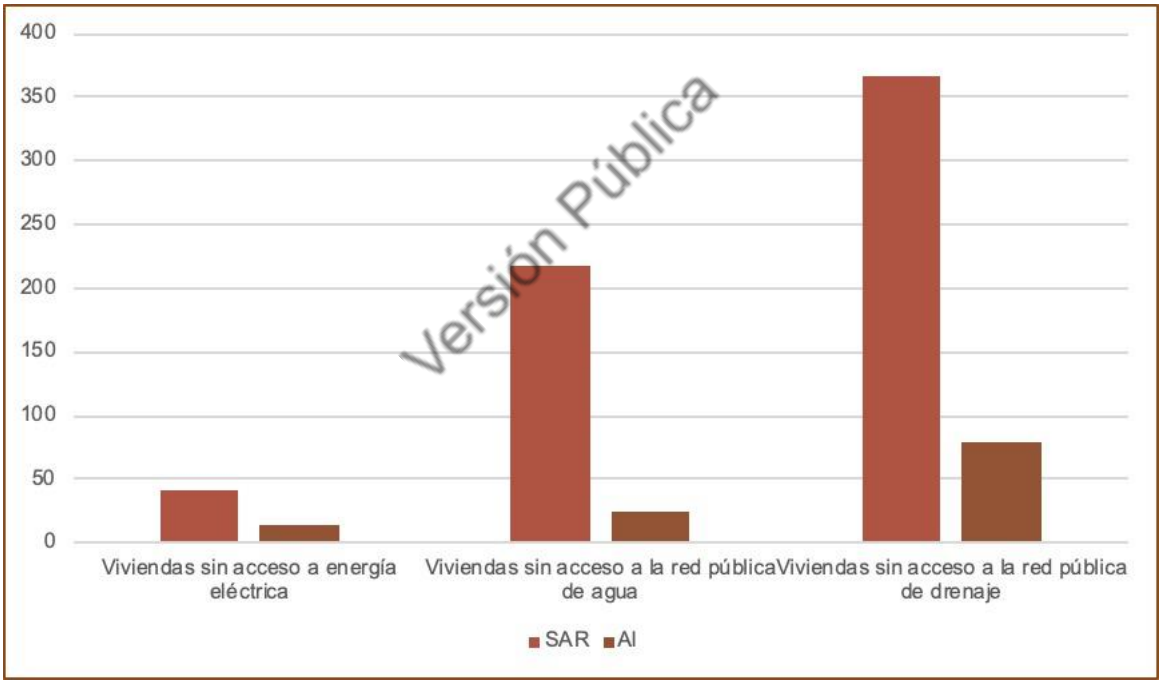
Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.107 Características de las viviendas con piso de tierra en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

En lo que se refiere al acceso a servicios públicos en las viviendas, las características por cada comunidad varían notablemente, sin embargo, se identifican tendencias en cuanto al acceso a la cobertura de energía eléctrica. A continuación, se describen los diversos elementos analizados para la caracterización de las viviendas del SAR y el AIS. El servicio con mayor cobertura en las viviendas es la energía eléctrica, mientras que las que carecen de acceso a drenaje representan el 4.5%. En general, el 95.37% de las viviendas tiene acceso a los tres servicios básicos considerados en el análisis (agua entubada, energía eléctrica y drenaje). De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda 2020, las viviendas en el SAR tienen cobertura de servicios, siendo la energía eléctrica el servicio con mayor presencia en los hogares. El rezago se presenta en el servicio de agua entubada, pues el 2.5% de las viviendas no cuentan con este servicio (241 viviendas). El porcentaje más alto de carencia se tiene en el servicio de drenaje, pues 4.5% de las viviendas no cuentan con esta infraestructura (446 viviendas), (**Figura IV.108** y **Cuadro IV.85**).



Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.108 Número de viviendas que no cuentan con acceso a infraestructura de energía eléctrica, agua y drenaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Cuadro IV.85 Servicios en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas sin energía eléctrica	%	Total de viviendas sin agua conectada a la red pública	%	Total de viviendas sin excusado	%	Total de viviendas sin drenaje	%
General Pánfilo Natera	**5,406**	**31**	**0.6**	**84**	**1.6**	**71**	**1.3**	**246**	**4.6**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	1	1.6	6	9.7	0	0.0	6	9.7
El Saucito (El Horno)	871	3	0.3	22	2.5	17	2.0	62	7.1
El Tule	388	3	0.8	2	0.5	3	0.8	3	0.8
General Pánfilo Natera	1,157	4	0.3	6	0.5	7	0.6	17	1.5
Guanajuatillo	302	4	1.3	3	1.0	11	3.6	16	5.3
La Haciendita	40	0	0.0	0	0.0	1	2.5	2	5.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	3	0.8	25	6.6	7	1.8	28	7.3
Providencia	55	0	0.0	0	0.0	3	5.5	9	16.4
Rancho Nuevo	222	0	0.0	0	0.0	1	0.5	14	6.3
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	7	0.9	9	1.2	2	0.3	29	3.8
San Pablo	421	4	1.0	3	0.7	11	2.6	16	3.8
San Rafael	41	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.4
San Ramón	149	0	0.0	3	2.0	0	0.0	3	2.0
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	2	0.4	5	1.1	7	1.5	35	7.4
Tahonas	77	0	0.0	0	0.0	1	1.3	5	6.5
Ojocaliente	**853**	**0**	**0.0**	**5**	**0.6**	**20**	**2.3**	**58**	**6.8**
Cerrito del Agua	174	0	0.0	0	0.0	6	3.4	11	6.3
Pastoría	329	0	0.0	2	0.6	2	0.6	7	2.1
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	0	0.0	1	1.4	3	4.2	10	14.1
San José de los Llanos	91	0	0.0	1	1.1	9	9.9	23	25.3
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	0	0.0	1	0.5	0	0.0	7	3.7

Versión Pública

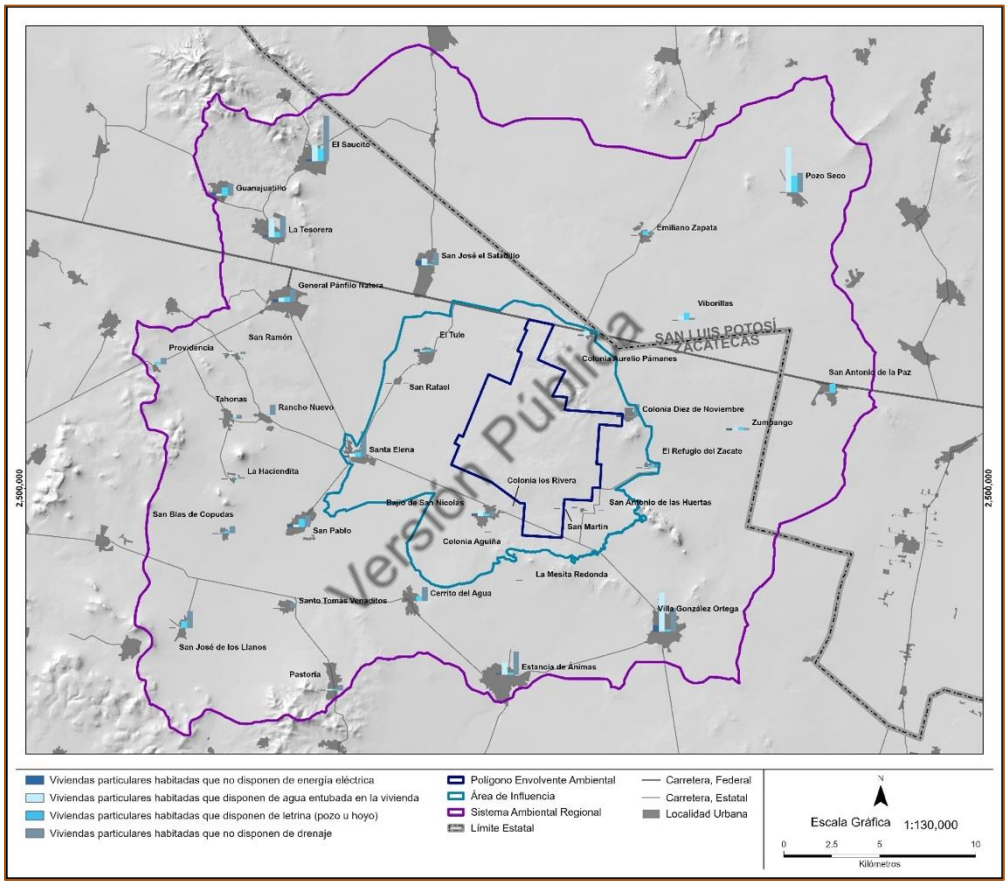
Cuadro IV.85 Servicios en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas sin energía eléctrica	%	Total de viviendas sin agua conectada a la red pública	%	Total de viviendas sin excusado	%	Total de viviendas sin drenaje	%
Salinas	**160**	**1**	**0.6**	**69**	**43.1**	**45**	**28.1**	**30**	**18.8**
Pozo Seco	69	0	0.0	62	89.9	23	33.3	27	39.1
San Antonio de la Paz	66	1	1.5	1	1.5	12	18.2	0	0.0
Viborillas	25	0	0.0	6	24.0	10	40.0	3	12.0
Villa de Ramos	**77**	**0**	**0.0**	**0**	**0.0**	**6**	**7.8**	**4**	**5.2**
Emiliano Zapata	77	0	0.0	0	0.0	6	7.8	4	5.2
Villa González Ortega	**3,328**	**23**	**0.7**	**83**	**2.5**	**17**	**0.5**	**108**	**3.2**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	3	0.8	8	2.1	3	0.8	6	1.6
Cerrito del Agua	139	2	1.4	0	0.0	0	0.0	8	5.8
Colonia Aguiña	4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	5	2.9	0	0.0	1	0.6	17	9.8
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
El Refugio del Zacate	82	0	0.0	1	1.2	3	3.7	8	9.8
Estancia de Ánimas	730	2	0.3	16	2.2	3	0.4	31	4.2
La Mesita Redonda	3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
San Antonio de las Huertas	32	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.1
San Martín	3	0	0.0	2	66.7	0	0.0	2	66.7
Villa González Ortega	1,739	9	0.5	53	3.0	3	0.2	32	1.8
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	2	10.5	3	15.8	4	21.1	3	15.8
Total	**9,824**	**55**	**0.6**	**241**	**2.5**	**159**	**1.6**	**446**	**4.5**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

En la **Figura IV.109** puede identificarse la distribución de las viviendas, en gráficas que describen porcentajes de cobertura de energía eléctrica, agua entubada, letrina y drenaje. Claramente puede observarse que prácticamente la gran mayoría de las viviendas cuentan con energía eléctrica y un porcentaje mínimo cuentan todavía con letrina. El bien con mayor presencia en las viviendas es el refrigerador, pues el 90.9% cuenta con un aparato de conservación de alimentos. Le sigue la lavadora, pues 8 de cada 10 viviendas cuentan con una.

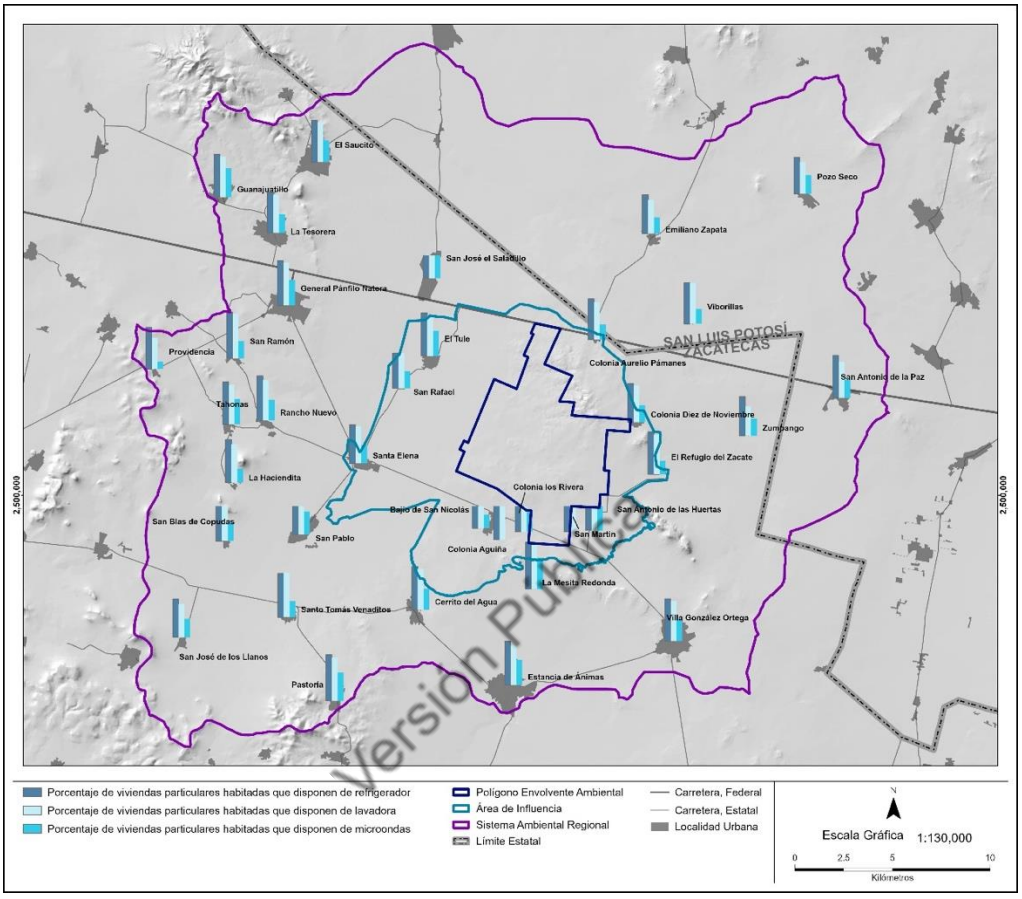


Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.109 Características de las viviendas con energía eléctrica, agua entubada, letrina y drenaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Como se observa en los datos siguientes la prioridad básica de la población es la conservación de alimentos. Sin embargo, hay un 9% de las viviendas que no cuentan con este sistema de refrigeración, lo que aumenta su vulnerabilidad por la presencia de enfermedades gastrointestinales derivadas de la ingesta de alimentos en mal estado (**Cuadro IV.86** y

Figura IV.110). La segunda prioridad es la necesidad de la limpieza en la ropa, la cual puede ser cubierta sin tener una lavadora en casa.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.110 Características de las viviendas que contienen refrigerador, lavadora y microondas en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Aun cuando el microondas sigue siendo el bien de uso en las viviendas con menor presencia, su presencia va ganando camino en los hogares, alcanzando el 46.9% de todos los hogares en el SAR.

Cuadro IV.86 Bienes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con refrigerador	%	Total de viviendas con lavadora	%	Total de viviendas con horno de microondas	%
General Pánfilo Natera	**5,406**	**4,922**	**91.0**	**4,710**	**87.1**	**2,613**	**48.3**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	54	87.1	50	80.6	20	32.3
El Saucito (El Horno)	871	780	89.6	741	85.1	410	47.1
El Tule	388	360	92.8	338	87.1	209	53.9
General Pánfilo Natera	1,157	1112	96.1	1067	92.2	632	54.6
Guanajuatillo	302	279	92.4	263	87.1	188	62.3
La Haciendita	40	37	92.5	33	82.5	12	30.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	329	86.4	312	81.9	152	39.9
Providencia	55	49	89.1	37	67.3	9	16.4
Rancho Nuevo	222	212	95.5	192	86.5	99	44.6
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	680	89.0	683	89.4	375	49.1
San Pablo	421	389	92.4	369	87.6	209	49.6
San Rafael	41	31	75.6	31	75.6	15	36.6
San Ramón	149	147	98.7	143	96.0	56	37.6
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	393	82.6	385	80.9	185	38.9
Tahonas	77	70	90.9	66	85.7	42	54.5
Ojocaliente	**853**	**798**	**93.6**	**759**	**89.0**	**394**	**46.2**
Cerrito del Agua	174	160	92.0	152	87.4	65	37.4
Pastoría	329	324	98.5	306	93.0	199	60.5
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	62	87.3	55	77.5	29	40.8
San José de los Llanos	91	75	82.4	65	71.4	36	39.6
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	177	94.1	181	96.3	65	34.6
Salinas	**160**	**136**	**85.0**	**120**	**75.0**	**61**	**38.1**
Pozo Seco	69	54	78.3	47	68.1	28	40.6
San Antonio de la Paz	66	60	90.9	51	77.3	25	37.9
Viborillas	25	22	88.0	22	88.0	8	32.0
Villa de Ramos	**77**	**64**	**83.1**	**56**	**72.7**	**27**	**35.1**
Emiliano Zapata	77	64	83.1	56	72.7	27	35.1

Versión Pública

Cuadro IV.86 Bienes en las viviendas en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con refrigerador	%	Total de viviendas con lavadora	%	Total de viviendas con horno de microondas	%
Villa González Ortega	**3,328**	**3,007**	**90.4**	**2,807**	**84.3**	**1516**	**45.6**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	325	84.2	290	75.1	111	28.8
Cerrito del Agua	139	129	92.8	122	87.8	76	54.7
Colonia Aguiña	4	4	100.0	4	100.0	0	0.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	145	83.3	138	79.3	63	36.2
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	17	100.0	15	88.2	8	47.1
El Refugio del Zacate	82	74	90.2	70	85.4	24	29.3
Estancia de Ánimas	730	683	93.6	621	85.1	393	53.8
La Mesita Redonda	3	3	100.0	3	100.0	2	66.7
San Antonio de las Huertas	32	30	93.8	28	87.5	18	56.3
San Martín	3	3	100.0	2	66.7	0	0.0
Villa González Ortega	1,739	1,578	90.7	1,502	86.4	814	46.8
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	16	84.2	12	63.2	7	36.8
Total	**9,824**	**8,927**	**90.9**	**8,452**	**86.0**	**4611**	**46.9**

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

El tema de movilidad puede ser una limitante para la población si no existe la infraestructura adecuada que les permita comunicarse entre sí, tanto las vías de comunicación necesarias, pero también los medios de movilidad. En este caso, hablamos del automóvil, la motocicleta y la bicicleta. Estos tres medios de movilidad son los más importantes en la zona. A continuación, se describen los porcentajes y el número de medios de movilidad por vivienda.

El medio de movilidad más generalizado en el SAR es la bicicleta (53.5%), seguido del automóvil (52.1%) y finalmente la motocicleta (27.7%) (**Cuadro IV.87** y **Figura IV.111**).

La bicicleta sigue siendo el medio de transporte con mayor presencia dentro de las viviendas en el SAR, sin embargo, poco a poco, la motocicleta ha venido ganando aceptación entre la población, principalmente masculina juvenil, sin embargo, cada vez más es común observar a mujeres jóvenes conduciendo estos vehículos.

El uso de medios de comunicación en las viviendas del SAR se encuentra representado principalmente por el de la televisión y la radio, pues estos aparatos tienen una presencia en los hogares del 96.1% y 76.1%, respectivamente. El uso de la computadora se encuentra limitado pues solo el 16.7% de los hogares cuentan con un ordenador, frente a los sistemas de televisión de paga, que asciende por encima del 19% en todas las viviendas. Finalmente, las nuevas tecnologías incrementan su presencia lentamente, un total de 3.1% de los hogares cuentan con consola electrónica de video juegos (**Cuadro IV.88** y **Figura IV.112**).

Cuadro IV.87 Medios de movilidad en las viviendas del Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con automóvil	%	Total de viviendas con motocicleta	%	Total de viviendas con bicicleta	%
General Pánfilo Natera	**5,406**	**2,790**	**51.6**	**1,548**	**28.6**	**2,630**	**48.6**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	20	32.3	19	30.6	17	27.4
El Saucito (El Horno)	871	446	51.2	309	35.5	332	38.1
El Tule	388	224	57.7	131	33.8	261	67.3
General Pánfilo Natera	1,157	631	54.5	264	22.8	361	31.2
Guanajuatillo	302	196	64.9	108	35.8	76	25.2
La Haciendita	40	18	45.0	20	50.0	26	65.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	199	52.2	52	13.6	139	36.5
Providencia	55	23	41.8	12	21.8	19	34.5
Rancho Nuevo	222	108	48.6	76	34.2	138	62.2
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	367	48.0	237	31.0	463	60.6
San Pablo	421	212	50.4	130	30.9	311	73.9
San Rafael	41	13	31.7	7	17.1	33	80.5
San Ramón	149	96	64.4	52	34.9	47	31.5
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	194	40.8	113	23.7	365	76.7
Tahonas	77	43	55.8	18	23.4	42	54.5
Ojocaliente	**853**	**492**	**57.7**	**306**	**35.9**	**517**	**60.6**
Cerrito del Agua	174	91	52.3	60	34.5	119	68.4

Versión Pública

Cuadro IV.87 Medios de movilidad en las viviendas del Sistema Ambiental Regional.

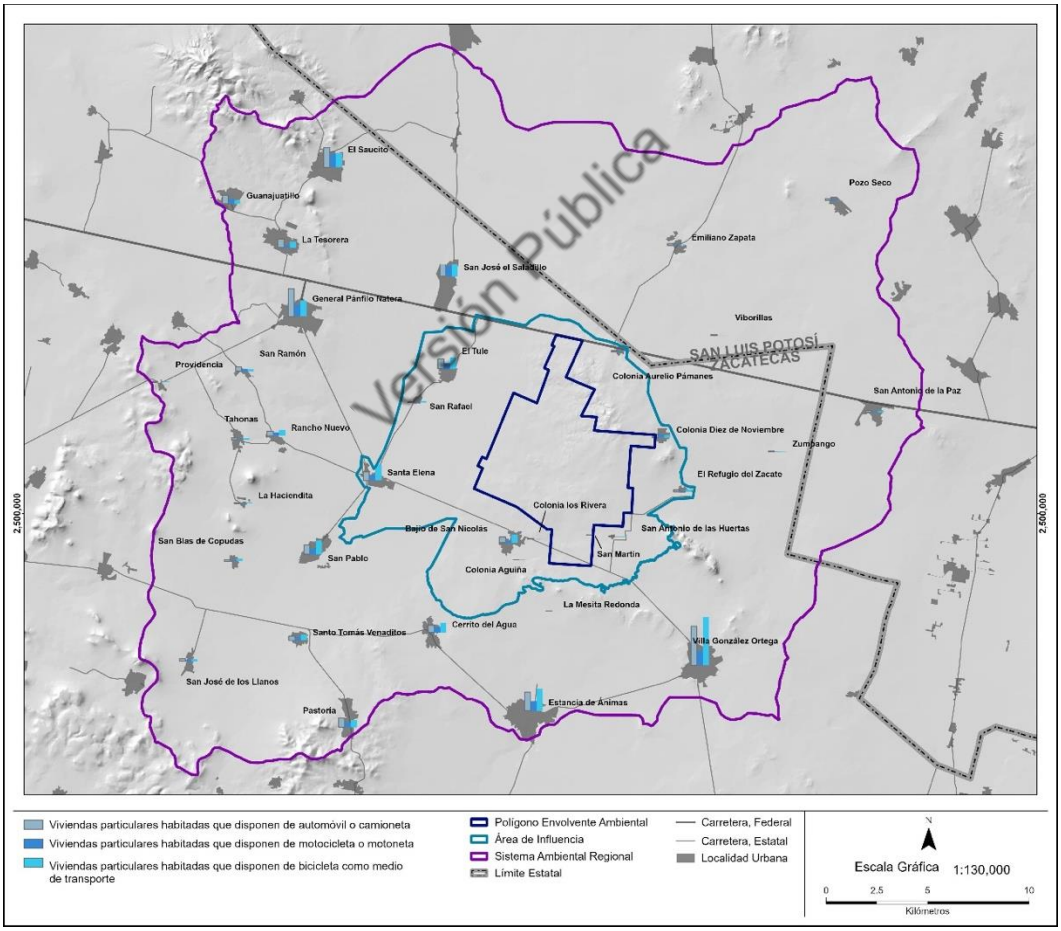
Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con automóvil	%	Total de viviendas con motocicleta	%	Total de viviendas con bicicleta	%
Pastoría	329	209	63.5	101	30.7	167	50.8
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	36	50.7	28	39.4	56	78.9
San José de los Llanos	91	56	61.5	38	41.8	45	49.5
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	100	53.2	79	42.0	130	69.1
Salinas	**160**	**104**	**65.0**	**61**	**38.1**	**51**	**31.9**
Pozo Seco	69	42	60.9	27	39.1	15	21.7
San Antonio de la Paz	66	42	63.6	25	37.9	34	51.5
Viborillas	25	20	80.0	9	36.0	2	8.0
Villa de Ramos	**77**	**43**	**55.8**	**30**	**39.0**	**26**	**33.8**
Emiliano Zapata	77	43	55.8	30	39.0	26	33.8
Villa González Ortega	**3,328**	**1,690**	**50.8**	**781**	**23.5**	**2,032**	**61.1**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	132	34.2	53	13.7	183	47.4
Cerrito del Agua	139	77	55.4	62	44.6	107	77.0
Colonia Aguiña	4	4	100.0	4	100.0	1	25.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	84	48.3	76	43.7	58	33.3
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	9	52.9	4	23.5	6	35.3
El Refugio del Zacate	82	39	47.6	25	30.5	47	57.3
Estancia de Ánimas	730	423	57.9	212	29.0	507	69.5
La Mesita Redonda	3	3	100.0	0	0.0	0	0.0
San Antonio de las Huertas	32	18	56.3	6	18.8	11	34.4
San Martín	3	1	33.3	1	33.3	0	0.0

Versión Pública

Cuadro IV.87 Medios de movilidad en las viviendas del Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con automóvil	%	Total de viviendas con motocicleta	%	Total de viviendas con bicicleta	%
Villa González Ortega	1,739	889	51.1	333	19.1	1102	63.4
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	11	57.9	5	26.3	10	52.6
Total	**9,824**	**5,119**	**52.1**	**2,726**	**27.7**	**5,256**	**53.5**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.111 Características de las viviendas que poseen automóvil, motocicleta o bicicleta en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Cuadro IV.88 Medios de comunicación en las viviendas.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con radio	%	Total de viviendas con televisión	%	Total de viviendas con computadora o tableta	%	Total de viviendas con teléfono fijo	%
General Pánfilo Natera	**5,406**	**3,861**	**71.4**	**5,247**	**97.1**	**732**	**13.5**	**1,408**	**26.0**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	38	61.3	60	96.8	3	4.8	5	8.1
El Saucito (El Horno)	871	606	69.6	832	95.5	147	16.9	84	9.6
El Tule	388	272	70.1	381	98.2	29	7.5	200	51.5
General Pánfilo Natera	1,157	860	74.3	1,163	100.5	228	19.7	366	31.6
Guanajuatillo	302	230	76.2	287	95.0	64	21.2	4	1.3
La Haciendita	40	35	87.5	33	82.5	0	0.0	0	0.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	258	67.7	358	94.0	24	6.3	37	9.7
Providencia	55	32	58.2	50	90.9	1	1.8	2	3.6
Rancho Nuevo	222	174	78.4	215	96.8	38	17.1	99	44.6
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	474	62.0	734	96.1	100	13.1	271	35.5
San Pablo	421	298	70.8	395	93.8	52	12.4	198	47.0
San Rafael	41	25	61.0	40	97.6	1	2.4	3	7.3
San Ramón	149	111	74.5	155	104.0	7	4.7	12	8.1
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	386	81.1	468	98.3	27	5.7	108	22.7
Tahonas	77	62	80.5	76	98.7	11	14.3	19	24.7
Ojocaliente	**853**	**695**	**81.5**	**833**	**97.7**	**95**	**11.1**	**263**	**30.8**
Cerrito del Agua	174	144	82.8	172	98.9	24	13.8	69	39.7
Pastoría	329	241	73.3	321	97.6	58	17.6	139	42.2

Versión Pública

Cuadro IV.88 Medios de comunicación en las viviendas.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con radio	%	Total de viviendas con televisión	%	Total de viviendas con computadora o tableta	%	Total de viviendas con teléfono fijo	%
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	59	83.1	67	94.4	4	5.6	11	15.5
San José de los Llanos	91	61	67.0	82	90.1	4	4.4	37	40.7
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	190	101.1	191	101.6	5	2.7	7	3.7
Salinas	**160**	**107**	**66.9**	**148**	**92.5**	**10**	**6.3**	**13**	**8.1**
Pozo Seco	69	50	72.5	65	94.2	3	4.3	12	17.4
San Antonio de la Paz	66	38	57.6	59	89.4	5	7.6	1	1.5
Viborillas	25	19	76.0	24	96.0	2	8.0	0	0.0
Villa de Ramos	**77**	**48**	**62.3**	**70**	**90.9**	**6**	**7.8**	**1**	**1.3**
Emiliano Zapata	77	48	62.3	70	90.9	6	7.8	1	1.3
Villa González Ortega	**3,328**	**2,274**	**68.3**	**3,142**	**94.4**	**795**	**23.9**	**1,013**	**30.4**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	267	69.2	366	94.8	44	11.4	92	23.8
Cerrito del Agua	139	113	81.3	134	96.4	30	21.6	59	42.4
Colonia Aguiña	4	4	100.0	4	100.0	0	0.0	1	25.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	115	66.1	154	88.5	16	9.2	31	17.8
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	13	76.5	16	94.1	1	5.9	4	23.5
El Refugio del Zacate	82	61	74.4	76	92.7	6	7.3	23	28.0
Estancia de Ánimas	730	489	67.0	694	95.1	162	22.2	258	35.3
La Mesita Redonda	3	2	66.7	3	100.0	0	0.0	2	66.7

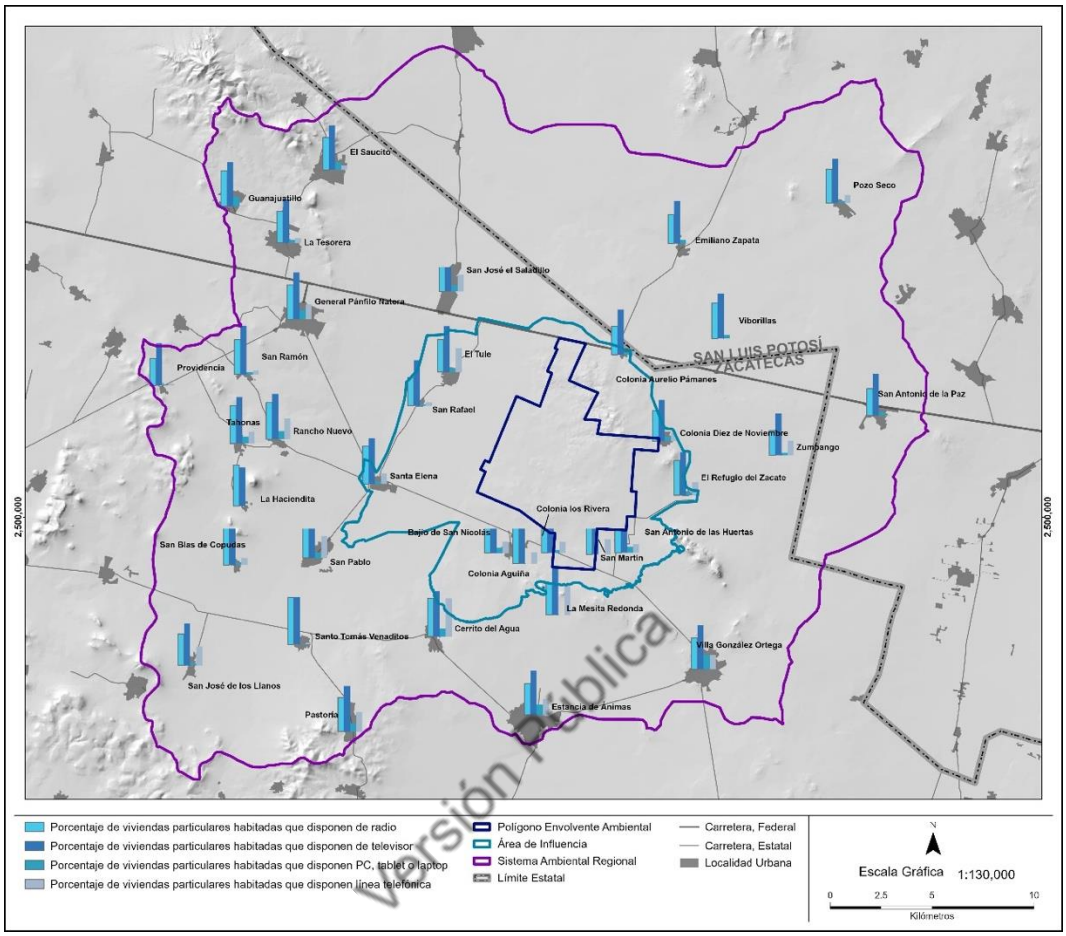
Versión Pública

Cuadro IV.88 Medios de comunicación en las viviendas.

Localidad por municipio	Total de viviendas particulares habitadas	Total de viviendas con radio	%	Total de viviendas con televisión	%	Total de viviendas con computadora o tableta	%	Total de viviendas con teléfono fijo	%
San Antonio de las Huertas	32	21	65.6	30	93.8	4	12.5	6	18.8
San Martín	3	3	100.0	2	66.7	0	0.0	1	33.3
Villa González Ortega	1,739	1,176	67.6	1,646	94.7	531	30.5	530	30.5
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	10	52.6	17	89.5	1	5.3	6	31.6
Total	**9,824**	**6,985**	**71.1**	**9,440**	**96.1**	**1638**	**16.7**	**2,698**	**27.5**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

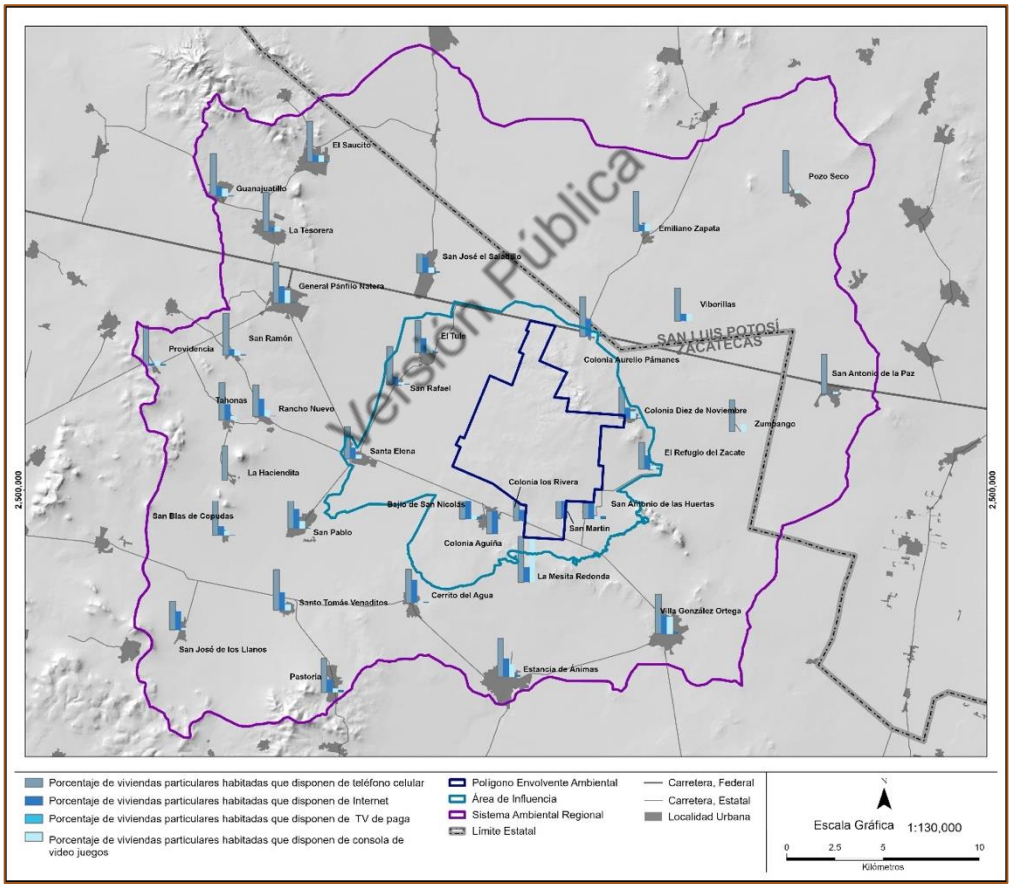
Figura IV.112 Características de las viviendas que cuentan con radio, televisión, computadora y línea telefónica fija en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Respecto del uso del teléfono celular, se observa que tiene una presencia muy por encima de las viviendas en comparación con el teléfono fijo; el cual solo se encuentra presente en el 27.5% de las viviendas, contra el 80.8% del teléfono móvil. El acceso a internet solo está disponible en el 32.3% de las viviendas. Si bien es cierto estos datos pertenecen al Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020, con las reformas en materia de telecomunicaciones, es posible que los resultados evolucionen con agilidad y la conectividad sea mayor que la representada en el censo, pues de acuerdo con la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2018, en México hay 74.3 millones de usuarios de internet y 18.3 millones de hogares con conexión a este servicio. En el SAR, tratándose de bienes de uso cotidiano, movilidad y comunicación, es destacable que el 90.9% de la población cuenta con

refrigerador, el 86% tiene lavadora, el 52.1% dispone de automóvil, el 71.1% tiene radio, el 96.1% cuenta con televisión, y finalmente, el 16.7% tiene computadora.

El medio de comunicación con mayor presencia dentro del SAR es la televisión (96.1%), mientras que el uso de computadora en las viviendas se encuentra presente tan solo en el 16.7% de ellas (**Cuadro IV.89** y **Figura IV.113**).

Tratándose de comunicación móvil, conectividad y uso de nuevas tecnologías, el uso del teléfono celular es el medio más generalizado en el SAR, superando el 80% de las viviendas. El 32.3% de las viviendas cuenta con servicio de internet, el 19.2% tiene servicio de televisión de paga y tan solo el 3.1% cuenta con consola de video juegos.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.113 Características de las viviendas que poseen teléfono celular, servicio de internet, televisión de paga y consola de video juegos en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Cuadro IV.89 Medios de Comunicación en las viviendas.

Localidad por municipio	Localidad por municipio	Viviendas con teléfono celular	%	Viviendas con internet	%	Viviendas con sistema de televisión de paga	%	Viviendas con consola de video juegos	%
General Pánfilo Natera	**5,406**	**4,381**	**81.0**	**1,509**	**27.9**	**864**	**16.0**	**125**	**2.3**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	62	54	87.1	24	38.7	5	8.1	3	4.8
El Saucito (El Horno)	871	774	88.9	128	14.7	125	14.4	22	2.5
El Tule	388	272	70.1	126	32.5	49	12.6	12	3.1
General Pánfilo Natera	1,157	1,034	89.4	430	37.2	328	28.3	30	2.6
Guanajuatillo	302	281	93.0	65	21.5	49	16.2	6	2.0
La Haciendita	40	30	75.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	381	328	86.1	39	10.2	44	11.5	6	1.6
Providencia	55	48	87.3	3	5.5	6	10.9	2	3.6
Rancho Nuevo	222	152	68.5	86	38.7	32	14.4	3	1.4
San José el Saladillo (El Saladillo)	764	573	75.0	259	33.9	93	12.2	27	3.5
San Pablo	421	271	64.4	180	42.8	70	16.6	7	1.7
San Rafael	41	34	82.9	7	17.1	2	4.9	1	2.4
San Ramón	149	136	91.3	19	12.8	15	10.1	3	2.0
Santa Elena (Francisco Zarco)	476	331	69.5	116	24.4	39	8.2	3	0.6
Tahonas	77	63	81.8	27	35.1	7	9.1	0	0.0
Ojocaliente	**853**	**651**	**76.3**	**302**	**35.4**	**67**	**7.9**	**19**	**2.2**
Cerrito del Agua	174	124	71.3	81	46.6	0	0.0	0	0.0
Pastoría	329	245	74.5	95	28.9	32	9.7	17	5.2
San Blas de Copudas (El Tildío)	71	58	81.7	14	19.7	7	9.9	1	1.4
San José de los Llanos	91	57	62.6	37	40.7	4	4.4	0	0.0
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	188	167	88.8	75	39.9	24	12.8	1	0.5

Versión Pública

Cuadro IV.89 Medios de Comunicación en las viviendas.

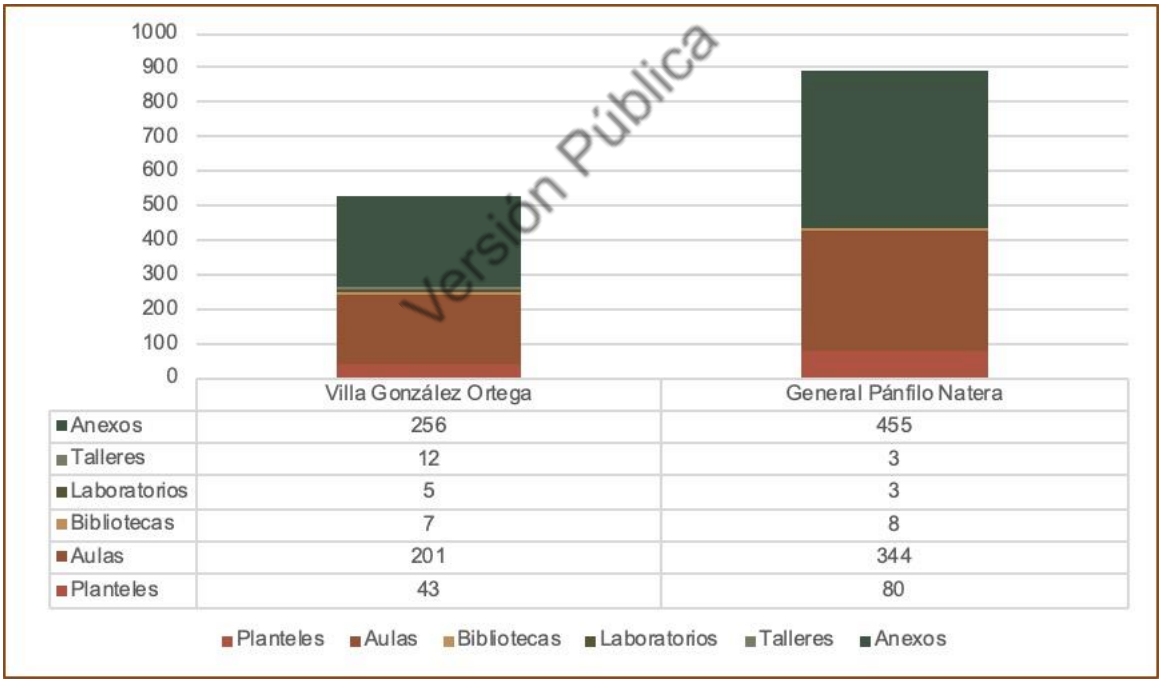
Localidad por municipio	Localidad por municipio	Viviendas con teléfono celular	%	Viviendas con internet	%	Viviendas con sistema de televisión de paga	%	Viviendas con consola de video juegos	%
Salinas	**160**	**139**	**86.9**	**5**	**3.1**	**12**	**7.5**	**0**	**0.0**
Pozo Seco	69	64	92.8	0	0.0	5	7.2	0	0.0
San Antonio de la Paz	66	57	86.4	1	1.5	3	4.5	0	0.0
Viborillas	25	18	72.0	4	16.0	4	16.0	0	0.0
Villa de Ramos	**77**	**67**	**87.0**	**11**	**14.3**	**12**	**15.6**	**1**	**1.3**
Emiliano Zapata	77	67	87.0	11	14.3	12	15.6	1	1.3
Villa González Ortega	**3,328**	**2,699**	**81.1**	**1,344**	**40.4**	**928**	**27.9**	**156**	**4.7**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	386	268	69.4	178	46.1	35	9.1	17	4.4
Cerrito del Agua	139	104	74.8	76	54.7	8	5.8	9	6.5
Colonia Aguiña	4	2	50.0	2	50.0	0	0.0	0	0.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	174	118	67.8	40	23.0	25	14.4	3	1.7
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	13	76.5	4	23.5	1	5.9	0	0.0
El Refugio del Zacate	82	48	58.5	25	30.5	7	8.5	2	2.4
Estancia de Ánimas	730	610	83.6	296	40.5	202	27.7	36	4.9
La Mesita Redonda	3	3	100.0	1	33.3	3	100.0	0	0.0
San Antonio de las Huertas	32	22	68.8	19	59.4	1	3.1	2	6.3
San Martín	3	2	66.7	2	66.7	0	0.0	0	0.0
Villa González Ortega	1,739	1,496	86.0	701	40.3	643	37.0	87	5.0
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	13	68.4	0	0.0	3	15.8	0	0.0
Total	**9,824**	**7,937**	**80.8**	**3,171**	**32.3**	**1,883**	**19.2**	**301**	**3.1**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

Educación

De acuerdo con el Censo Educativo del Estado de Zacatecas, para el ciclo escolar 2018/2019, en la entidad existe un total de 5,662 planteles educativos, 22,664 aulas, 789 bibliotecas, 732 laboratorios, 687 talleres y un total de 30,540 anexos, o edificios y estructuras auxiliares de los mismos (Los edificios y estructuras auxiliares se componen de: dirección, administración, prefectura, supervisión de zona, aula de actividades, cubículo o sala de maestros, orientación vocacional, parcela escolar o terreno de cultivo, sala audiovisual o auditorio, aulas de usos múltiples y otros). Particularmente, en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, en el SAR, existen 1,417 elementos de infraestructura educativa, consistentes en planteles, aulas, bibliotecas, laboratorios, talleres y anexos, que en su conjunto conforma la infraestructura educativa orientada para la promoción educativa. Para una revisión detallada, se describen los tipos de infraestructura en la **Figura IV.114**.



Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.114 Distribución de la infraestructura educativa en el Sistema Ambiental Regional.

El grado promedio de escolaridad del SAR es de 7.2 años, lo que significa que la población logra terminar la educación básica primaria. Las mujeres son las que tienen un promedio de

escolaridad ligeramente superior al de los hombres, pues, mientras ellas tienen 7.5 años, los hombres alcanzan un promedio de 6.9 años (**Cuadro IV.90**).

Cuadro IV.90 Grado Promedio de Escolaridad por municipio en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Grado promedio de escolaridad	Grado promedio de escolaridad de mujeres	Grado promedio de escolaridad de hombres
General Pánfilo Natera	**7.3**	**7.7**	**6.9**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	7.5	7.9	7.0
El Saucito (El Horno)	7.7	8.0	7.3
El Tule	7.0	7.4	6.3
General Pánfilo Natera	8.1	8.3	7.9
Guanajuatillo	8.1	8.1	8.0
La Haciendita	7.0	7.5	6.6
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	6.9	7.0	6.8
Providencia	7.3	7.6	7.0
Rancho Nuevo	8.2	8.6	7.7
San José el Saladillo (El Saladillo)	7.2	7.6	6.7
San Pablo	7.3	7.7	6.9
San Rafael	6.4	6.7	6.1
San Ramón	6.8	7.4	6.1
Santa Elena (Francisco Zarco)	7.1	7.7	6.6
Tahonas	7.4	7.7	7.1
Ojocaliente	**7.2**	**7.6**	**6.8**
Cerrito del Agua	7.7	7.9	7.5
Pastoría	7.3	7.6	6.9
San Blas de Copudas (El Tildío)	7.1	7.4	6.8
San José de los Llanos	7.1	7.6	6.6
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	6.9	7.4	6.3
Salinas	**5.7**	**6.0**	**5.3**
Pozo Seco	5.3	5.7	4.9
San Antonio de la Paz	5.8	5.9	5.7
Viborillas	5.9	6.3	5.3
Villa de Ramos	**7.2**	**7.6**	**6.8**
Emiliano Zapata	7.2	7.6	6.8

Versión Pública

Cuadro IV.90 Grado Promedio de Escolaridad por municipio en el Sistema Ambiental Regional.

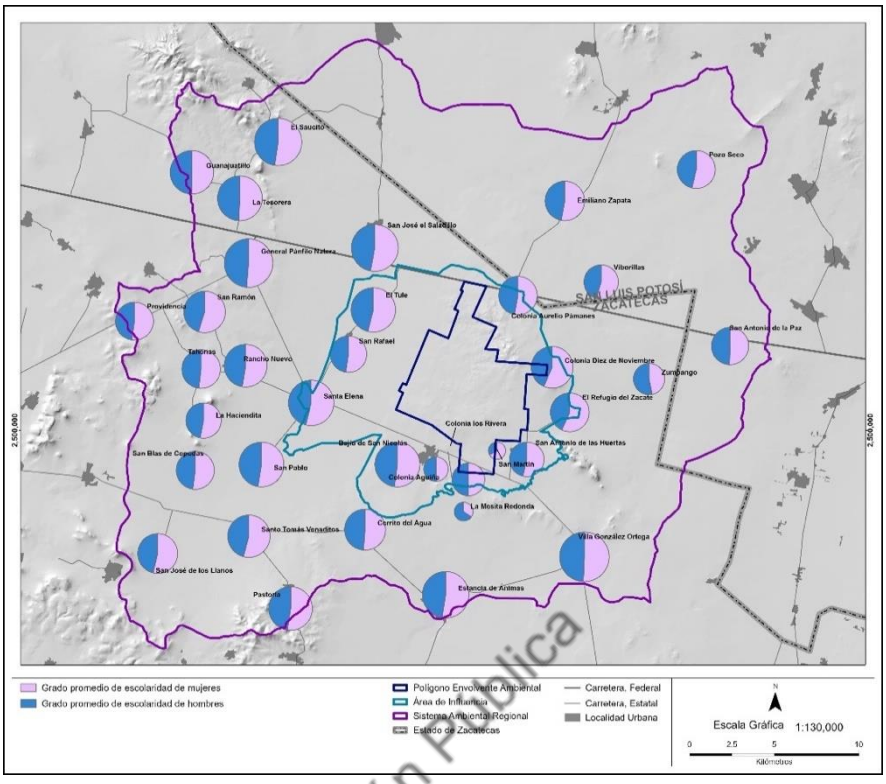
Localidad por municipio	Grado promedio de escolaridad	Grado promedio de escolaridad de mujeres	Grado promedio de escolaridad de hombres
Villa González Ortega	**7.6**	**7.7**	**7.4**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	7.1	7.3	6.7
Cerrito del Agua	7.4	7.5	7.1
Colonia Aguiña	9.6	9.4	9.8
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	7.0	7.7	5.9
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	7.0	7.0	7.0
El Refugio del Zacate	7.4	8.4	6.4
Estancia de Ánimas	7.5	7.8	7.1
La Mesita Redonda	8.2	6.0	11.5
San Antonio de las Huertas	7.3	7.8	6.7
San Martín	7.0	8.0	4.0
Villa González Ortega	9.3	9.5	9.2
Zumpango (Colonia Hidalgo)	7.0	6.6	7.5
Total	**7.2**	**7.5**	**6.9**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

El Municipio de Villa González Ortega cuenta con el grado de escolaridad más elevado dentro de las localidades ubicadas en el SAR, siendo de 7.6 años en promedio, mientras que el más bajo es Salinas, con 5.7 años únicamente. Asimismo, la población por género con el grado escolar más elevado es la masculina de Mesita Redonda con 11.5 años, mientras que la más baja es la masculina de San Martín, con 4 años (**Figura IV.115**). Las localidades con el mayor grado de estudio son: Colonia Aguiña (9.6); Villa González Ortega (9.3); La Mesita Redonda (8.2); General Pánfilo Natera (8.1) y Guanajuatillo (8.1). Las localidades con el menor grado de estudio son: Pozo Seco (5.3); San Antonio de la Paz (5.8); Viborillas (5.9); San Rafael (6.4) y San Ramón (6.8).

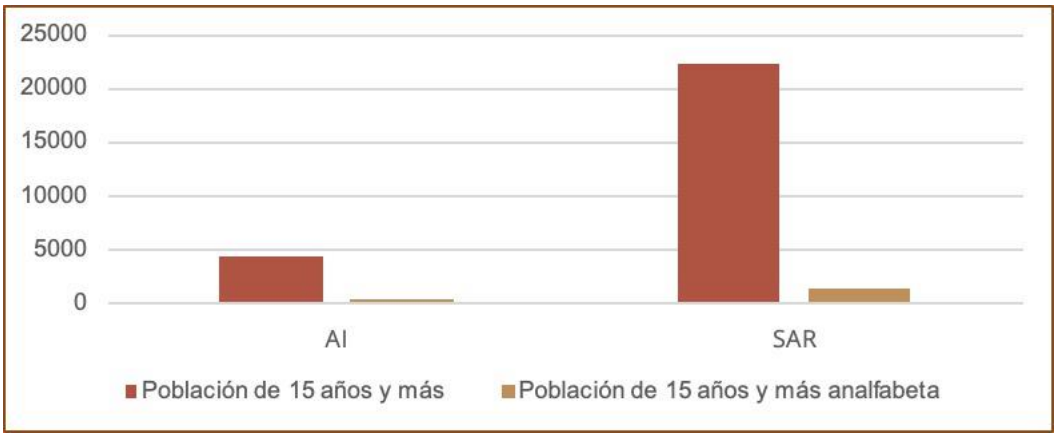
En el Área de estudio se identifican 1,581 personas analfabetas de 15 años y más, mismas que representan el 6% de este grupo de población. El grado de analfabetismo es mayor en hombres que en mujeres. El porcentaje de hombres analfabetas, mayores de 15 años de edad es de 6.2%, en cambio, el porcentaje de mujeres analfabetas alcanza la cifra de 5.9% (**Figura IV.116**). En suma, existe un total de 1,581 personas analfabetas mayores de 15 años de edad en el SAR, de las cuales 809 son mujeres y 772 son hombres (**Cuadro IV.91**).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

Figura IV.115 Grado promedio de escolaridad entre mujeres y hombres en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social.

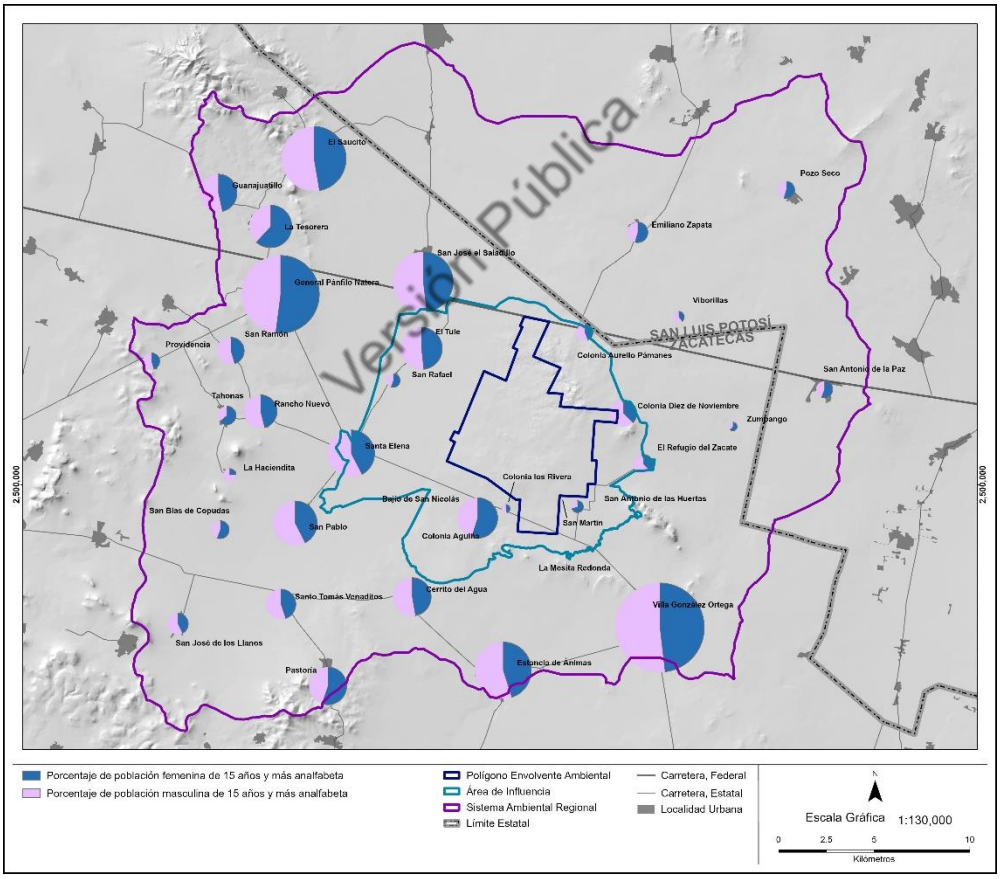


Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.116 Población de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia Social y población analfabeta de 15 años y más.

En el SAR existe un total de 112 persona, entre las edades de 8 a 14 años, que no saben leer ni escribir. De estos 46 son mujeres y 66 son hombres. La localidad con el mayor número de menores analfabetas es Villa González Ortega (16), seguida de General Pánfilo Natera (11). En particular, dentro del Área de Influencia (AI) destaca la localidad de Bajío de San Nicolás, con un total de 9 personas analfabetas menores de edad (**Figura IV.117**).

El 17.5% de la población de 15 años y más en el SAR no logró terminar su educación básica primaria, particularmente el número asciende cuando lo reducimos al AI, lo que corresponde al 21.4% del total de su población. El porcentaje es superior en hombres al considerar que el 20.7% de este grupo etario no concluyó la educación primaria, contrario al 14.6% de la población femenina de 15 años y más. Lo anterior constituye una disminución de las oportunidades laborales y sociales para la población mayor de 15 años. (**Cuadro IV.92**).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.117 Distribución de la población analfabeta por género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social.

Cuadro IV.91 Población analfabeta de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más analfabeta	%	Mujeres de 15 años y más	Mujeres de 15 años y más analfabetas	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más analfabetas	%
General Pánfilo Natera	**15,007**	**930**	**6.2**	**7,810**	**468**	**6.0**	**7,197**	**462**	**6.4**
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	157	10	6.4	88	5	5.7	69	5	7.2
El Saucito (El Horno)	2,408	189	7.8	1,224	91	7.4	1,184	98	8.3
El Tule	1,012	57	5.6	568	31	5.5	444	26	5.9
General Pánfilo Natera	3,490	135	3.9	1,817	73	4.0	1,673	62	3.7
Guanajuatillo	815	42	5.2	416	20	4.8	399	22	5.5
La Haciendita	99	4	4.0	51	1	2.0	48	3	6.3
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,039	73	7.0	548	47	8.6	491	26	5.3
Providencia	155	11	7.1	77	5	6.5	78	6	7.7
Rancho Nuevo	635	37	5.8	334	18	5.4	301	19	6.3
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,077	128	6.2	1,062	63	5.9	1,015	65	6.4
San Pablo	1,129	82	7.3	580	36	6.2	549	46	8.4
San Rafael	107	10	9.3	58	6	10.3	49	4	8.2
San Ramón	417	39	9.4	222	19	8.6	195	20	10.3
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,270	100	7.9	655	44	6.7	615	56	9.1
Tahonas	197	13	6.6	110	9	8.2	87	4	4.6
Ojocaliente	**2,242**	**138**	**6.2**	**1,211**	**75**	**6.2**	**1,031**	**63**	**6.1**
Cerrito del Agua	470	25	5.3	249	15	6.0	221	10	4.5
Pastoría	813	41	5.0	454	25	5.5	359	16	4.5
San Blas de Copudas (El Tildío)	183	12	6.6	81	6	7.4	102	6	5.9

Versión Pública

Cuadro IV.91 Población analfabeta de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más analfabeta	%	Mujeres de 15 años y más	Mujeres de 15 años y más analfabetas	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más analfabetas	%
San José de los Llanos	255	27	10.6	132	12	9.1	123	15	12.2
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	521	33	6.3	295	17	5.8	226	16	7.1
Salinas	**394**	**44**	**11.2**	**213**	**25**	**11.7**	**181**	**19**	**10.5**
Pozo Seco	164	22	13.4	97	14	14.4	67	8	11.9
San Antonio de la Paz	158	13	8.2	76	7	9.2	82	6	7.3
Viborillas	72	9	12.5	40	4	10.0	32	5	15.6
Villa de Ramos	**241**	**9**	**3.7**	**123**	**5**	**4.1**	**118**	**4**	**3.4**
Emiliano Zapata	241	9	3.7	123	5	4.1	118	4	3.4
Villa González Ortega	**8,556**	**460**	**5.4**	**4,641**	**236**	**5.1**	**3,915**	**224**	**5.7**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	941	70	7.4	520	42	8.1	421	28	6.7
Cerrito del Agua	375	23	6.1	197	9	4.6	178	14	7.9
Colonia Aguiña	10	0	0.0	5	0	0.0	5	0	0.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	416	32	7.7	260	16	6.2	156	16	10.3
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	41	2	4.9	22	1	4.5	19	1	5.3
El Refugio del Zacate	219	25	11.4	115	10	8.7	104	15	14.4
Estancia de Ánimas	1,847	116	6.3	1,014	58	5.7	833	58	7.0
La Mesita Redonda	5	0	0.0	3	0	0.0	2	0	0.0
San Antonio de las Huertas	80	4	5.0	45	3	6.7	35	1	2.9
San Martín	4	0	0.0	3	0	0.0	1	0	0.0
Villa González Ortega	4,576	185	4.0	2,434	95	3.9	2,142	90	4.2

Versión Pública

Cuadro IV.91 Población analfabeta de 15 años y más en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por municipio	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más analfabeta	%	Mujeres de 15 años y más	Mujeres de 15 años y más analfabetas	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más analfabetas	%
Zumpango (Colonia Hidalgo)	42	3	7.1	23	2	8.7	19	1	5.3
Total	**26,440**	**1,581**	**6.0**	**13,998**	**809**	**5.8**	**12,442**	**772**	**6.2**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

Cuadro IV.92 Población mayor a 15 años con primaria incompleta.

Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más con primaria incompleta	%	Mujeres de 15 años	Mujeres de 15 años y más con primaria incompleta	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más con primaria incompleta	%
AI	**4,257**	**911**	**21.4**	**2,339**	**398**	**17.0**	**1,918**	**513**	**26.7**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	941	183	19.4	520	85	16.3	421	98	23.3
Colonia Aguiña	10	0	0.0	5	0	0.0	5	0	0.0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	157	14	8.9	88	8	9.1	69	6	8.7
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	416	75	18.0	260	30	11.5	156	45	28.8
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	41	13	31.7	22	7	31.8	19	6	31.6
El Refugio del Zacate	219	58	26.5	115	21	18.3	104	37	35.6
El Tule	1,012	232	22.9	568	104	18.3	444	128	28.8

Cuadro IV.92 Población mayor a 15 años con primaria incompleta.

Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más con primaria incompleta	%	Mujeres de 15 años	Mujeres de 15 años y más con primaria incompleta	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más con primaria incompleta	%
San Antonio de las Huertas	80	14	17.5	45	6	13.3	35	8	22.9
San Martín	4	1	25.0	3	0	0.0	1	1	100.0
San Rafael	107	23	21.5	58	12	20.7	49	11	22.4
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,270	298	23.5	655	125	19.1	615	173	28.1
SAR	**22,183**	**3,708**	**16.7**	**11,659**	**1650**	**14.2**	**10,524**	**2058**	**19.6**
Cerrito del Agua	845	163	19.3	446	70	15.7	399	93	23.3
El Saucito (El Horno)	2,408	426	17.7	1,224	174	14.2	1,184	252	21.3
Emiliano Zapata	241	38	15.8	123	11	8.9	118	27	22.9
Estancia de Ánimas	1,847	349	18.9	1,014	156	15.4	833	193	23.2
General Pánfilo Natera	3,490	463	13.3	1,817	211	11.6	1,673	252	15.1
Guanajuatillo	815	165	20.2	416	82	19.7	399	83	20.8
La Haciendita	99	12	12.1	51	7	13.7	48	5	10.4
La Mesita Redonda	5	0	0.0	3	0	0.0	2	0	0.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,039	233	22.4	548	109	19.9	491	124	25.3
Pastoría	813	148	18.2	454	73	16.1	359	75	20.9
Pozo Seco	164	50	30.5	97	27	27.8	67	23	34.3
Providencia	155	22	14.2	77	6	7.8	78	16	20.5
Rancho Nuevo	635	110	17.3	334	49	14.7	301	61	20.3
San Antonio de la Paz	158	40	25.3	76	19	25.0	82	21	25.6

Versión Pública

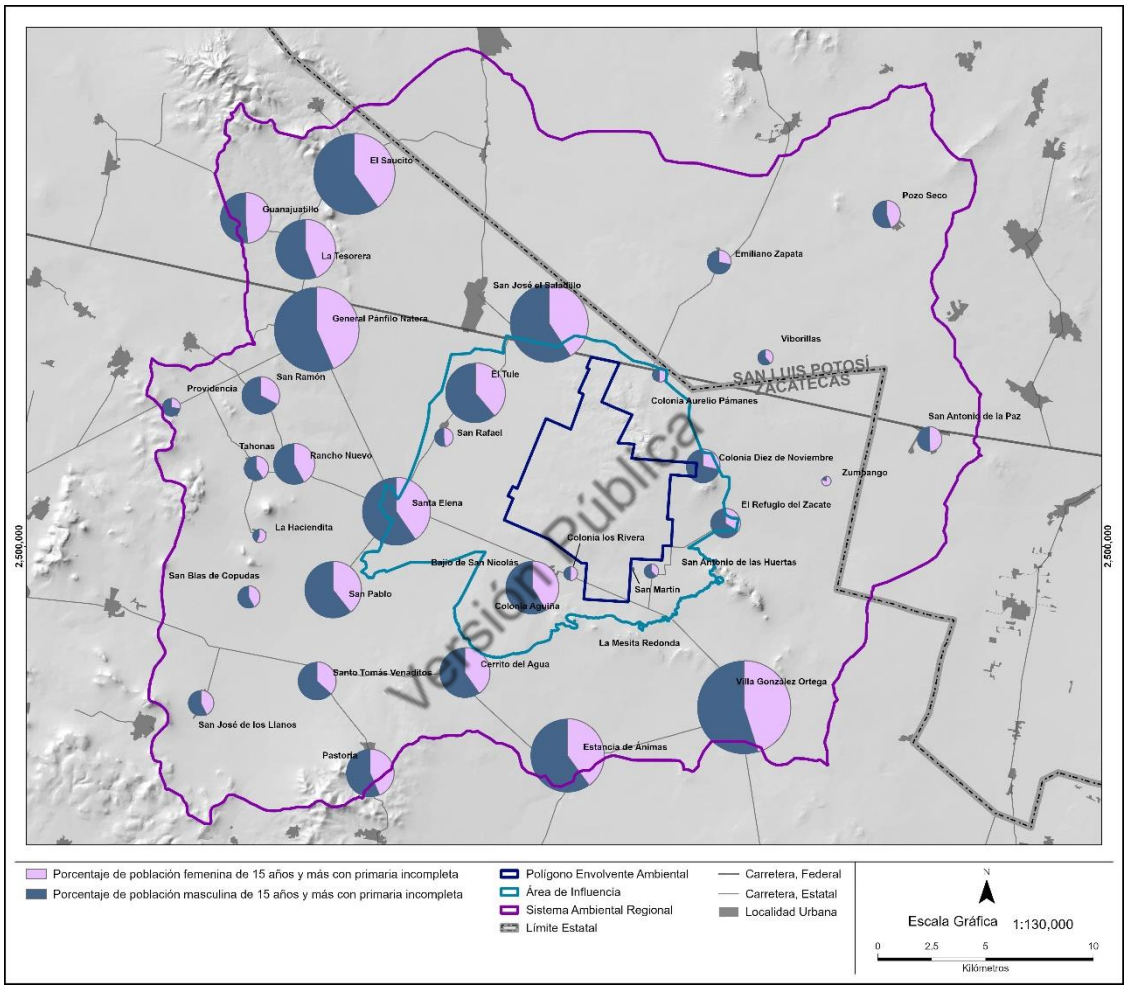
Cuadro IV.92 Población mayor a 15 años con primaria incompleta.

Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población de 15 años y más	Población de 15 años y más con primaria incompleta	%	Mujeres de 15 años	Mujeres de 15 años y más con primaria incompleta	%	Hombres de 15 años y más	Hombres de 15 años y más con primaria incompleta	%
San Blas de Copudas (El Tildío)	183	33	18.0	81	12	14.8	102	21	20.6
San José de los Llanos	255	43	16.9	132	19	14.4	123	24	19.5
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,077	394	19.0	1,062	165	15.5	1,015	229	22.6
San Pablo	1,129	209	18.5	580	85	14.7	549	124	22.6
San Ramón	417	93	22.3	222	33	14.9	195	60	30.8
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	521	95	18.2	295	41	13.9	226	54	23.9
Tahonas	197	39	19.8	110	18	16.4	87	21	24.1
Viborillas	72	16	22.2	40	7	17.5	32	9	28.1
Villa González Ortega	4,576	561	12.3	2,434	271	11.1	2,142	290	13.5
Zumpango (Colonia Hidalgo)	42	6	14.3	23	5	21.7	19	1	5.3
Total	**26,440**	**4,619**	**17.5**	**13,998**	**2,048**	**14.6**	**12,442**	**2,571**	**20.7**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Versión Pública

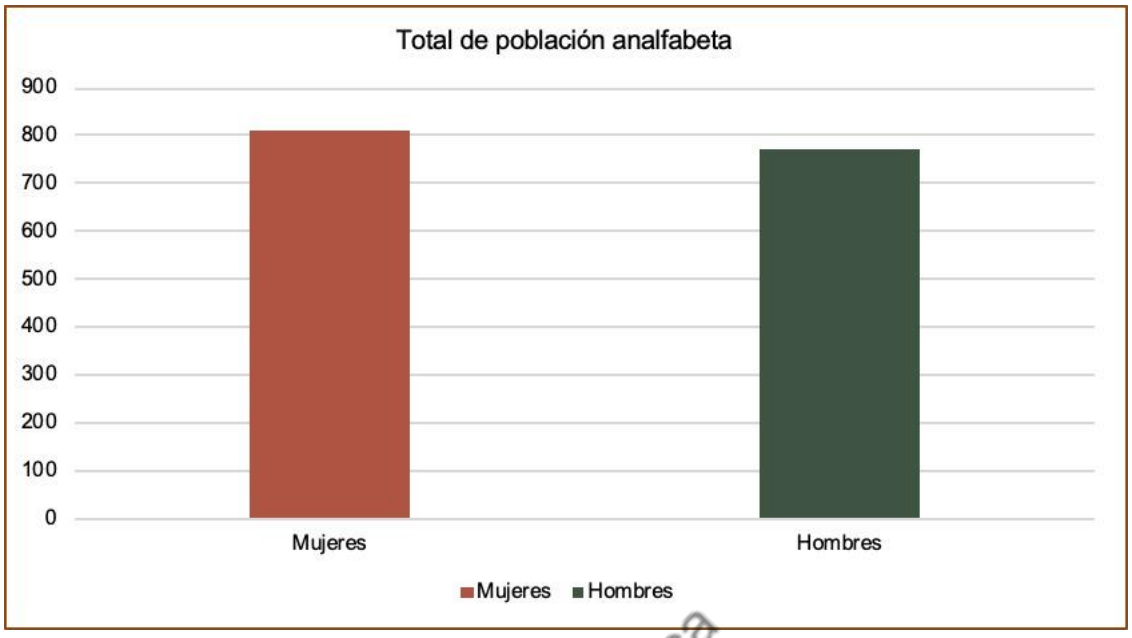
La comunidad Colonia Los Rivera (El Palmarejo) es el centro de población que tiene el porcentaje más elevado de población con primaria incompleta dentro del AI, correspondiente a 31.7%, mientras que la comunidad con el menor porcentaje es Colonia Aguiña, con 0% de su población con primaria incompleta (**Figura IV.118**).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.118 Distribución de la población con primaria incompleta por género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

En la **Figura IV.119** puede observarse que son las mujeres en edad escolar las personas que conforman el mayor número de población con primaria incompleta, siendo este un total de 809, mientras que el mismo concepto para los hombres corresponde a 772 personas.



Fuente: Elaboración propia con información del Censo INEGI de Población y Vivienda 2020.

Figura IV.119 Total de población analfabeta dentro del Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Salud

De acuerdo con la distribución de la infraestructura para la atención médica, las clínicas del IMSS e ISSSTE, existentes dentro del SAR, están ubicadas en Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, ambas demarcaciones municipales pertenecen a la Jurisdicción Sanitaria 02, con sede en Ojocaliente, Zacatecas. Varias de las localidades ubicadas en el AIS y en el SAR cuentan con Centros Comunitarios de Salud, gestionados por los Servicios de Salud del Estado de Zacatecas, y que atienden a la población en general, entre ellos destacan El Tule, Santa Elena, Cerrito de Agua, Bajío de San Nicolás, Estancia de Ánimas, General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. Dentro del SAR un total de 2,655 personas no están registradas en las instituciones de salud (**Cuadro IV.93**).

Cuadro IV.93 Unidades médicas en servicio en los municipios del Área de Influencia.

Municipios en el Área de Influencia	Total	IMSS	ISSSTE	Servicios Estatales de Salud	DIF
Villa González Ortega	6	1	1	3	1
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	11	3	0	7	1
Total	**17**	**4**	**1**	**10**	**2**

Fuente: Elaboración propia, a partir trabajo de campo realizado por el Proyecto San Nicolás (2020).

Según información pública brindada por las Autoridades de Salud, específicamente a través de la Jurisdicción Sanitaria 02, para el periodo comprendido entre los años 2018 y 2019, para las comunidades pertenecientes a los municipios de Villa González Ortega y Pánfilo Natera, las enfermedades más frecuentes en las mujeres fueron infecciones respiratorias agudas, infecciones intestinales, así como infecciones bucales y bucales e infecciones vulvovaginales. En el caso de los hombres, las enfermedades más frecuentes para el mismo periodo fueron las infecciones respiratorias agudas, las infecciones intestinales, la gingivitis y las enfermedades periodontales. Las enfermedades más frecuentes en ambos sexos fueron las infecciones respiratorias, gastrointestinales y orales agudas. Los casos de diabetes e hipertensión también se identifican como frecuentes, con una incidencia mayor en mujeres. En el **Cuadro IV.94** y en la **Figura IV.120** se describe detalladamente el acceso a la seguridad social en materia de salud que tiene la población que habita en el SAR y el AIS. Como se observa en la siguiente tabla, la población sin derechohabiencia representa el 21%, es decir, el 79% de las personas tienen acceso a un proveedor público de salud. El servicio médico que más derechohabientes tiene, es el Instituto de Salud para el Bienestar, pues concentra al 59% de la población derechohabiente, mientras que el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) tienen el 16% y 3%, respectivamente. El 79% de la población dentro del SAR y el AI se encuentra registrada y cuenta con acceso a la salud a través de su afiliación a los servicios de salud. La distribución en el acceso, por tipo de institución puede consultarse en la **Figura IV.121**.

Versión Pública

Cuadro IV.94 Población derechohabiente en el Sistema Ambiental Regional.

Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población total	Población sin afiliación a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud IMSS	Población afiliada a servicios de salud ISSSTE	Población afiliada a servicios de salud Instituto de Salud para el Bienestar
AI	**6,624**	**1,362**	**5,261**	**579**	**25**	**4,625**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	498	1,142	182	2	949
Colonia Aguiña	13	0	13	2	2	9
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	47	241	10	0	231
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	167	513	60	2	446
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	26	44	6	0	38
El Refugio del Zacate	306	66	240	20	0	213
El Tule	1,460	240	1,220	72	3	1,141

Cuadro IV.94 Población derechohabiente en el Sistema Ambiental Regional.

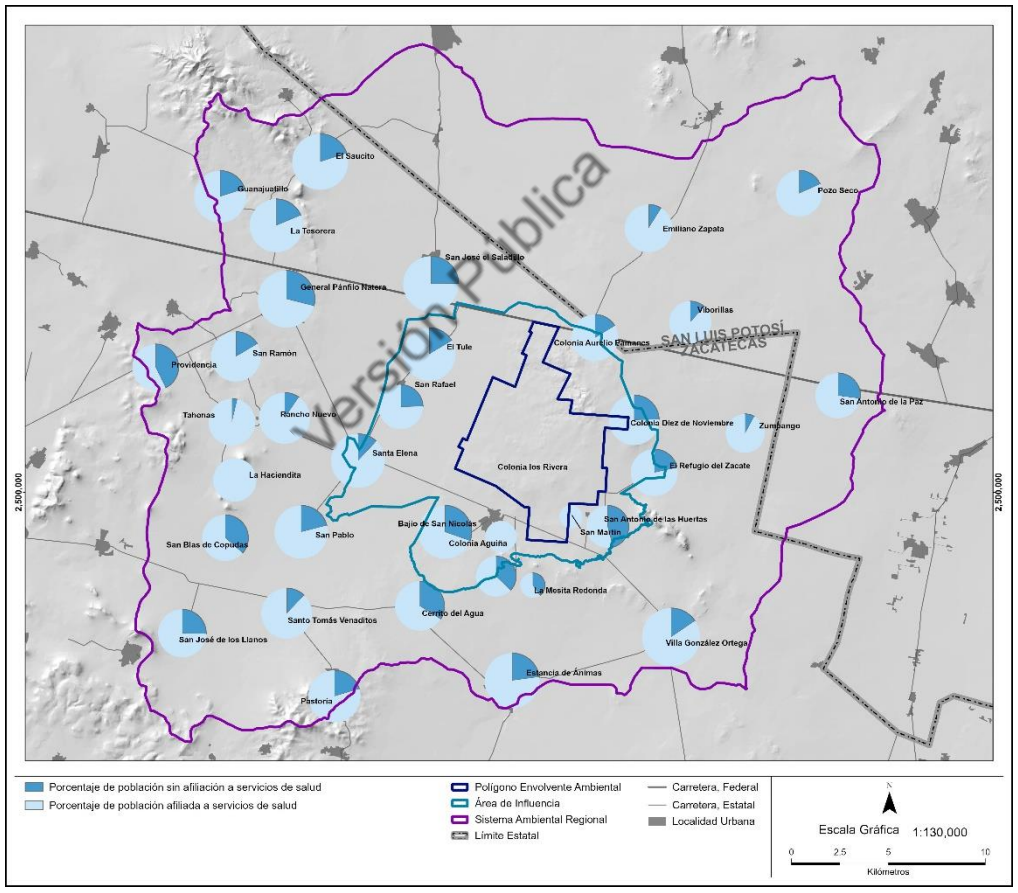
Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población total	Población sin afiliación a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud IMSS	Población afiliada a servicios de salud ISSSTE	Población afiliada a servicios de salud Instituto de Salud para el Bienestar
San Antonio de las Huertas	109	50	59	24	0	35
San Martín	4	0	4	3	0	1
San Rafael	171	42	129	7	0	122
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	226	1,656	193	16	1,440
SAR	**31,792**	**6,711**	**25,056**	**5,458**	**1,240**	**18,162**
Cerrito del Agua	1,281	435	846	66	26	751
El Saucito (El Horno)	3,370	673	2,694	862	25	1,830
Emiliano Zapata	369	33	336	15	0	319
Estancia de Ánimas	2,598	592	1,995	188	138	1,649
General Pánfilo Natera	4,894	1,415	3,476	841	114	2,523
Guanajuatillo	1,109	223	886	446	29	416
La Haciendita	132	0	131	0	0	131
La Mesita Redonda	5	2	3	0	0	3
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	295	1,284	488	6	789
Pastoría	1,133	231	902	61	9	824
Pozo Seco	251	46	205	3	2	201
Providencia	250	107	143	5	0	138
Rancho Nuevo	892	85	807	84	22	701
San Antonio de la Paz	207	56	151	4	3	139
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	94	164	34	0	133
San José de los Llanos	407	103	304	26	1	275
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	733	2,221	234	13	1,971
San Pablo	1,597	335	1,261	80	67	1,071
San Ramón	643	106	537	113	6	422
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	97	699	15	0	685
Tahonas	297	11	286	84	0	210
Viborillas	103	12	91	0	0	91

Versión Pública

Cuadro IV.94 Población derechohabiente en el Sistema Ambiental Regional.

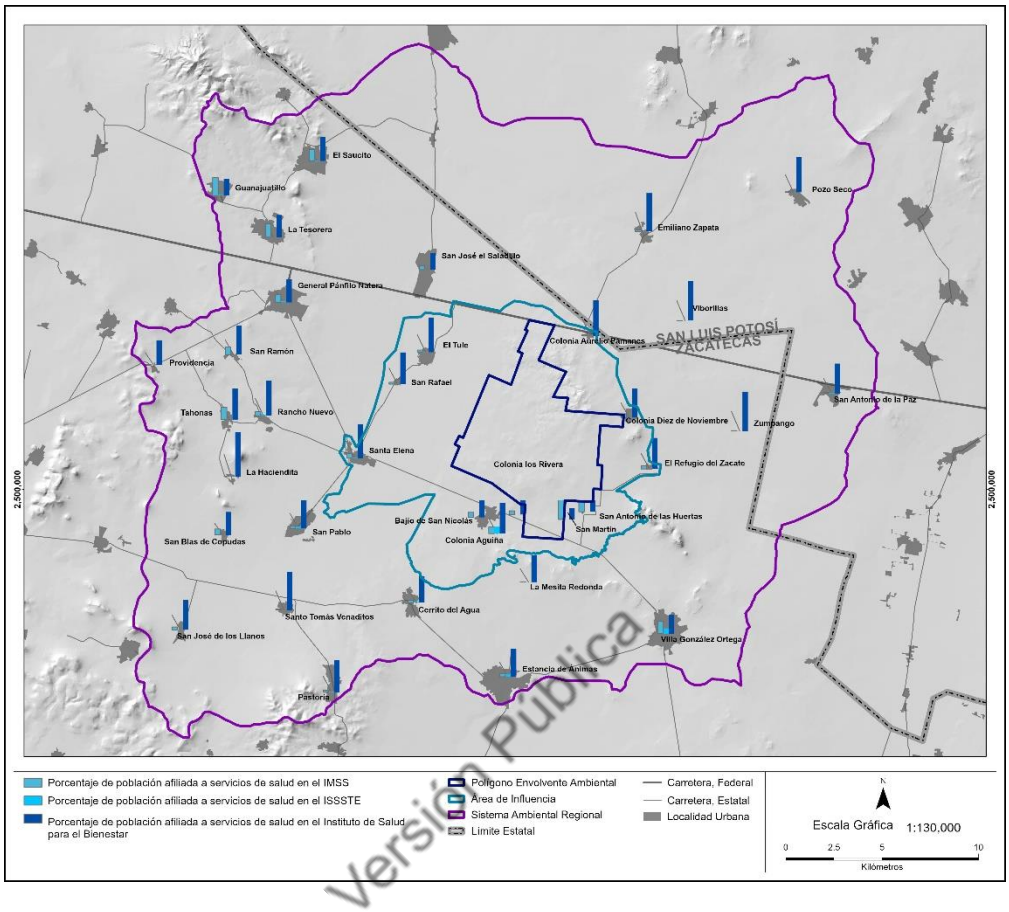
Localidades por Área de Influencia (AI) y Sistema Ambiental Regional (SAR)	Población total	Población sin afiliación a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud	Población afiliada a servicios de salud IMSS	Población afiliada a servicios de salud ISSSTE	Población afiliada a servicios de salud Instituto de Salud para el Bienestar
Villa González Ortega	6,611	1,023	5,587	1,809	779	2,845
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	4	47	0	0	45
Total	**38,416**	**8,073**	**30,317**	**6,037**	**1,265**	**22,787**

Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.120 Distribución de la población con derecho a la seguridad social en materia de salud el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social.

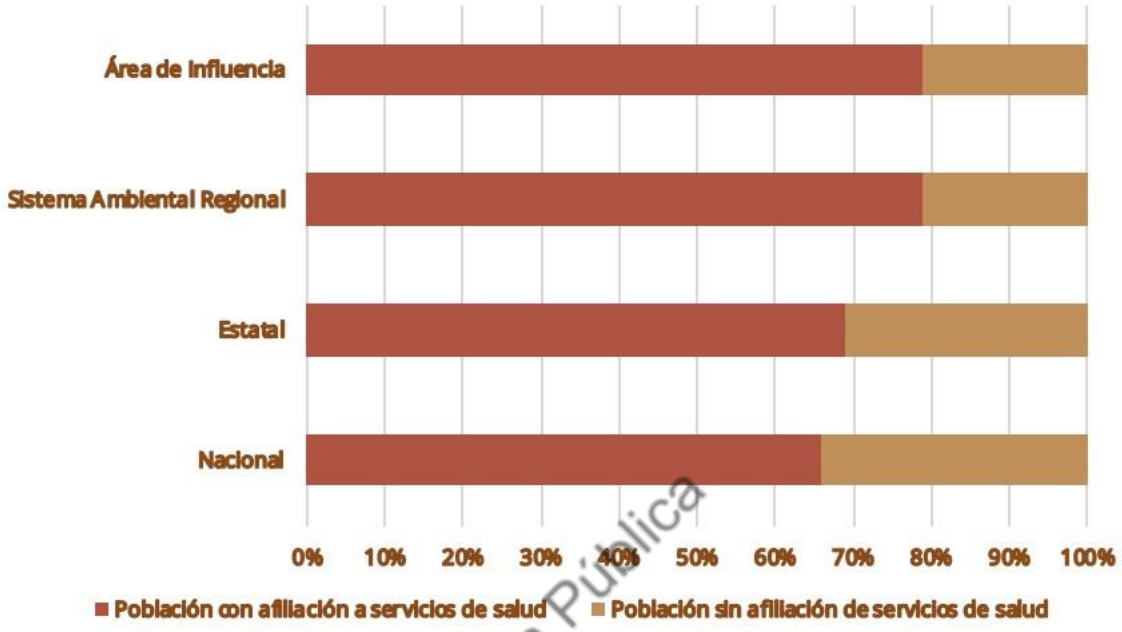


Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.121 Distribución de la población con derecho a la seguridad social en materia de salud por institución de atención en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

En la **Figura IV.122** se observa que la población derechohabiente del SAR es ligeramente mayor al promedio estatal y superior por 4% correspondiente al promedio nacional.



Versión Pública

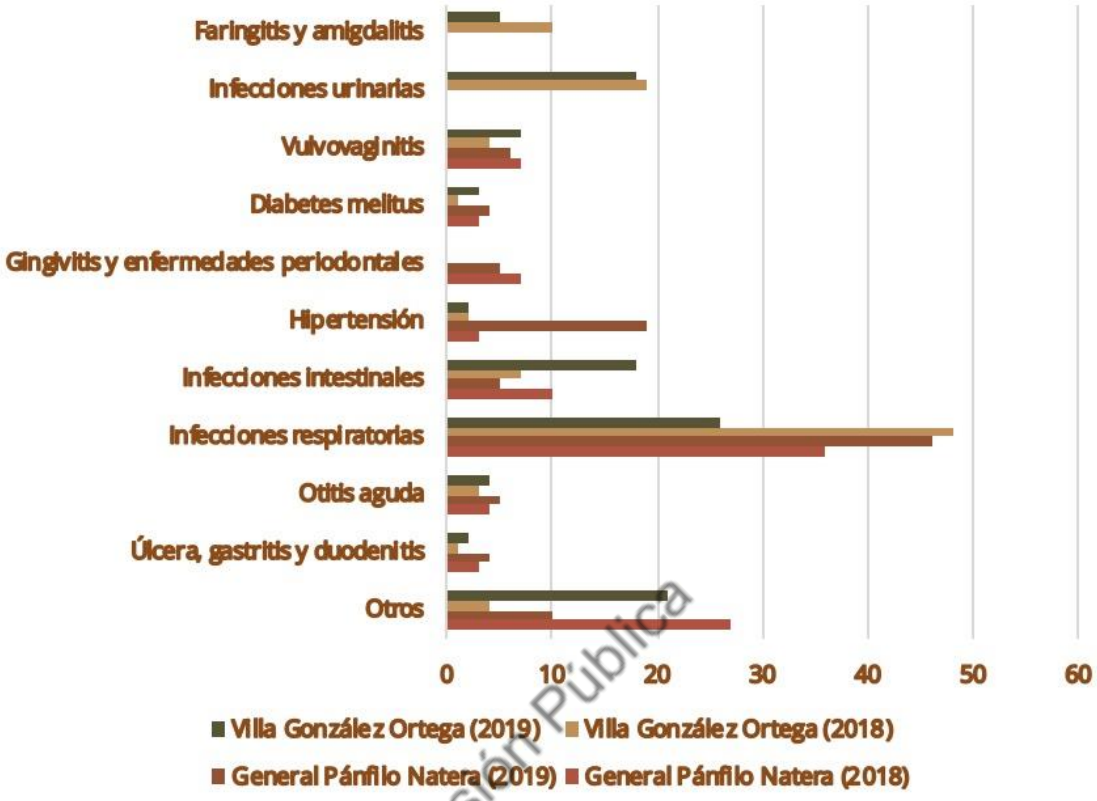
Fuente: Elaboración propia, con información disponible publicada por la Secretaría de Salud de Zacatecas y del CENSO INEGI, 2020.

Figura IV.122 Porcentajes de derechohabiencia de la población dentro del Sistema Ambiental Regional, el Área de Influencia Social, el Estado de Zacatecas y el país.

Se realizó la consulta para conocer las enfermedades más frecuentes en la población del SAR, los datos obtenidos son del Centro de Salud de la jurisdicción del Municipio General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. Los resultados de la consulta arrojaron datos del periodo del año 2018 y del año 2019.

Para el periodo 2018, las enfermedades más frecuentes en mujeres fueron las infecciones respiratorias agudas, infecciones intestinales, así como infecciones bucales y vulvovaginales (**Figura IV.123**).

En el caso de los hombres, las enfermedades más frecuentes para el mismo periodo fueron las infecciones respiratorias agudas, las infecciones intestinales, la gingivitis y enfermedades periodontales (**Figura IV.124**).



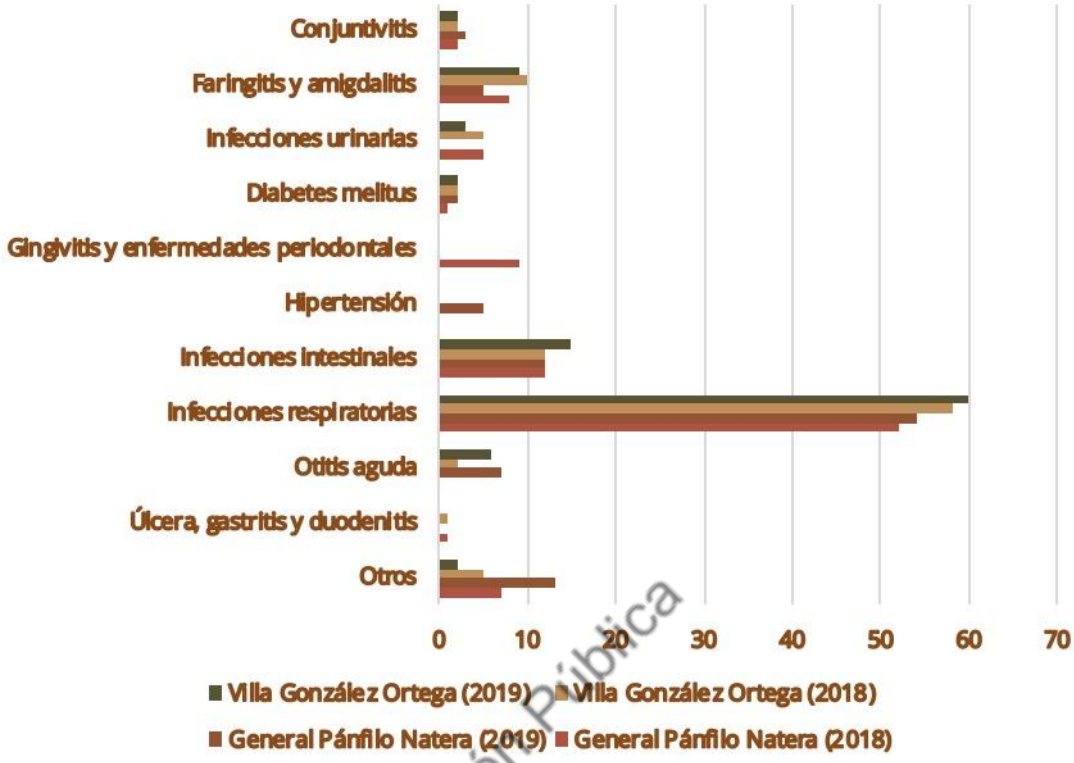
Versión Pública

Fuente: Elaboración propia basado en el Informe Médico Anual de los Centros de Salud de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega, 2018 y 2019.

Figura IV.123 Enfermedades más frecuentes registradas en mujeres en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega.

Como se observa en ambos casos, las enfermedades más frecuentes, en ambos sexos en el año 2018 fueron las infecciones respiratorias agudas, las gastrointestinales y las bucales. También se identifican casos de diabetes e hipertensión, en donde ambos casos la incidencia es mayor en mujeres. Los datos del año 2019 para mujeres tienen variación, aunque las infecciones respiratorias continúan siendo la principal afección, se observa que hubo un despunte de los casos de hipertensión arterial y una disminución en caso de enfermedades intestinales.

Como en el caso de las mujeres, las infecciones respiratorias continúan siendo la principal enfermedad, respecto a los hombres durante los primeros seis meses del 2019. En comparación con el año anterior, las infecciones gastrointestinales tienen un comportamiento similar. La diferencia entre ambos años es que las enfermedades bucales en los hombres disminuyeron al punto en que no son representativas para el año 2019.



Fuente: Elaboración propia basado en el Informe Médico de los Centros de Salud de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega, 2018 y 2019.

Figura IV.124 Enfermedades más frecuentes registradas en hombres en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega.

Versión Pública

En el Municipio de Villa González Ortega, las mujeres acudieron al servicio médico principalmente por infecciones respiratorias, intestinales y de las vías urinarias. Los hombres también acudieron al servicio médico principalmente por infecciones respiratorias, intestinales y por faringitis y amigdalitis. En el periodo comprendido en 2019, la población femenina ha presentado afectaciones a su salud por problemas respiratorios, infecciones intestinales, infección de las vías urinarias, así como faringitis y amigdalitis. Los hombres en el mismo periodo también fueron afectados por las infecciones respiratorias e intestinales. En aspectos relacionados con la salud enfermedad, la población encuestada reconoce enfermedades en la población, se obtuvieron los siguientes resultados. Las enfermedades identificadas durante la fase de trabajo de campo, que aquejan a la población son: diabetes, cáncer, hipertensión, enfermedades respiratorias y estomacales, adicciones y obesidad. Además, se mencionaron otras enfermedades tales como: Anemia, VIH, enfermedades de transmisión sexual, enfermedades transmitidas por mosquitos y picaduras de alacrán. La tabla con los datos obtenidos relacionados con las enfermedades se muestra a continuación en el **Cuadro IV.95**.

Cuadro IV.95 Enfermedades en la localidad según percepción social.

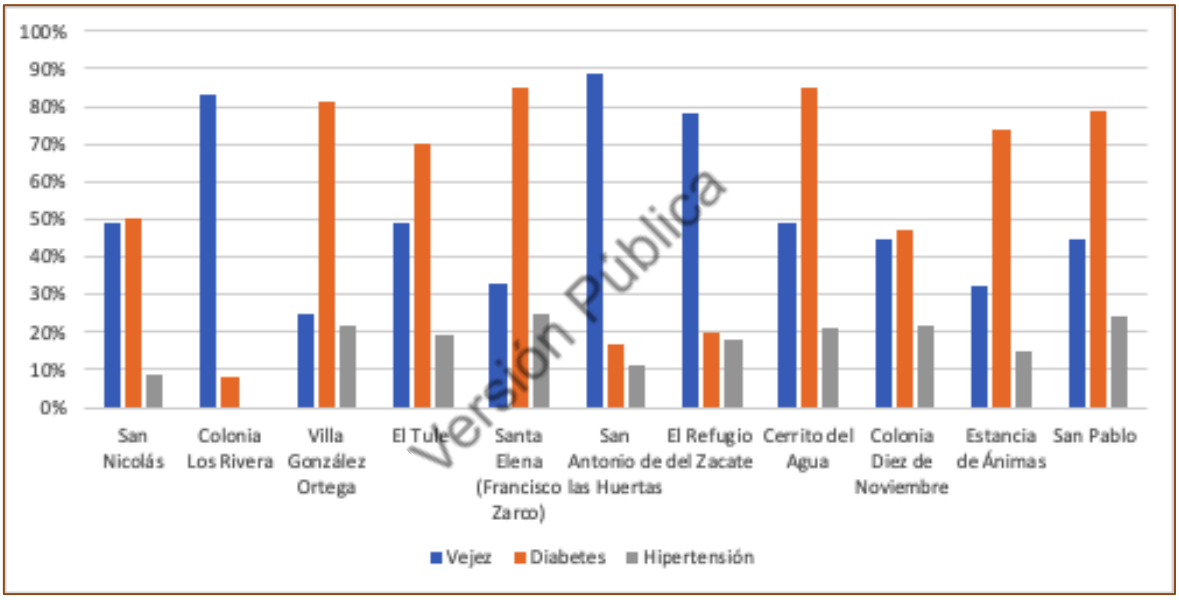
Localidad	Diabetes	Cáncer	Hipertensión	Enfermedades de transmisión sexual	Adicciones (drogadicción y/o alcoholismo)	Enfermedades transmitidas por mosquitos	Anemia	Obesidad	Enfermedades respiratorias	Enfermedades estomacales	VIH	Picadura de alacrán
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	85%	70%	72%	5%	51%	2%	22%	33%	69%	66%	0%	4%
Colonia los Rivera / Colonia Aguiña	33%	0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	58%	0%	8%
Villa González Ortega	97%	81%	92%	8%	56%	3%	20%	47%	78%	68%	8%	5%
El Tule / San Rafael	98%	92%	98%	2%	58%	0%	28%	53%	83%	81%	2%	8%
Santa Elena (Francisco Zarco)	100%	70%	100%	3%	67%	3%	32%	48%	88%	88%	2%	2%
El Refugio del Zacate	95%	28%	90%	3%	43%	0%	15%	40%	63%	40%	5%	3%
San Antonio de las Huertas / San Martín	94%	6%	94%	0%	11%	0%	0%	33%	50%	62%	0%	6%
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	92%	14%	90%	0%	49%	0%	33%	22%	71%	63%	4%	27%
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	92%	73%	87%	5%	58%	2%	15%	47%	76%	77%	3%	0%

Fuente: Elaboración propia basada en la información obtenida en campo para la línea de base social (2019).

Versión Pública

Mortalidad

La población entrevistada identificó las principales causas de mortalidad, a través de las encuestas y el diálogo aplicado, estas son: diabetes, vejez e hipertensión. Como se puede observar en la siguiente **Figura IV.125**, la vejez es la principal causa de mortalidad en las localidades San Antonio de las Huertas (89%), El refugio del Zacate (78%), Colonia los Rivera (83%), las localidades que reconocen a la diabetes como principal causa de mortalidad son: Santa Elena (85%), Cerrito del agua (85%), Villa González Ortega (81%), San Pablo (79%), Estancia de Ánimas (74%), El Tule (70%), San Nicolás (50%) y Colonia Diez de noviembre (47%). Aunque la hipertensión no se identificó como un padecimiento principal de mortalidad, sí se mencionó en todas las localidades.



Fuente: Elaboración propia basada en la información obtenida en campo para la línea de base social (2019).

Figura IV.125 Mortalidad en localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.

De acuerdo con los resultados de las encuestas aplicadas durante la realización del estudio de línea de base social, se identificó en menor medida otras causas de mortalidad en la población, principalmente a causa de cáncer, infartos, y por accidentes automovilísticos (**Cuadro IV.96**).

Cuadro IV.96 Mortalidad de la población en el Área de Influencia Social.

Localidad	Vejez	Diabetes	Hipertensión	Cáncer	Accidentes	Infarto
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	49%	50%	9%	23%	22%	14%
Colonia Los Rivera (El Palmarejo)	83%	8%	8%	0%	8%	0%
Villa González Ortega	25%	81%	22%	49%	22%	0%
El Tule / San Rafael	49%	70%	19%	0%	23%	25%
El Refugio del Zacate	78%	20%	18%	10%	3%	30%
San Antonio de las Huertas	89%	17%	11%	0%	22%	0%
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	45%	47%	22%	6%	4%	29%
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	32%	74%	15%	48%	18%	0%
Santa Elena (Francisco Zarco)	33%	85%	25%	47%	25%	0%

Fuente: Elaboración propia basada en la información obtenida en campo para la línea de base social (2019).

Versión Pública

Deporte y recreación

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega, es decir la cabecera municipal del mismo nombre, los espacios destinados para la recreación y el deporte, existentes en el municipio consisten en: un jardín principal, ubicado en la cabecera municipal, 4 jardines ubicados en diversos puntos de la cabecera municipal, un lienzo charro, una biblioteca, un centro cultural y un auditorio municipal.

Además, existen diversos espacios deportivos, tanto en la cabecera municipal, como en las diversas comunidades principales del municipio, estos son: 1 Unidad Deportiva que cuenta con tres campos de futbol, 3 campos de basquetbol, un campo de béisbol y áreas diversas. También, existe un campo de futbol rápido, un campo de frontón y un campo de básquetbol.

En el Municipio de General Pánfilo Natera, de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de esa demarcación municipal, existe una Unidad Deportiva, la cual se conforma de 3 canchas de basquetbol y una cancha de futbol. Además, existen 2 canchas de basquetbol, un campo de béisbol y un campo de futbol.

Además, la infraestructura existente para la recreación, en el Municipio de General Pánfilo Natera consiste fundamentalmente en una plaza principal y un jardín urbano.

Particularmente, dentro del AI del Proyecto existen diversas instalaciones de carácter deportivo, tal como se describe en el **Cuadro IV.97**.

Cuadro IV.97 Infraestructura para la recreación y deporte en el Área de Influencia.

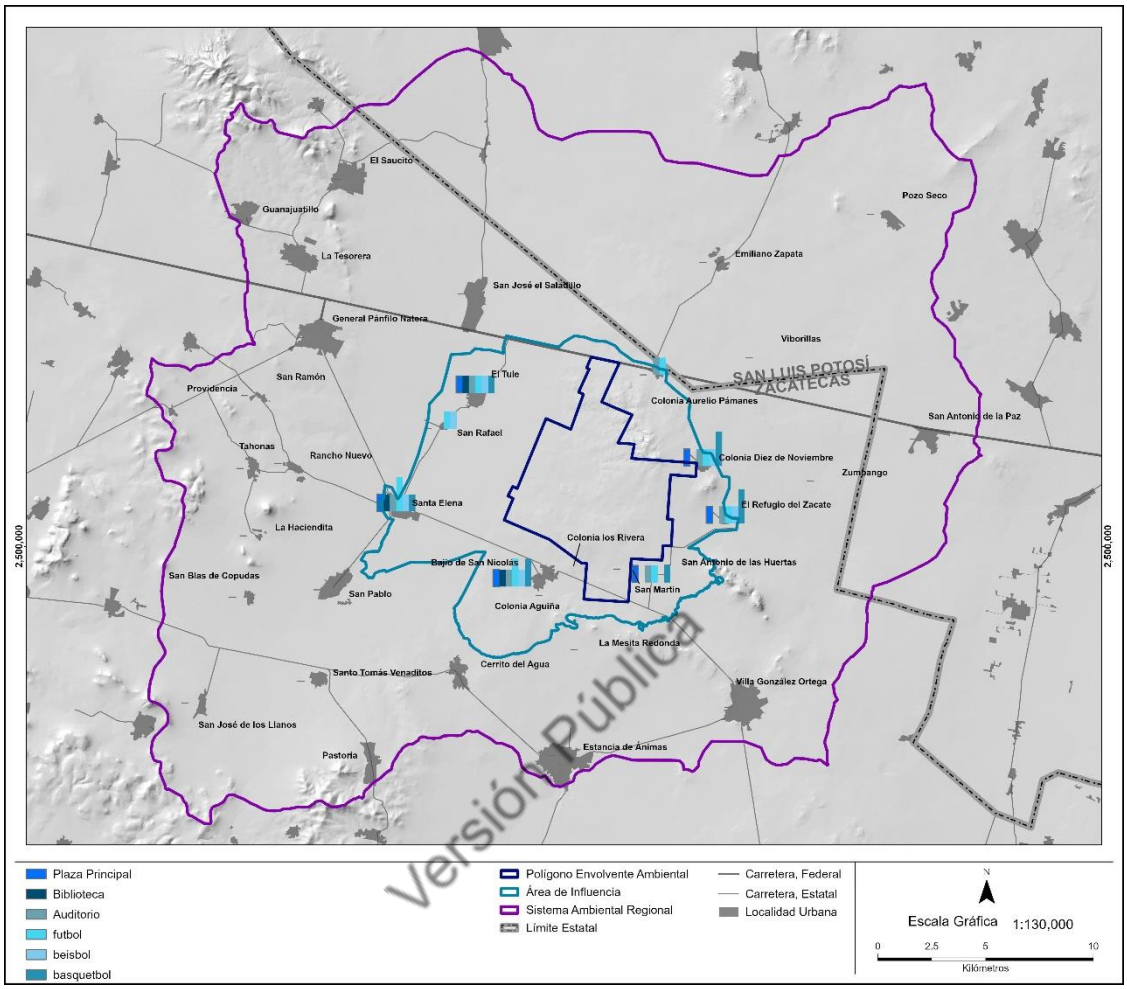
Localidad	Plaza principal	Biblioteca	Auditorio o salón comunitario	Campo de futbol	Campo de béisbol	Campo de basquetbol
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1	1	1	3	1	2
Colonia Aguiña	0	0	0	0	0	0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	0	0	1	1	0	0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	1	0	1	1	1	2
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	0	0	0	0	0	0
El Refugio del Zacate	1	0	1	1	1	2
El Tule	1	1	1	1	1	1
San Antonio de las Huertas	1	0	1	1	0	1
San Martín	0	0	0	0	0	0
San Rafael	0	0	0	1	1	0
Santa Elena (Francisco Zarco)	1	1	1	2	1	1
Total	**6**	**3**	**7**	**11**	**6**	**9**

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia con base en la información obtenida en campo, 2020.

En el Área de Influencia Social existe un total de 42 instalaciones de infraestructura para la recreación y el deporte. Destacan los campos de futbol, siendo un total de 11 distribuidos en las diferentes localidades, le siguen los campos de basquetbol, con un total de 9, y posteriormente los salones o centros comunitarios, siendo 7 de ellos (para una representación cartográfica de la información véase la **Figura IV.126**).

La localidad que cuenta con más espacios para la recreación y el deporte es Bajío de San Nicolás (San Nicolás) con un total de 9, contrastando con San Martín y la Colonia Aguiña, que no cuentan con ningún tipo de infraestructura para el esparcimiento.



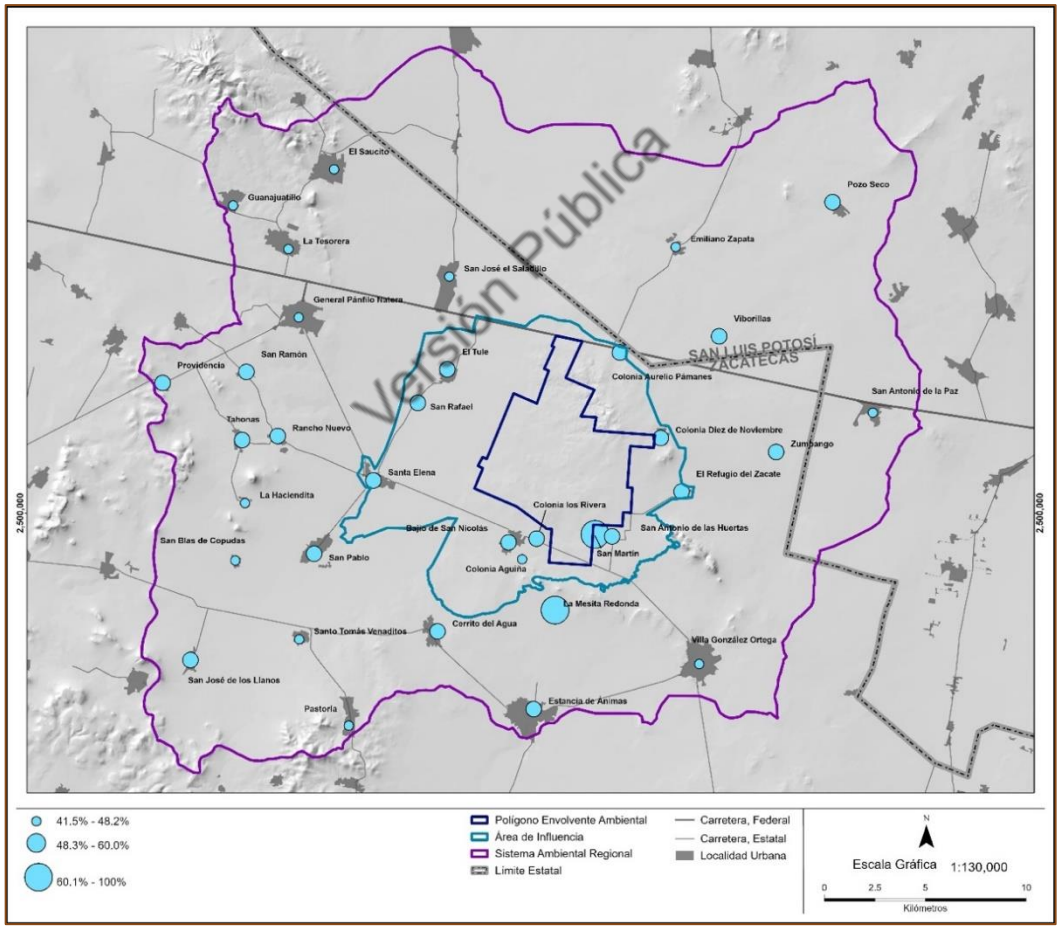
Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social recabada en campo, 2020.

Figura IV.126 Distribución de la infraestructura para la recreación y el deporte en el Área de Influencia.

Grupos en situación de vulnerabilidad

Los grupos en situación de vulnerabilidad están conformados por sectores de la población que, debido a sus condiciones sociales, económicas, culturales, físicas o psicológicas, pueden sufrir maltratos contra sus derechos humanos. Como parte de este análisis, para la delimitación de la población en situación de vulnerabilidad dentro del SAR y el AIS, se consideró a los siguientes grupos: población con limitación en la actividad, población infantil, población adulta mayor, población indígena y mujeres.

En el SAR la población considerada en situación de vulnerabilidad De acuerdo con el criterio establecido previamente, está conformada por el total de la población infantil, la población adulta mayor (65 años y más), las personas con discapacidad y la población en hogares indígenas, en su conjunto representa un total de 18,233 personas, lo que equivale al 47.46% del total de la población. De este total, la población considerada en situación de vulnerabilidad, dentro del AI, corresponde a 3,434 personas, lo que equivale al 51.84% de la población ubicada dentro del AI. En el **Cuadro IV.98** y en la **Figura IV.127** se muestra detalladamente la distribución de la población vulnerable por localidad en el AIS y en el SAR. De acuerdo con la información presentada, destacan pequeños centros de población tales como Mesita Redonda, San Martín y Colonia Los Rivera (El Palmarejo), debido a que aún al contar con poca población, sus porcentajes de personas en situación de vulnerabilidad se ubica en o por encima del 60% del total de su población.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.127 Distribución de la población vulnerable de acuerdo a porcentaje en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional.

Cuadro IV.98 Población en situación de vulnerabilidad en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Población de 0 a 14 años	Población de 65 y más años	Total de población en hogares indígenas	Total de población con discapacidad	Total población vulnerable	%
AI	**6,624**	**2,367**	**562**	**7**	**498**	**3,434**	**51.84**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	699	93	0	106	898	54.76
Colonia Aguiña	13	3	2	0	1	6	46.15
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	132	12	0	12	156	53.98
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	264	45	0	45	354	52.06
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	29	7	0	6	42	60.00
El Refugio del Zacate	306	87	38	0	33	158	51.63
El Tule	1,460	448	137	0	145	730	50.00
San Antonio de las Huertas	109	29	12	0	13	54	49.54
San Martín	4	0	1	0	3	4	100.00
San Rafael	171	64	14	0	8	86	50.29
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	612	201	7	126	946	50.27
SAR	**31,792**	**9,604**	**2,917**	**7**	**2,271**	**14,799**	**46.55**
Cerrito del Agua	1,281	436	101	0	119	656	51.21
El Saucito (El Horno)	3,370	962	303	3	291	1,559	46.26
Emiliano Zapata	369	128	26	0	24	178	48.24
Estancia de Ánimas	2,598	751	355	3	205	1,314	50.58
General Pánfilo Natera	4,894	1,404	368	0	293	2,065	42.19
Guanajuatillo	1,109	294	105	0	98	497	44.82
La Haciendita	132	33	18	0	5	56	42.42
La Mesita Redonda	5	0	3	0	2	5	100.00
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	540	145	0	74	759	48.07
Pastoría	1,133	320	122	0	66	508	44.84
Pozo Seco	251	87	23	0	40	150	59.76
Providencia	250	95	12	0	18	125	50.00
Rancho Nuevo	892	257	95	0	110	462	51.79

Versión Pública

Cuadro IV.98 Población en situación de vulnerabilidad en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Población de 0 a 14 años	Población de 65 y más años	Total de población en hogares indígenas	Total de población con discapacidad	Total población vulnerable	%
San Antonio de la Paz	207	49	28	0	9	86	41.55
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	75	36	0	9	120	46.51
San José de los Llanos	407	152	37	0	15	204	50.12
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	877	284	0	178	1,339	45.25
San Pablo	1,597	468	211	0	178	857	53.66
San Ramón	643	226	39	0	52	317	49.30
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	275	47	0	13	335	42.09
Tahonas	297	100	23	0	22	145	48.82
Viborillas	103	31	9	0	13	53	51.46
Villa González Ortega	6,611	2,035	516	1	429	2,981	45.09
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	9	11	0	8	28	54.90
Total	**38,416**	**11,971**	**3479**	**14**	**2,769**	**18,233**	**47.46**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

De acuerdo con el censo de INEGI (2020), existe un total de 2,769 personas con alguna limitación para realizar sus actividades dentro del SAR, lo que representa un 7.21% del total de población del área de estudio. Las principales limitaciones de la población están relacionadas con la discapacidad motriz y la discapacidad visual, sin embargo, existen también personas que viven con discapacidad lingüística, auditiva y mental (**Cuadro IV.99**). En la **Figura IV.128** es posible observar la distribución de la población con algún tipo de discapacidad motriz, visual, lingüística, auditiva y mental en el SAR y el AI. Particularmente es destacable que el número de personas con discapacidad se distribuye de la siguiente manera: motriz (1,446), visual (1,058) son las principales condiciones existentes en el SAR, seguidas de la discapacidad auditiva (461), mental (438) y lingüística (412). En México, debido a la existencia histórica de un paradigma sustentado en la sobrevalorización cultural del género masculino respecto del femenino, así como por el constante escenario de abusos y violaciones a los derechos humanos de las mujeres, ellas son consideradas un sector vulnerable de la población. En este sentido, la población femenina representa el 51.9% del total de población del SAR. Del total de mujeres existentes dentro del SAR y el AI, estas se distribuyen de la siguiente manera, tal como puede observarse en el **Cuadro IV.100**.

Cuadro IV.99 Población con alguna discapacidad en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Personas con discapacidad motriz	Personas con discapacidad visual	Personas con discapacidad lingüística	Personas con discapacidad auditiva	Personas con discapacidad mental
AI	**6,624**	**256**	**192**	**85**	**95**	**83**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	70	20	27	10	22
Colonia Aguiña	13	0	0	1	0	0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	5	10	2	2	2
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	12	27	7	12	2
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	3	3	2	2	2
El Refugio del Zacate	306	10	15	3	10	4
El Tule	1,460	85	70	22	31	25
San Antonio de las Huertas	109	4	7	0	3	1
San Martín	4	1	2	0	1	1
San Rafael	171	5	2	3	1	1
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	61	36	18	23	23
SAR	**31,792**	**1,190**	**866**	**327**	**366**	**355**
Cerrito del Agua	1,281	58	66	16	24	13
El Saucito (El Horno)	3,370	162	112	24	44	50
Emiliano Zapata	369	19	2	2	3	4
Estancia de Ánimas	2,598	115	74	29	38	31
General Pánfilo Natera	4,894	146	87	79	34	50
Guanajuatillo	1,109	51	41	13	21	19

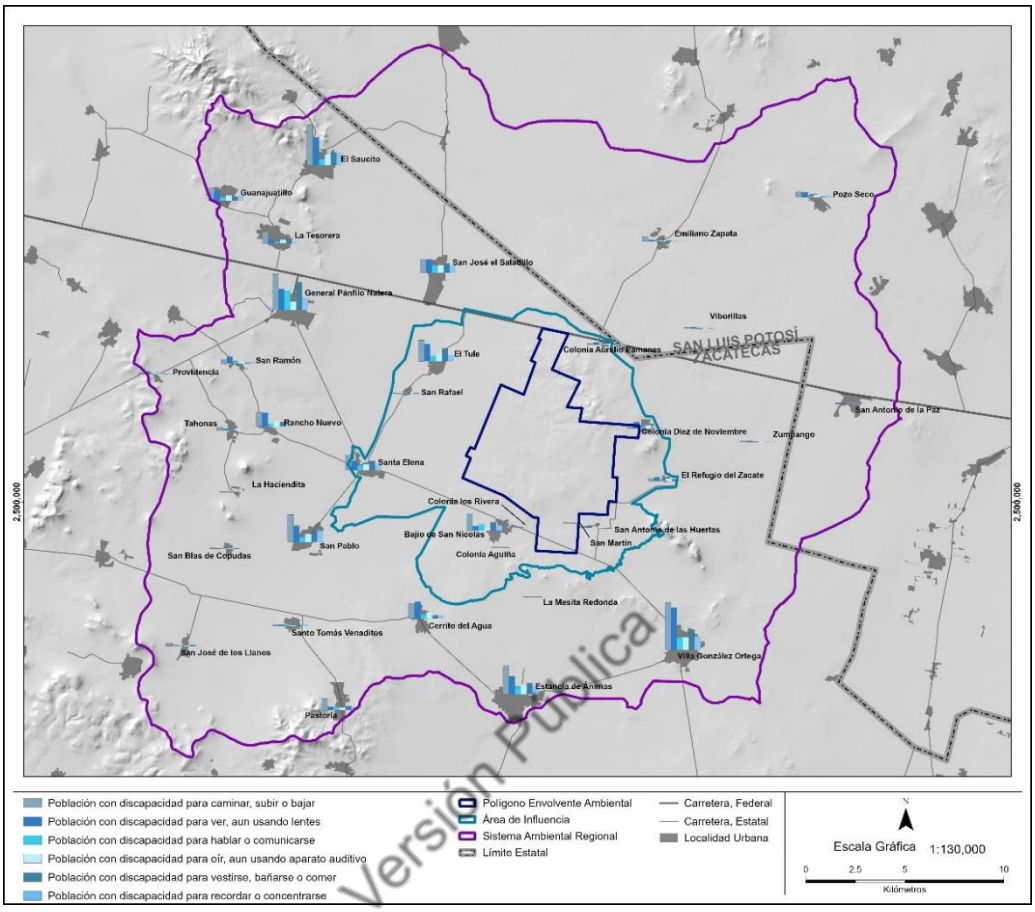
Versión Pública

Cuadro IV.99 Población con alguna discapacidad en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Personas con discapacidad motriz	Personas con discapacidad visual	Personas con discapacidad lingüística	Personas con discapacidad auditiva	Personas con discapacidad mental
La Haciendita	132	1	1	1	4	0
La Mesita Redonda	5	1	1	0	0	0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	47	17	6	14	6
Pastoría	1,133	48	14	13	12	15
Pozo Seco	251	21	21	4	9	8
Providencia	250	4	11	4	2	3
Rancho Nuevo	892	59	57	11	23	6
San Antonio de la Paz	207	4	2	3	1	3
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	6	0	2	1	0
San José de los Llanos	407	11	0	3	3	2
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	91	67	28	30	29
San Pablo	1,597	110	66	19	32	45
San Ramón	643	18	30	9	8	8
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	6	5	7	3	5
Tahonas	297	12	8	2	7	1
Viborillas	103	6	8	1	0	0
Villa González Ortega	6,611	190	171	51	51	56
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	4	5	0	2	1
Total	**38,416**	**1,446**	**1,058**	**412**	**461**	**438**

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.128 Distribución de la población con algún tipo de discapacidad para ver, caminar, hablar, oír, vestirse o recordar, en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Cuadro IV.100 Mujeres en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia Social.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Población femenina de 0 a 14 años	Población femenina de 15 años y más	Total de población femenina	%
AI	**6,624**	**1,184**	**2,339**	**3,523**	**53.19**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	339	520	859	52.38
Colonia Aguiña	13	1	5	6	46.15
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	69	88	157	54.33
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	135	260	395	58.09

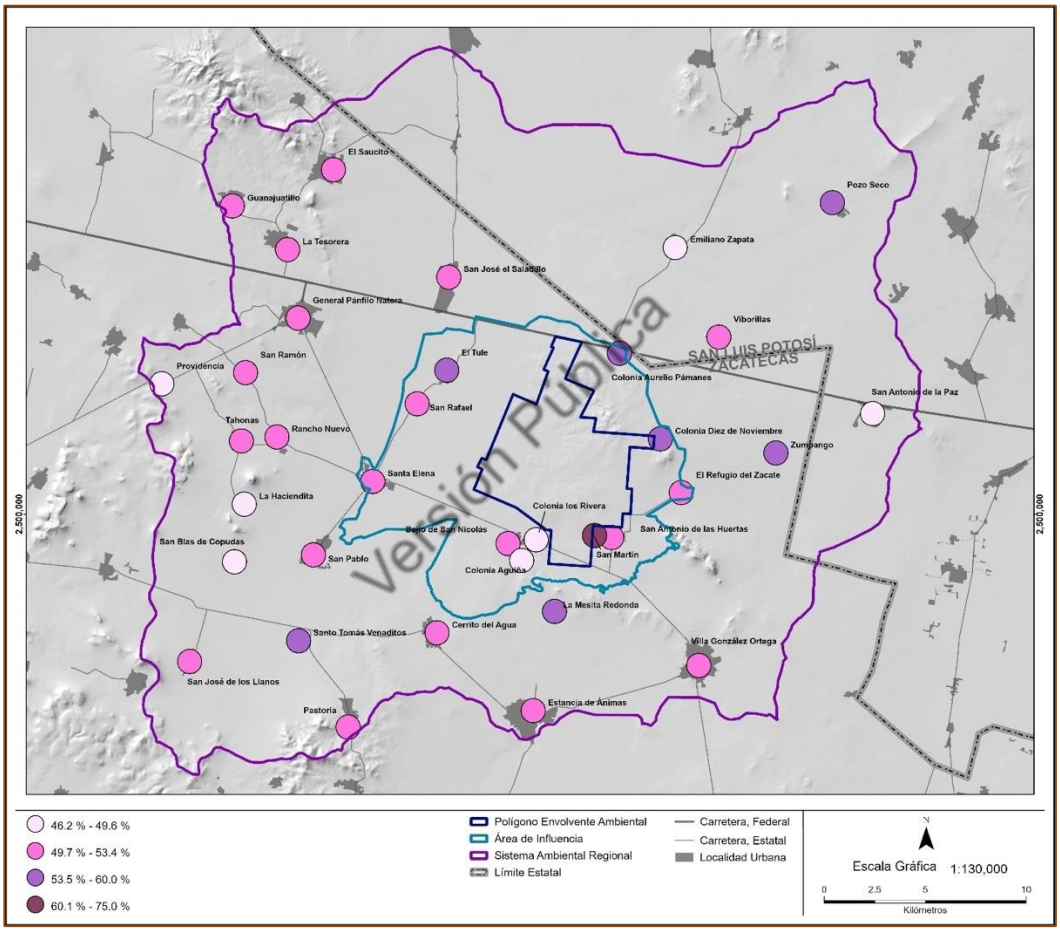
Cuadro IV.100 Mujeres en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia Social.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población total	Población femenina de 0 a 14 años	Población femenina de 15 años y más	Total de población femenina	%
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	11	22	33	47.14
El Refugio del Zacate	306	40	115	155	50.65
El Tule	1,460	231	568	799	54.73
San Antonio de las Huertas	109	12	45	57	52.29
San Martín	4	0	3	3	75.00
San Rafael	171	33	58	91	53.22
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	313	655	968	51.43
SAR	**31,792**	**4,751**	**11,659**	**16,410**	**51.62**
Cerrito del Agua	1,281	229	446	675	52.69
El Saucito (El Horno)	3,370	460	1,224	1,684	49.97
Emiliano Zapata	369	60	123	183	49.59
Estancia de Ánimas	2,598	364	1,014	1,378	53.04
General Pánfilo Natera	4,894	697	1,817	2,514	51.37
Guanajuatillo	1,109	146	416	562	50.68
La Haciendita	132	13	51	64	48.48
La Mesita Redonda	5	0	3	3	60.00
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	286	548	834	52.82
Pastoría	1,133	143	454	597	52.69
Pozo Seco	251	49	97	146	58.17
Providencia	250	40	77	117	46.80
Rancho Nuevo	892	130	334	464	52.02
San Antonio de la Paz	207	24	76	100	48.31
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	46	81	127	49.22
San José de los Llanos	407	73	132	205	50.37
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	450	1,062	1,512	51.10
San Pablo	1,597	224	580	804	50.34
San Ramón	643	105	222	327	50.86
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	141	295	436	54.77
Tahonas	297	47	110	157	52.86
Viborillas	103	15	40	55	53.40
Villa González Ortega	6,611	1,004	2,434	3,438	52.00
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	5	23	28	54.90
Total	**38,416**	**5,935**	**13,998**	**19,933**	**51.89**

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

La población de mujeres en el AI corresponde al 53.19% del total de la población de esa misma área, mientras que, para el SAR, la población de mujeres corresponde al 51.62% del total. Particularmente puede observarse en el mapa de la **Figura IV.129,** aquellas localidades ubicadas en el AI, en donde su población de mujeres es superior al 53.5% del total, destacándose los centros de población de El Tule, San Rafael, Santa Elena (Francisco Zarco), Bajío de San Nicolás (San Nicolás), San Martín, San Antonio de las Huertas, Refugio del Zacate, Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro), Colonia Diez de Noviembre (El Campamento).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.129 Distribución de la población de mujeres por porcentaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Migración

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) define migración como el desplazamiento de personas que cambian su residencia habitual desde una ciudad político-administrativa hacia otra, dentro de un mismo país o fuera de éste, en un periodo de tiempo determinado. En el caso del SAR, del total de la población, se estima que el 92% ha nacido dentro de este, mientras que el 8% restante es proveniente de otros municipios y estados de la República Mexicana. Específicamente, para el caso del AI, la población nacida en la entidad corresponde al 94%.

El Estado de Zacatecas es considerado una región con una profunda tradición sustentada en la emigración internacional y detalladamente estudiada. De acuerdo con diversos estudios, la entidad ocupa uno los primeros lugares a nivel nacional en este rubro, y aunque no se tienen datos precisos dentro del SAR, de acuerdo con diversos hallazgos y fuentes consultadas, las tendencias están alineadas con el fenómeno ocurrido en el estado.

La migración es un fenómeno social que ha mantenido una tendencia de constante crecimiento a lo largo del tiempo, y particularmente en las últimas décadas. Aun cuando este fenómeno ha sido estudiado sistemáticamente desde diversos ámbitos del conocimiento, y cada vez se comprende de una manera más compleja e integral, aún es necesario seguir creciendo en dicho conocimiento. México es un país de una larga tradición migratoria. Tan solo después de la India, México es uno de los países con el mayor número de población emigrante en el mundo. La mayoría de la población migratoria mexicana radica en los Estados Unidos (12.3 millones). El número se incrementa al considerar los mexicanos de segunda y tercera generación de dicha ola migratoria (38.5 millones).

Versión Pública

De acuerdo con las cifras publicadas por el Anuario de Migración y Remesas México 2019, publicado por la Secretaría de Gobernación a través del Consejo Nacional de Población y la Fundación BBVA (2019), en el año 2018, el país recibió en forma de remesas un total de 33.5 mil millones de dólares americanos. Esto representó un crecimiento de 10.5% de la tasa anual.

De acuerdo con la proyección del flujo de emigración de población en el año 2020, un total de 314,423 mexicanos emigraron a los Estados Unidos. De este universo total de emigrantes a los Estados Unidos, San Luis Potosí aportó 10,565, y Zacatecas proporcionó 9,105 personas.

Específicamente, tomando como fuente el registro de matrículas consulares, para el año 2017, se tenían registradas 827 mil matrículas, a partir de ahí, según el Anuario de Migración y Remesas, se contaba con 29,897 registros de personas de origen zacatecano.

De acuerdo con los registros matriculares, del total de las 29,897 personas de origen Zacatecano, que radican en los Estados Unidos, los porcentajes de población se distribuyen de la siguiente manera:

- Fresnillo (11%)
- Río Grande (7%)
- Valparaíso (5%)
- Sombrerete (5%)
- Jerez (5%)

Los principales estados de interés para radicar en los Estados Unidos son Texas (30.8%), California (24.8%), Illinois (9.5%), Colorado (5.1%) y Oklahoma (2.8%).

Respecto de la distribución de las remesas, para el año 2018, se registró un total de 33,470 millones de dólares, siendo siete estados los que captaron prácticamente la mitad de los recursos, estos fueron: Michoacán, Jalisco, Guanajuato, México, Jalisco, Oaxaca, Puebla y Guerrero. El Estado de Zacatecas se ubicó en la posición número 11 de captación de remesas con la cantidad de 1,091 millones de dólares, detrás de San Luis Potosí, en el décimo lugar (1,235 millones de dólares).

Versión Pública

Finalmente, respecto de la dependencia de las remesas en relación con el producto interno bruto de cada entidad federativa, Zacatecas se ubicó en el tercer lugar de dependencia, con el 10.0% de su economía dependiente de las remesas. Solo detrás de Michoacán (11.4%) y Oaxaca (10.1%).

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) publica el Índice Absoluto de Intensidad Migratoria. De acuerdo con las cifras del decenio 2010, el Estado de Zacatecas se ubica en el lugar número 1 en el contexto nacional, categorizado en el grado absoluto de intensidad migratoria como muy alto. Esto se establece a partir del número total de viviendas en la entidad (377,293) y el porcentaje de viviendas que reciben remesas, equivalente a 11.04%, siendo el promedio nacional del 3.63% (**Cuadro IV.101**).

Cuadro IV.101 Índice absoluto y grado de intensidad migratoria 2010.

Entidad federativa y municipios dentro del Sistema Ambiental Regional	IAIM 2010	Grado absoluto de intensidad migratoria	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Zacatecas	**5.85**	**Muy alto**	**-**	**1**
General Pánfilo Natera	7.30	Alto	32	384

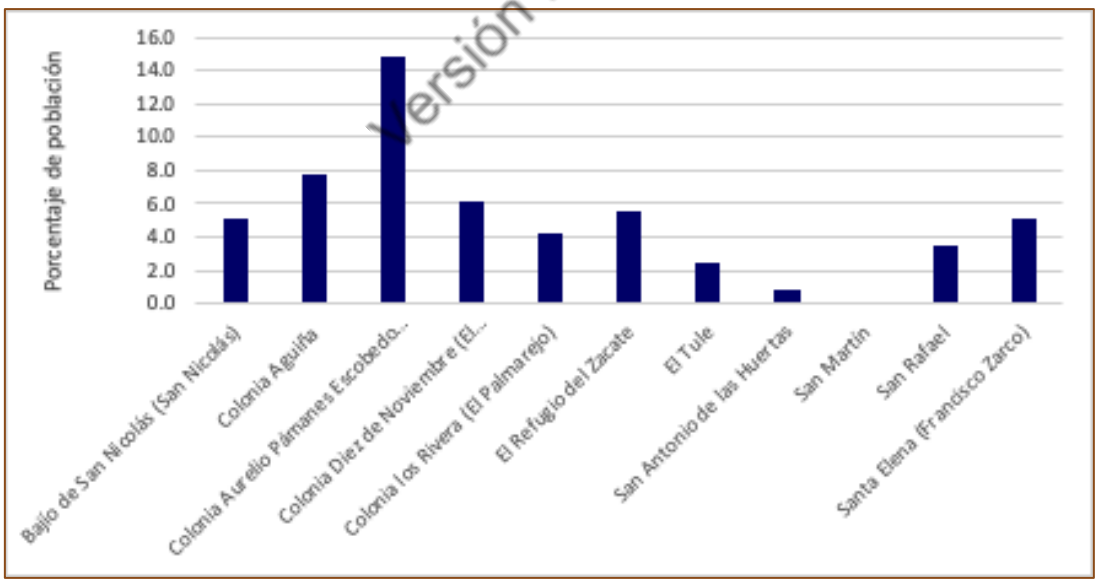
Cuadro IV.101 Índice absoluto y grado de intensidad migratoria 2010.

Entidad federativa y municipios dentro del Sistema Ambiental Regional	IAIM 2010	Grado absoluto de intensidad migratoria	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Ojocaliente	5.70	Medio	39	573
Villa González Ortega	9.53	Alto	21	186
San Luis Potosí	**3.53**	**Alto**	**-**	**6**
Salinas	10.47	Muy alto	8	139
Villa de Ramos	7.70	Alto	15	343

Fuente: Elaboración propia basada en el índice Absoluto de Intensidad Migratoria México – Estados Unidos 2000, 2010, publicado por el Observatorio de Migración Internacional de la Secretaría de Gobernación.

De acuerdo con la información disponible, en el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020), el porcentaje de migración en el AI es del 5%, mostrando una variedad de tendencias por comunidad, de acuerdo con la **Figura IV.130**. Podemos identificar que, la comunidad con mayor porcentaje de población nacida en otra entidad es Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (15%), seguida de la Colonia Aguiña (8%). Frente a ello, las comunidades con menor población nacida en otra entidad son San Martin (0%) y San Antonio de las Huertas (1%) (**Cuadro IV.102**).

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia, a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.130 Porcentaje de población nacida en otra entidad por comunidad en el Área de Influencia.

Cuadro IV.102 Población nacida en el Estado de Zacatecas y fuera de la entidad en el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población femenina nacida en la entidad	Población masculina nacida en la entidad	Total de la población nacida en la entidad	Población femenina nacida en otra entidad	Población masculina nacida en otra entidad	Total de la población nacida en otra entidad
AI	**3,300**	**2,945**	**6,245**	**200**	**132**	**332**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	810	740	1,550	48	37	85
Colonia Aguiña	6	6	12	0	1	1
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	132	114	246	25	18	43
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	365	273	638	30	12	42
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	30	37	67	3	0	3
El Refugio del Zacate	143	145	288	11	6	17
El Tule	769	636	1,405	23	14	37
San Antonio de las Huertas	56	52	108	1	0	1
San Martín	3	1	4	0	0	0
San Rafael	85	76	161	3	3	6
Santa Elena (Francisco Zarco)	901	865	1,766	56	41	97
SAR	**15,024**	**14,228**	**29,252**	**1,160**	**925**	**2,085**
Cerrito del Agua	630	576	1,206	39	22	61
El Saucito (El Horno)	1,590	1,596	3,186	88	83	171
Emiliano Zapata	71	71	142	109	112	221
Estancia de Ánimas	1,269	1,133	2,402	82	59	141
General Pánfilo Natera	2,297	2203	4,500	171	130	301
Guanajuatillo	540	528	1,068	19	16	35

Versión Pública

Cuadro IV.102 Población nacida en el Estado de Zacatecas y fuera de la entidad en el Sistema Ambiental Regional.

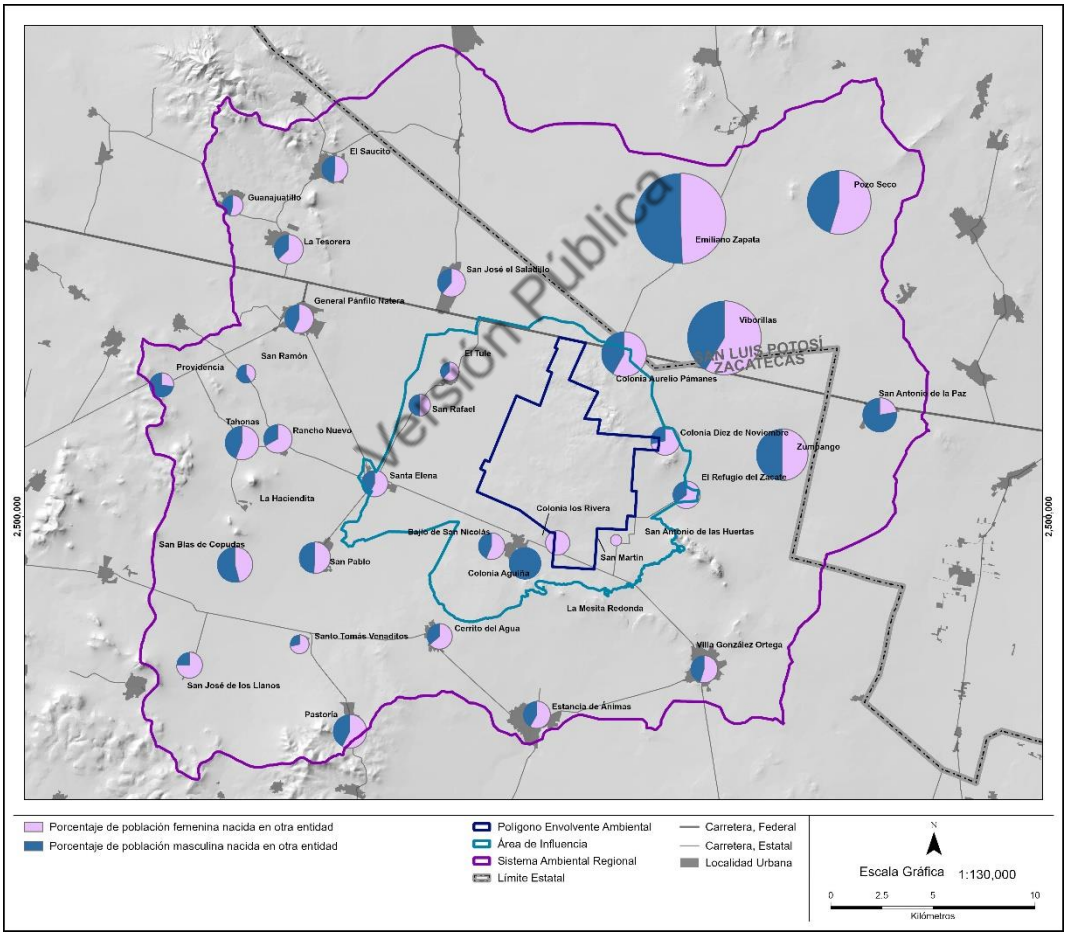
Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Población femenina nacida en la entidad	Población masculina nacida en la entidad	Total de la población nacida en la entidad	Población femenina nacida en otra entidad	Población masculina nacida en otra entidad	Total de la población nacida en otra entidad
La Haciendita	64	67	131	0	0	0
La Mesita Redonda	3	2	5	0	0	0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	766	700	1,466	62	37	99
Pastoría	510	466	976	54	40	94
Pozo Seco	104	70	174	41	34	75
Providencia	113	124	237	3	8	11
Rancho Nuevo	420	406	826	36	18	54
San Antonio de la Paz	92	84	176	4	14	18
San Blas de Copudas (El Tildío)	116	118	234	11	13	24
San José de los Llanos	189	194	383	15	5	20
San José el Saladillo (El Saladillo)	1,384	1,372	2,756	106	67	173
San Pablo	733	716	1449	59	57	116
San Ramón	316	302	618	7	10	17
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	419	349	768	15	6	21
Tahonas	143	128	271	14	11	25
Viborillas	31	31	62	24	17	41
Villa González Ortega	3,201	2,974	6,175	196	161	357
Zumpango (Colonia Hidalgo)	23	18	41	5	5	10
Total	**18,324**	**17,173**	**35,497**	**13,60**	**1,057**	**2,417**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

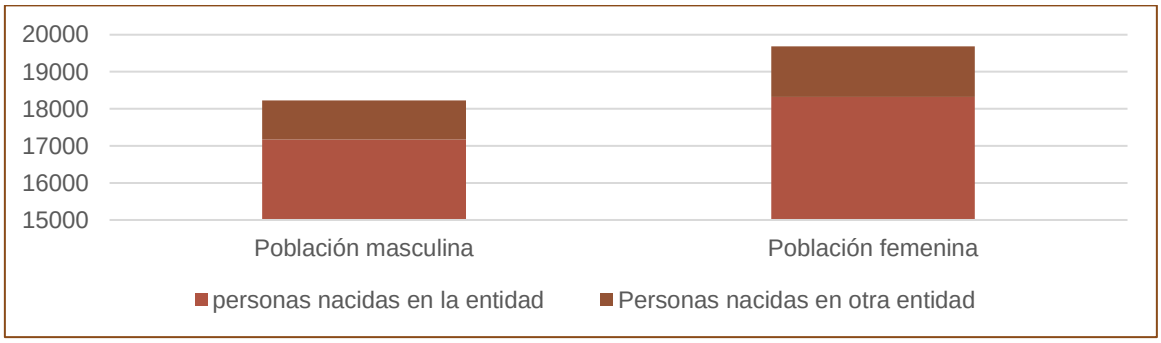
Tanto en el AI como en el SAR, puede observarse que es la población de mujeres el sector que representa el mayor porcentaje de población nacida en otra entidad y que ha emigrado a esta región. Del mismo modo, este porcentaje, aunque al 10% de la población total en ambos casos, representa un patrón que se repite en prácticamente todas las localidades, tal como puede observarse en la **Figura IV.131**.

En lo referente a la movilidad de la población en el SAR y en el AI del Proyecto, es destacable que, se atribuye a la población femenina el mayor porcentaje de población nacida en otra entidad, correspondiente al 3.5% del total de la población. Frente a lo anterior, el porcentaje de población masculina nacida en otra entidad es el 2.8% (**Figura IV.132**).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.131 Porcentaje de población femenina y masculina nacida en otra entidad y radicada en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Figura IV.132 Movilidad de la población en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia.

Agua y saneamiento

De acuerdo con los estudios realizados como parte de la elaboración de la línea de base social, tanto dentro del SAR como en el AIS del Proyecto, la población reconoce diversos niveles de acceso a los siguientes servicios, entre ellos el acceso al agua y al saneamiento, así como a fuentes alternativas de acceso y al agua: el 98% de la población cuenta con agua potable entubada, el 94% de las viviendas tienen acceso a un sistema de drenaje. Además, es importante destacar que el 82% de las viviendas dentro del área de estudio cuentan con un tinaco para depósito y almacenamiento de agua. Además, el 8% del total de las viviendas cuentan con acceso a una noria pública o bien cuenta con noria de traspatio, y finalmente, el 98% de las viviendas tienen acceso a la red de electricidad (**Cuadro IV.103**).

Versión Pública

La diferencia entre el AIS y el SAR, en lo que se refiere a la disponibilidad de agua entubada en los domicilios es únicamente del 1.3%, mientras que el AI cuenta con acceso el 98.5% del total de las viviendas, el SAR cuenta con cobertura del 97.2%.

Dentro del AIS, la comunidad con el menor porcentaje de acceso a agua entubada es San Martín, con el 33% del total de viviendas, esto es 1 de las 3 existentes cuenta con agua entubada. Para el caso del SAR, la localidad con menor porcentaje de viviendas con agua entubada es Zumpango (Colonia Hidalgo) con 84.2%.

Aun cuando el acceso al agua es intermitente, tanto en el AI como en el SAR, únicamente el 73.1% de las viviendas en el AI cuentan con tinaco de almacenamiento para hacer frente a la distribución intermitente, mientras que en el SAR el porcentaje es de 84.2%.

Cuadro IV.103 Disponibilidad de agua entubada, tinaco, letrina y drenaje sanitario en las viviendas dentro del Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Total de viviendas habitadas	Viviendas que disponen de agua entubada	%	Viviendas que disponen de tinaco	%	Viviendas que disponen de letrina	%	Viviendas que disponen de drenaje y sanitario	%
AI	**1,711**	**1,685**	**98.5**	**1,250**	**73.1**	**17**	**1.0**	**1,598**	**93.4**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	397	388	97.7	279	70.3	3	0.8	372	93.7
Colonia Aguiña	4	4	100.0	3	75.0	0	0.0	4	100.0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	67	61	91.0	31	46.3	0	0.0	61	91.0
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	175	175	100.0	114	65.1	1	0.6	156	89.1
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	17	100.0	15	88.2	0	0.0	17	100.0
El Refugio del Zacate	82	81	98.8	53	64.6	3	3.7	74	90.2
El Tule	395	392	99.2	360	91.1	3	0.8	390	98.7
San Antonio de las Huertas	32	32	100.0	27	84.4	0	0.0	31	96.9
San Martín	3	1	33.3	1	33.3	0	0.0	1	33.3
San Rafael	41	41	100.0	30	73.2	0	0.0	40	97.6
Santa Elena (Francisco Zarco)	498	493	99.0	337	67.7	7	1.4	452	90.8
SAR	**8,295**	**8,065**	**97.2**	**6,981**	**84.2**	**142**	**1.7**	**7,836**	**94.5**
Cerrito del Agua	316	316	100.0	261	82.6	6	1.9	296	93.7
El Saucito (El Horno)	877	855	97.5	693	79.0	17	1.9	806	91.9
Emiliano Zapata	77	77	100.0	54	70.1	6	7.8	73	94.8
Estancia de Ánimas	737	719	97.6	661	89.7	3	0.4	703	95.4
General Pánfilo Natera	1,219	1211	99.3	1091	89.5	7	0.6	1,192	97.8
Guanajuatillo	304	300	98.7	259	85.2	11	3.6	276	90.8

Versión Pública

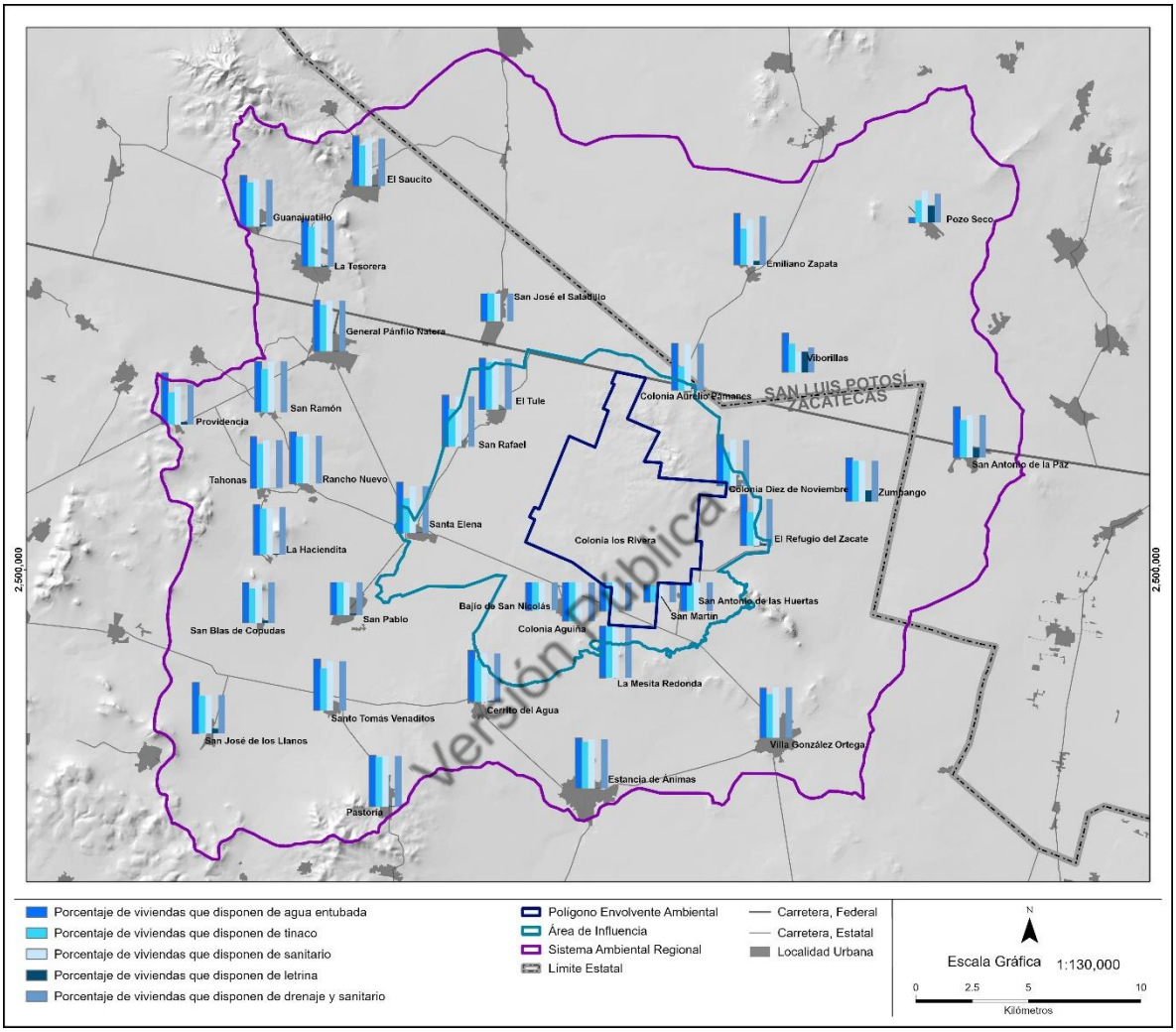
Cuadro IV.103 Disponibilidad de agua entubada, tinaco, letrina y drenaje sanitario en las viviendas dentro del Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.

Localidad por Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional	Total de viviendas habitadas	Viviendas que disponen de agua entubada	%	Viviendas que disponen de tinaco	%	Viviendas que disponen de letrina	%	Viviendas que disponen de drenaje y sanitario	%
La Haciendita	40	39	97.5	36	90.0	1	2.5	37	92.5
La Mesita Redonda	3	3	100.0	3	100.0	0	0.0	3	100.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	389	364	93.6	299	76.9	7	1.8	354	91.0
Pastoría	329	327	99.4	316	96.0	2	0.6	322	97.9
Pozo Seco	69	7	10.1	30	43.5	23	33.3	39	56.5
Providencia	60	60	100.0	37	61.7	3	5.0	46	76.7
Rancho Nuevo	224	224	100.0	204	91.1	1	0.4	209	93.3
San Antonio de la Paz	67	66	98.5	49	73.1	12	17.9	55	82.1
San Blas de Copudas (El Tildío)	72	71	98.6	48	66.7	3	4.2	60	83.3
San José de los Llanos	91	90	98.9	67	73.6	9	9.9	68	74.7
San José el Saladillo (El Saladillo)	768	756	98.4	625	81.4	2	0.3	734	95.6
San Pablo	429	426	99.3	378	88.1	11	2.6	411	95.8
San Ramón	158	155	98.1	133	84.2	0	0.0	155	98.1
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	199	198	99.5	163	81.9	0	0.0	191	96.0
Tahonas	77	77	100.0	66	85.7	1	1.3	72	93.5
Viborillas	25	19	76.0	14	56.0	10	40.0	12	48.0
Villa González Ortega	1,746	1,689	96.7	1479	84.7	3	0.2	1,707	97.8
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	16	84.2	15	78.9	4	21.1	15	78.9
Total	**10,006**	**9,750**	**97.4**	**8,231**	**82.3**	**159**	**1.6**	**9,434**	**94.3**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

En la **Figura IV.133** se muestra la distribución en el acceso al agua entubada, tinaco, sanitario, letrina y drenaje sanitario en la región.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.133 Porcentaje de viviendas que disponen de agua entubada, tinaco, sanitario, letrina y drenaje sanitario en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

La infraestructura hidráulica municipal en Villa González Ortega, de acuerdo con información obtenida en entrevistas durante la fase de campo para el trabajo de la línea de base social, consta de dos presas con una capacidad total de almacenamiento de 1 millón de m^3, una ubicada en la comunidad de Estancia de Ánimas y otra en Maravillas (San Pedro). Del mismo modo, el municipio cuenta diversos pozos para uso agrícola. El agua para consumo humano proviene de nueve pozos

profundos y sistemas de distribución; el volumen medio diario de extracción es de 5.200 m^3/semana. Además, el municipio cuenta con 9 sistemas de alcantarillado y drenaje distribuidos en los principales centros poblados. El área urbana municipal cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, una planta de sistema de agua residual con una capacidad de 13 litros por segundo y una capacidad de volumen de tratamiento de 0.2 millones de m^3 por año, así como un sistema de alcantarillado.

Censo de Usuarios de Agua

El agua es un elemento fundamental para el ser humano, no solo como un elemento vital sino también como un recurso económico e industrial, ya que es un bien importante en la mayoría de los procesos socioeconómicos y actividades industriales. Un acceso limitado al agua dificulta el desarrollo de las actividades humanas y por ende el desarrollo económico y la calidad de vida de la población.

En el Estado de Zacatecas la fuente principal de agua proviene de las reservas que se encuentran en el subsuelo, de ella se extraen 122,845 metros cúbicos de agua, en cambio solo se explotan 3,860 metros cúbicos de las fuentes superficiales de agua, según información pública dada a conocer por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Versión Pública

Particularmente para el Estado de Zacatecas, se tiene que 348,804 viviendas particulares habitadas tienen acceso al agua entubada, esta cantidad de viviendas representa el 92.5% del total de las viviendas particulares del estado. Por lo que distribución de agua en las viviendas es amplio, aunque aún hay cerca de 28,000 viviendas que aún carecen de este servicio público.

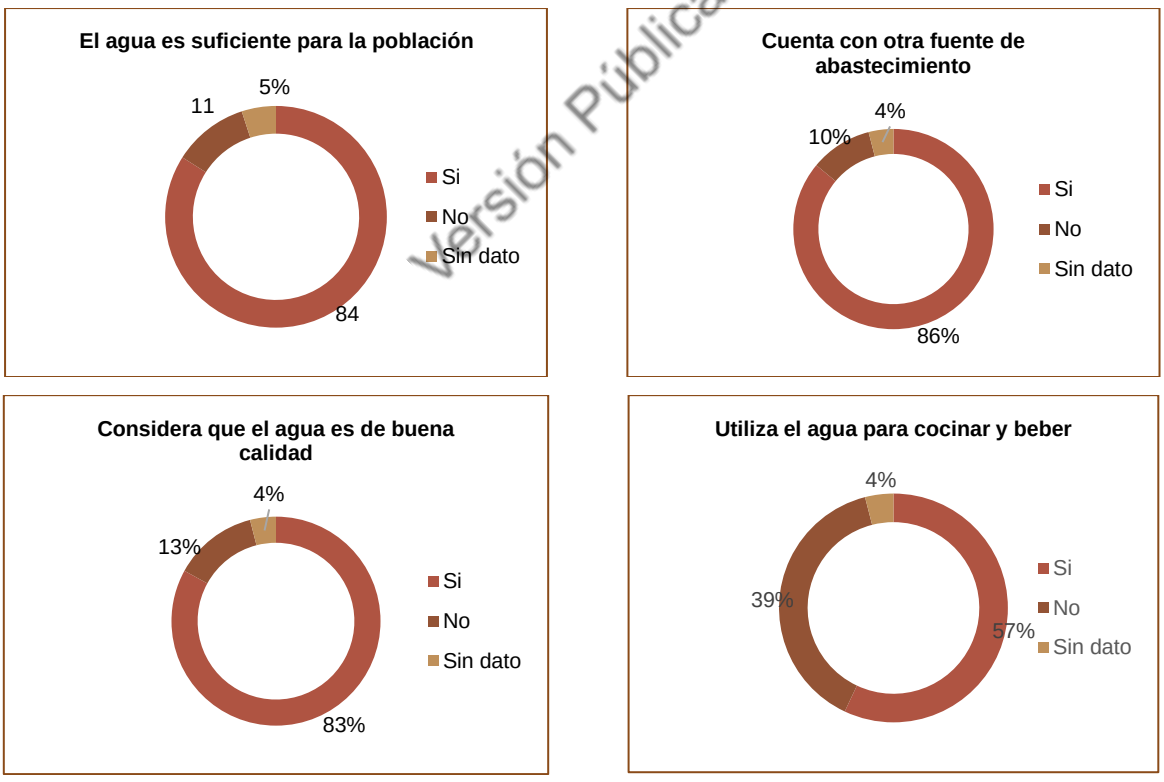
En el año 2019 y 2020 se realizó un Censo a los Usuarios de Agua en el AI del Proyecto específicamente en poblados seleccionados por su cercanía y ubicación en proximidad con el proyecto minero. Estas son Bajío de San Nicolás (San Nicolás), Colonia Diez de Noviembre (El Campamento), Colonia Hidalgo, Colonia Los Rivera (El Palmarejo), Colonia Los Hernández, Refugio del Zacate, El Tule, San Rafael, San Antonio de las Huertas y Santa Elena (Francisco Zarco).

A partir de la información obtenida, se identificó que el agua extraída de los pozos se destina en un 80% para las actividades domésticas, un 14% es para actividades agropecuarias y el 6% restante no se determinó un uso específico para el agua. La profundidad de los pozos en la zona estudiada va desde los 2.5 hasta los 200 metros de profundad. De igual forma, la tecnología existente va desde medios manuales hasta el uso de bombas sumergibles y tuberías acondicionadas para la distribución.

Uno de los elementos considerados dentro del Censo de Usuarios del Agua, fue conocer desde el punto de vista de la población encuestada, cuatro temas básicos en materia del agua respecto de su uso, acceso y gestión: suficiencia, calidad, uso doméstico y la existencia de una o más fuentes de suministro.

Como resultado del estudio, tenemos como conclusión que, el 84% de la población considera que el suministro del agua es suficiente para la población. Con relación a la calidad, el 83% de la población entrevistada asegura que el agua no presenta impurezas como turbiedad o color que signifique una mala calidad del recurso. Además, el 57% de los encuestados afirmó que utiliza el agua extraída para beber o para cocinar. Como última pregunta se cuestionó si la población entrevistada contaba con otra fuente de suministro de agua, a lo que el 86% contesto que sí, siendo las norias las principales fuentes de abastecimiento en caso de que el agua llegará a faltar o escasear por diversos motivos, tales como la falta de energía eléctrica o la imposibilidad del pago de las facturas por falta de recursos económicos. En la **Figura IV.134** se ha representado de forma gráfica la percepción sobre el agua que tiene la población participante en el estudio realizado.

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Censo de Usuarios del Agua realizado en 2019.

Figura IV.134 Percepción de la población entrevistada sobre la situación del agua en el Área de Influencia.

Residuos sólidos urbanos

La condición de gestión de residuos urbanos dentro del SAR se caracteriza como una de las actividades críticas para el desarrollo de la vida social, menos atendidas en la actualidad. En ninguno de los centros urbanos del SAR existen rellenos sanitarios que cumplan con los criterios establecidos para su debido manejo por parte de las autoridades competentes.

El Municipio de Villa González Ortega cuenta con un vertedero de basura a cielo abierto el cual consta de un área aproximada de 0.36 hectáreas, se encuentra a un kilómetro de la ciudad en dirección oeste. En lo que se refiere al Municipio General Pánfilo Natera, este se localiza al norte de la cabecera municipal, a 2 kilómetros del centro de población. Se ubica en un predio de aproximadamente una hectárea, su estado físico y de infraestructura es limitado, ya que se trata de un vertedero a cielo abierto en el que se incinera y recolecta la basura. En ambos casos, la prestación del servicio de relección de basura se realiza a través de camiones recolectores de basura y camiones de volteo, el volumen aproximado de recolección anual es de 1,650 toneladas.

Versión Pública

En lo que se refiere a la distribución y eliminación de residuos sólidos urbanos, de acuerdo con la información existente en diversas fuentes consultadas, particularmente en el Anuario Estadístico de Zacatecas (INEGI, 2017), podemos encontrar que, del total de viviendas existentes en el Estado de Zacatecas (418,756), el 73% entregan los residuos al servicio público de recolección, el 8% de ellas tira sus residuos en el basurero público o bien en el contendedor existente, el 17% quema sus residuos, el 0.7% entierra su basura y únicamente el 0.2% no especificó el destino final de sus residuos.

En lo que se refiere a la distribución y disposición final de residuos, en la presenta tabla podemos encontrar el destino de estos, en los municipios de Villa González Ortega, General Pánfilo Natera y Ojocaliente (**Cuadro IV.104**).

Cuadro IV.104 Viviendas particulares habitadas por municipio según distribución porcentual de eliminación de residuos.

Municipio	Total de viviendas	% Entrega a servicios públicos de recolección	% Tiran en el basurero público o contenedor	% Queman sus residuos	% Entierran o tiran en lugar no autorizado	% No especificó
Villa González Ortega	3,163	78.7	4.6	15.8	.6	.19
General Pánfilo Natera	5,848	79.8	1.7	17.3	.9	.03
Ojocaliente	10,311	60.9	8.5	27.7	2.6	.09

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible en el Anuario Estadístico de Zacatecas INEGI 2017.

Infraestructura y comunicaciones

El SAR y el AI del Proyecto San Nicolás se ubican en una zona con tres vías de comunicación relevantes. Estas son: la autopista federal 49, que comunica las ciudades de San Luis Potosí y Zacatecas, así como la autopista federal 45, que comunica Zacatecas con Aguascalientes, así como un ramal que comunica a estas con el Municipio de Ojocaliente. Además, se encuentra también la carretera estatal 144 que une los municipios de Ojocaliente, General Pánfilo Natera, Villa González Ortega, Noria de Ángeles y Pinos.

Esta última, es considerada el eje central de la comunicación en la región, y en ella transitan las personas que utilizan el territorio para la realización de las actividades cotidianas. Se trata de una vía de un solo carril por sentido, y en general sus condiciones son malas y de bajo mantenimiento. Una de las constantes referencias a la marginación o falta de servicios, por parte de la población, es en referencia a las condiciones de esta importante vía de comunicación para la interacción comunitaria.

La longitud de la red carretera en el Estado de Zacatecas se compone de un total de 12,011 kilómetros. En la siguiente tabla podemos observar la distribución de la red carretera por municipio dentro del SAR (**Cuadro IV.105**).

Versión Pública

Cuadro IV.105 Longitud de la red carretera por municipio dentro del Área de Influencia.

Municipio	Total de longitud km	Troncal federal pavimentada	Alimentadora estatal pavimentada	Alimentadora estatal revestida	Caminos rurales pavimentados	Caminos rurales revestidos	Brechas mejoradas
Villa González Ortega	92	0	36	7	0	28	21
General Pánfilo Natera	150	50	86	0	0	4	11
Total	**242**	**50**	**122**	**7**	**0**	**32**	**32**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible en el Anuario Estadístico de Zacatecas INEGI 2017.

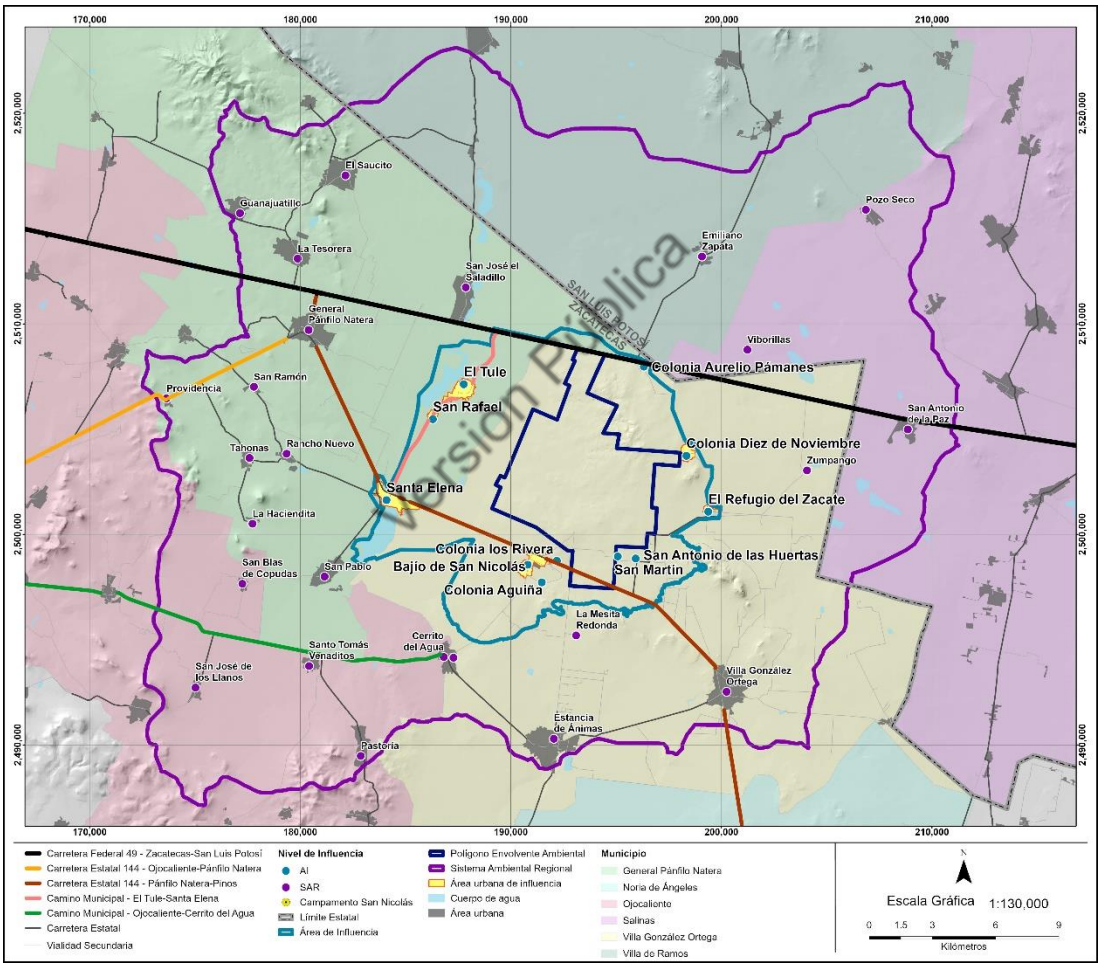
La red vial desarrollada en el Municipio de Villa González Ortega corresponde a 92 kilómetros de los 12.652 existentes en el Estado de Zacatecas, para el caso de General Pánfilo Natera corresponde a 150 kilómetros. En conjunto ambos municipios suman 242 kilómetros de longitud.

El principal acceso al Municipio de Villa González Ortega es la carretera estatal 144 pavimentada, que enlaza los centros urbanos municipales de las demarcaciones de Ojocaliente, General Pánfilo Natera, Villa González Ortega, Noria de Ángeles y Pinos. Esta vía central que se constituye como la principal arteria que conecta el sureste zacatecano, se vincula con dos

autopistas federales, las carreteras 45 y 49, que conducen a las ciudades de Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí.

La estación de ferrocarril más cercana (Peñón Blanco) se encuentra en el Municipio de Salinas en San Luis Potosí, aproximadamente a 13 km de la cabecera municipal de Villa González Ortega, quedando fuera del SAR.

En la **Figura IV.135** se muestra la infraestructura de las carreteras estatales y federales que se ubican dentro del SAR.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social, 2020.

Figura IV.135 Distribución de los principales caminos locales, regionales y federales en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Cobertura de energía eléctrica

De acuerdo con el Anuario Estadístico y Geográfico de Zacatecas (2017), en el estado existe un total de 590,870 usuarios de energía eléctrica, es decir, contratos establecidos ante la Comisión Federal de Electricidad. El volumen total de las ventas asciende a 2,239,726 Megawatts-hora.

En este mismo orden de ideas, respecto del volumen total de las ventas de energía eléctrica en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, esta corresponde a un total de 29,361 Megawatts-hora, de los cuales 6,937 son consumidos en Villa González Ortega y el resto, 22,424 corresponden a General Pánfilo Natera. Los usos específicos pueden consultarse en el **Cuadro IV.106.**

Cuadro IV.106 Volumen de las ventas de energía eléctrica (Megawatts-hora) por municipio según tipo de servicio.

Municipio	Total	Uso doméstico	Alumbrado público	Bombeo de agua	Agrícola	Industrial
Villa González Ortega	6,937	3,049	1,234	366	1,573	714
General Pánfilo Natera	22,424	5,955	1,872	1,389	11,661	1,547

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible en el Anuario Estadístico de Zacatecas INEGI 2017.

Versión Pública

En lo que se refiere a la potencia de distribución, cada uno de los municipios ubicados en el SAR cuenta con 1 subestación de distribución. Villa González Ortega cuenta con una subestación de distribución con capacidad de 13 Megavolts-amperes; General Pánfilo Natera cuenta con una subestación de distribución con capacidad de 19 Megavolts-amperes.

En el SAR y en el AI del Proyecto existe una cobertura constante por encima del 99% del total de viviendas habitadas. En particular, las localidades en el AI con cobertura del 100% son: Colonia Aguiña, Colonia Los Rivera (El Palmarejo), El Refugio del Zacate, San Antonio de las Huertas, San Martin y San Rafael. Por otra parte, las localidades con el menor porcentaje de cobertura de energía eléctrica son: Colonia Diez de Noviembre (97.1%) y Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (98.5%) (**Cuadro IV.107**).

De acuerdo con el último censo, el porcentaje de cobertura de viviendas con energía eléctrica en el SAR asciende al 99.3% del total de viviendas ubicadas tanto en el AI como en el SAR.

Es de destacarse que, las localidades con el mayor número de viviendas que no cuentan con energía eléctrica son: Villa González Ortega (9), San José El Saladillo (El Saladillo) (7), Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) (5), San Pablo (4), General Pánfilo Natera (4) y Guanajuatillo (4).

Cuadro IV.107 Cobertura de energía eléctrica en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia.

Localidades en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional	Total de viviendas habitadas	Viviendas con energía eléctrica	Viviendas sin energía eléctrica	%
AI	**1,711**	**1,695**	**14**	**99.1**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	397	393	3	99.0
Colonia Aguiña	4	4	0	100.0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	67	66	1	98.5
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	175	170	5	97.1
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	17	17	0	100.0
El Refugio del Zacate	82	82	0	100.0
El Tule	395	391	3	99.0
San Antonio de las Huertas	32	32	0	100.0
San Martín	3	3	0	100.0
San Rafael	41	41	0	100.0
Santa Elena (Francisco Zarco)	498	496	2	99.6
SAR	**8,295**	**8,241**	**41**	**99.3**
Cerrito del Agua	316	314	2	99.4
El Saucito (El Horno)	877	874	3	99.7
Emiliano Zapata	77	77	0	100.0
Estancia de Ánimas	737	733	2	99.5
General Pánfilo Natera	1,219	1,213	4	99.5
Guanajuatillo	304	299	4	98.4
La Haciendita	40	39	0	97.5
La Mesita Redonda	3	3	0	100.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	389	386	3	99.2
Pastoría	329	329	0	100.0
Pozo Seco	69	69	0	100.0
Providencia	60	60	0	100.0
Rancho Nuevo	224	224	0	100.0
San Antonio de la Paz	67	66	1	98.5
San Blas de Copudas (El Tildío)	72	72	0	100.0
San José de los Llanos	91	91	0	100.0
San José el Saladillo (El Saladillo)	768	758	7	98.7
San Pablo	429	425	4	99.1
San Ramón	158	158	0	100.0
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	199	199	0	100.0

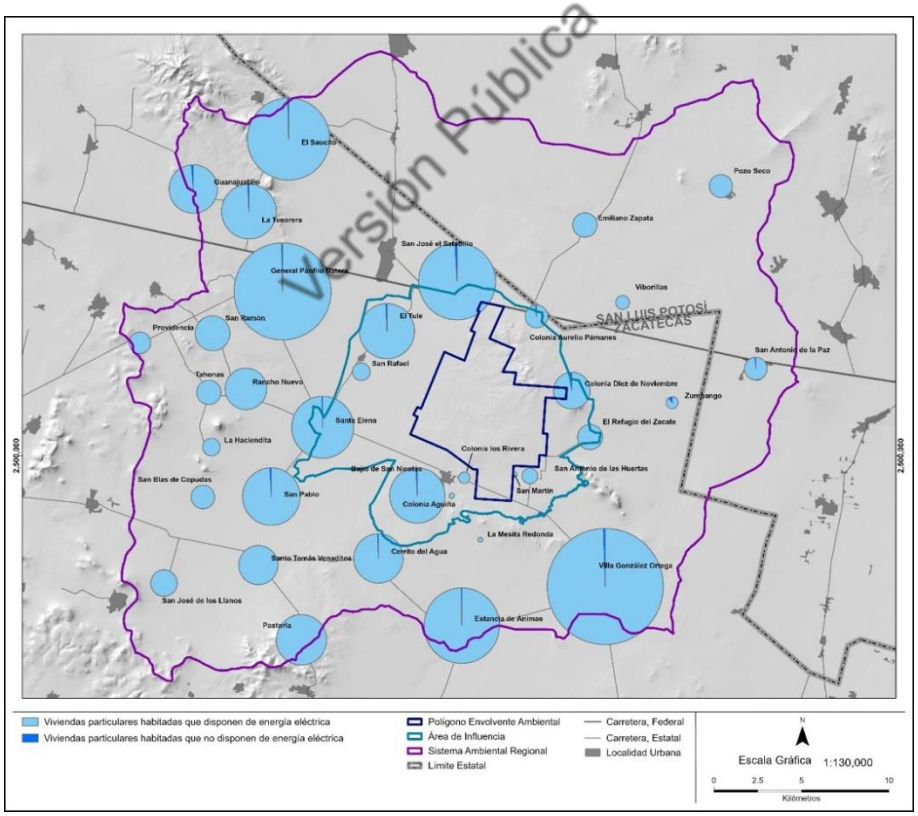
Versión Pública

Cuadro IV.107 Cobertura de energía eléctrica en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia.

Localidades en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional	Total de viviendas habitadas	Viviendas con energía eléctrica	Viviendas sin energía eléctrica	%
Tahonas	77	77	0	100.0
Viborillas	25	25	0	100.0
Villa González Ortega	1,746	1,733	9	99.3
Zumpango (Colonia Hidalgo)	19	17	2	89.5
Total	**10,006**	**9,936**	**55**	**99.3**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

La cobertura y distribución se observa en la **Figura IV.136,** por lo que de forma territorial puede constatarse que la falta de energía eléctrica en el AI es prácticamente nula, con tan solo 14 viviendas que no cuentan con este servicio.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.136 Distribución de las viviendas que disponen o no de energía eléctrica en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social.

IV.3.3.2.2.3. Economía regional en el SAR y AIS

En el Estado de Zacatecas, de acuerdo con los Censos Económicos publicados por el INEGI (2015), existen 51,864 establecimientos económicos. Esto equivale al 1.2% del total del país. La minería se constituye como la actividad económica más importante en la entidad, la cual avanzó, del tercer lugar en el año 2003, al primer lugar en el año 2015. En cuanto a la fabricación de autopartes o partes para la industria automotriz, avanzó en el mismo periodo de años del lugar 21 al sexto lugar.

En el siguiente **Cuadro IV.108** se describen las principales actividades económicas del Estado de Zacatecas según ingresos.

Cuadro IV.108 Principales actividades económicas del Estado de Zacatecas.

Actividad económica	Participación porcentual			Lugar de importancia		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Minería de metales metálicos	7.1	14.0	28.5	2	2	1
Industria de bebidas	19.1	17.8	11.8	1	1	2
Combustibles y lubricantes al por menor	8.3	5.4	5.1	4	4	3
Tiendas de autoservicios al por menor	4.6	4.6	4.8	6	6	4
Abarrotes y alimentos al por mayor	6.1	4.6	4.4	7	7	5
Partes para vehículos automotores	0.8	1.2	4.1	13	13	6

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Económico INEGI 2015.

Población económicamente activa

El INEGI define Población Económicamente Activa (PEA) como la población integrada por las personas de 12 años y más, que realizan algún tipo de actividad económica (población ocupada), o que buscaron activamente hacerlo (población desocupada abierta). La PEA se clasifica en población ocupada y población desocupada abierta o desocupados activos.

La PEA del SAR del Proyecto está conformada por 14,050 personas, que representan el 36.6% de la población. La población económicamente activa está representada principalmente por hombres, ya que estos conforman el 53.4% del total de la población masculina (18,483), mientras que el 20.9% del total de la población femenina se reconoce como económicamente activa, es decir, 4,171 de un total de 19,933 mujeres.

En el **Cuadro IV.109** se presentan los porcentajes que representan la relación entre la población económicamente activa y la población total por sexos dentro del AI y el SAR.

Cuadro IV.109 Población económicamente activa en el Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población			PEA					
	Mujeres	Hombres	Total población	Mujeres	%	Hombres	%	Total PEA	Total PEA %
AI	**3,523**	**3,101**	**6,624**	**611**	**17.3**	**1,512**	**48.8**	**2,123**	**32.1**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	859	781	1,640	139	16.2	346	44.3	485	29.6
Colonia Aguiña	6	7	13	2	33.3	4	57.1	6	46.2
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	157	132	289	33	21.0	59	44.7	92	31.8
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	395	285	680	37	9.4	118	41.4	155	22.8
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	33	37	70	4	12.1	14	37.8	18	25.7
El Refugio del Zacate	155	151	306	14	9.0	70	46.4	84	27.5
El Tule	799	661	1,460	139	17.4	317	48.0	456	31.2
San Antonio de las Huertas	57	52	109	5	8.8	23	44.2	28	25.7
San Martín	3	1	4	2	66.7	1	100.0	3	75.0
San Rafael	91	80	171	14	15.4	45	56.3	59	34.5
Santa Elena (Francisco Zarco)	968	914	1,882	222	22.9	515	56.3	737	39.2
SAR	**16,410**	**15,382**	**31,792**	**3,560**	**21.7**	**8,367**	**54.4**	**11,927**	**37.5**
Cerrito del Agua	675	606	1,281	159	23.6	303	50.0	462	36.1
El Saucito (El Horno)	1,684	1,686	3,370	468	27.8	939	55.7	1,407	41.8
Emiliano Zapata	183	186	369	28	15.3	71	38.2	99	26.8
Estancia de Ánimas	1,378	1,220	2,598	265	19.2	602	49.3	867	33.4
General Pánfilo Natera	2,514	2,380	4,894	602	23.9	1,351	56.8	1953	39.9
Guanajuatillo	562	547	1,109	134	23.8	304	55.6	438	39.5

Versión Pública

Cuadro IV.109 Población económicamente activa en el Área de Influencia y Sistema Ambiental Regional.

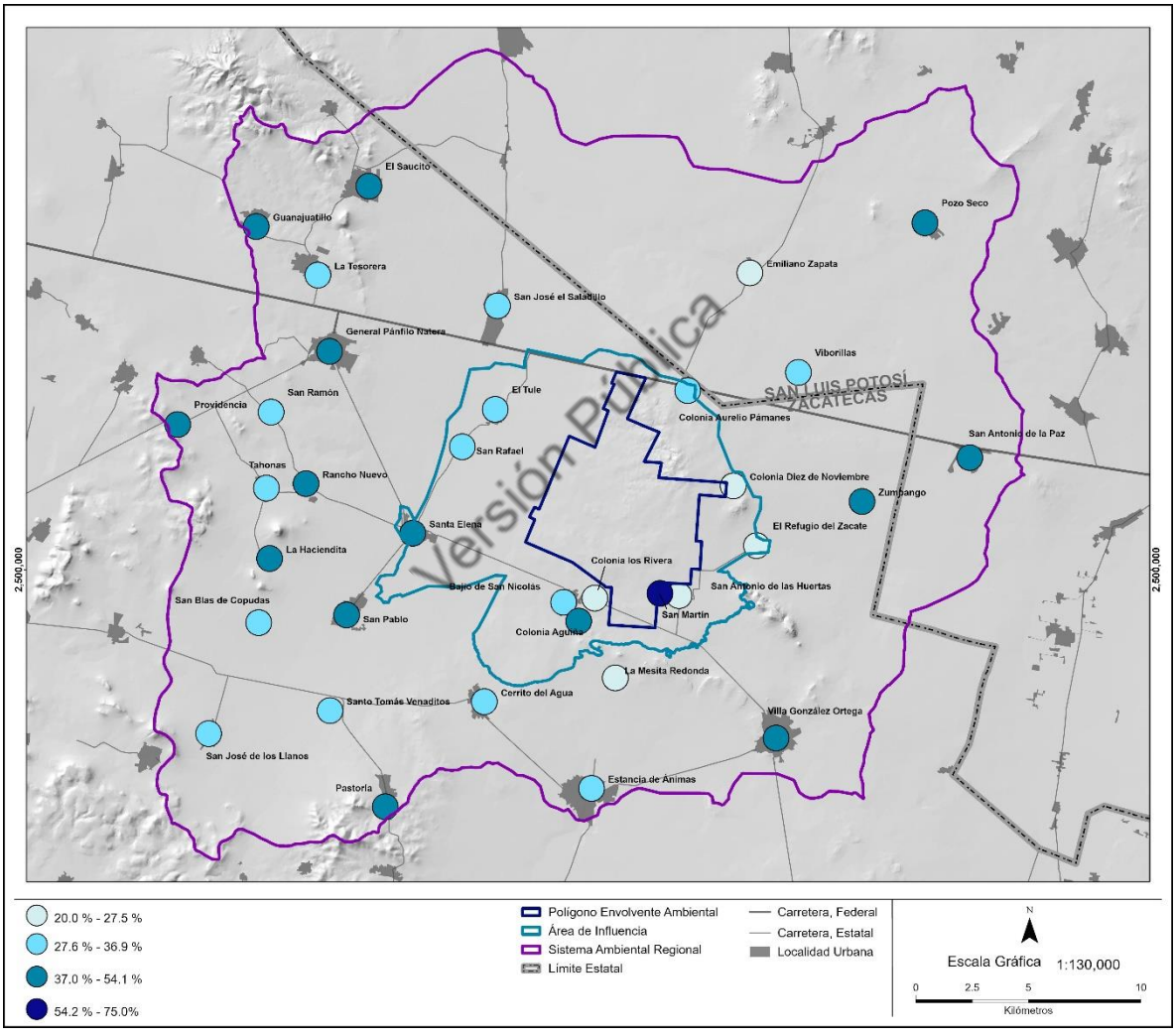
Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población			PEA					
	Mujeres	Hombres	Total población	Mujeres	%	Hombres	%	Total PEA	Total PEA %
La Haciendita	64	68	132	18	28.1	39	57.4	57	43.2
La Mesita Redonda	3	2	5	0	0.0	1	50.0	1	20.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	834	745	1,579	120	14.4	391	52.5	511	32.4
Pastoría	597	536	1,133	113	18.9	317	59.1	430	38.0
Pozo Seco	146	105	251	49	33.6	61	58.1	110	43.8
Providencia	117	133	250	16	13.7	80	60.2	96	38.4
Rancho Nuevo	464	428	892	94	20.3	246	57.5	340	38.1
San Antonio de la Paz	100	107	207	32	32.0	80	74.8	112	54.1
San Blas de Copudas (El Tildío)	127	131	258	14	11.0	76	58.0	90	34.9
San José de los Llanos	205	202	407	21	10.2	108	53.5	129	31.7
San José el Saladillo (El Saladillo)	1,512	1,447	2,959	202	13.4	778	53.8	980	33.1
San Pablo	804	793	1,597	179	22.3	443	55.9	622	38.9
San Ramón	327	316	643	50	15.3	176	55.7	226	35.1
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	436	360	796	62	14.2	210	58.3	272	34.2
Tahonas	157	140	297	22	14.0	68	48.6	90	30.3
Viborillas	55	48	103	6	10.9	32	66.7	38	36.9
Villa González Ortega	3,438	3,173	6,611	900	26.2	1,677	52.9	2,577	39.0
Zumpango (Colonia Hidalgo)	28	23	51	6	21.4	14	60.9	20	39.2
Total	**19,933**	**18,483**	**38,416**	**4,171**	**20.9**	**9,879**	**53.4**	**14,050**	**36.6**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

Es destacable señalar que la Población Económicamente Activa (PEA) en el SAR corresponde al 37.5% del total de las personas que habitan el SAR, mientras que, para el AI, esto equivale a 32.1% de las personas que habitan en esta zona. La ventana de ocupación de la PEA se extiende en un rango que va del 21% en la Colonia Aurelio Pámanes Escobedo, hasta el 75% en San Martin.

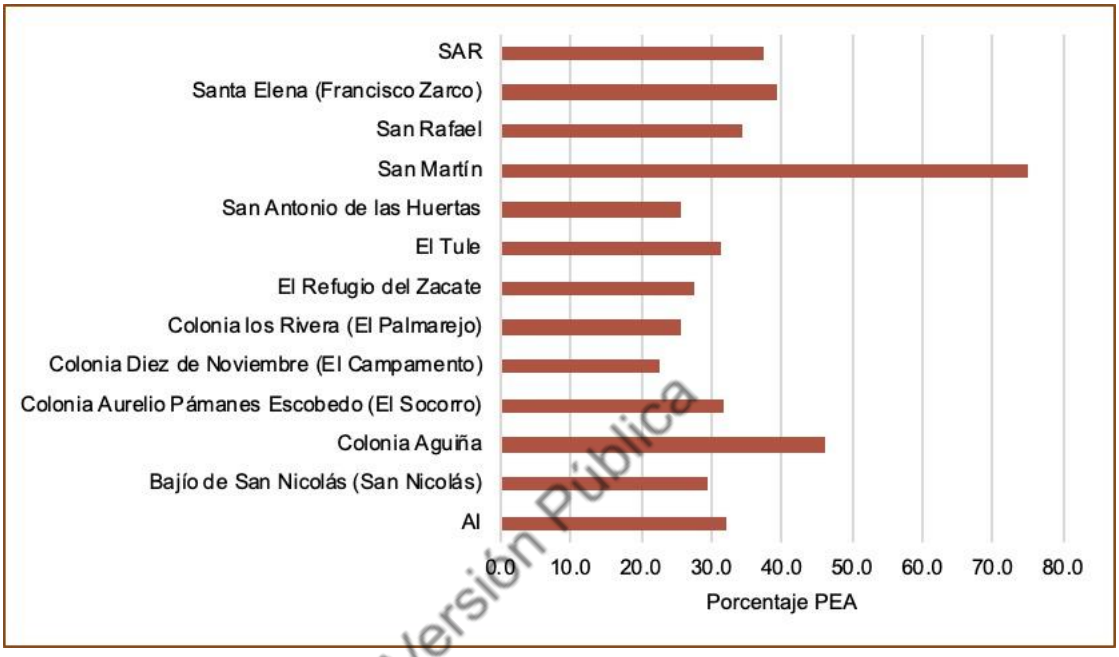
De forma detallada, puede apreciarse en la **Figura IV.137**, la distribución por rangos de porcentaje de la ubicación de la PEA tanto en el SAR como en el AIS.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.137 Distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) por rangos de porcentaje en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia Social.

En la siguiente gráfica, que corresponde a la **Figura IV.138**, se ha representado el porcentaje total de la PEA en el SAR y en el ASI, así como también se ha descrito por comunidades dentro del AI, los diversos porcentajes de Población Económicamente Activa, destacándose una vez más a la comunidad de San Martín, como el centro poblado con el más alto porcentaje, y la comunidad Colonia Diez de Noviembre (El Campamento), como la localidad con el porcentaje menor de PEA.



Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Figura IV.138 Población Económicamente Activa (PEA) en el Área de Influencia Social.

Empleabilidad y ocupación

De las 14,050 personas que se encuentran económicamente activas de acuerdo con el censo de INEGI (2020), el 97.16% se encuentra ocupada, es decir, 13,651. De acuerdo con los datos de patrijefaturas, la población Económicamente Activa, se identifica que el 96.4% se encuentra ocupada. En el caso de las mujeres, el 99% participa activamente en alguna actividad económica (**Cuadro IV.110**).

Cuadro IV.110 Población ocupada en el Área de Influencia Social y en el Sistema Ambiental Regional en relación con la Población Económicamente Activa.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población PEA		Población ocupada		%	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
AI	**611**	**1,512**	**606**	**1,456**	**99.2**	**96.3**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	139	346	138	323	99.3	93.4
Colonia Aguiña	2	4	2	4	100.0	100.0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	33	59	33	56	100.0	94.9
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	37	118	37	115	100.0	97.5
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	4	14	4	14	100.0	100.0
El Refugio del Zacate	14	70	14	66	100.0	94.3
El Tule	139	317	137	312	98.6	98.4
San Antonio de las Huertas	5	23	5	23	100.0	100.0
San Martín	2	1	2	1	100.0	100.0
San Rafael	14	45	14	44	100.0	97.8
Santa Elena (Francisco Zarco)	222	515	220	498	99.1	96.7
SAR	**3,560**	**8,367**	**3,523**	**8,066**	**99.0**	**96.4**
Cerrito del Agua	159	303	159	296	100.0	97.7
El Saucito (El Horno)	468	939	466	913	99.6	97.2
Emiliano Zapata	28	71	28	67	100.0	94.4
Estancia de Ánimas	265	602	261	593	98.5	98.5
General Pánfilo Natera	602	1,351	599	1,325	99.5	98.1
Guanajuatillo	134	304	132	299	98.5	98.4
La Haciendita	18	39	18	39	100.0	100.0

Versión Pública

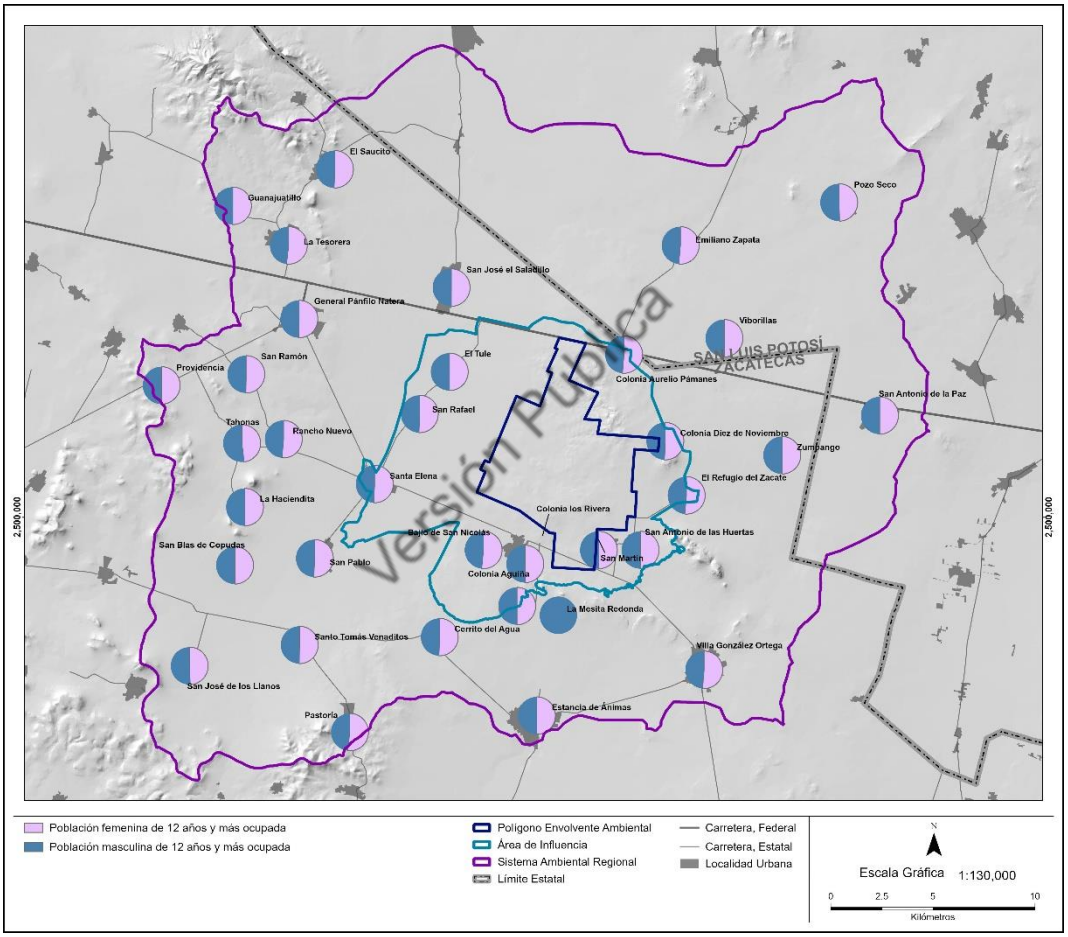
Cuadro IV.110 Población ocupada en el Área de Influencia Social y en el Sistema Ambiental Regional en relación con la Población Económicamente Activa.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población PEA		Población ocupada		%	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
La Mesita Redonda	0	1	0	1	0.0	100.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	120	391	120	363	100.0	92.8
Pastoría	113	317	112	290	99.1	91.5
Pozo Seco	49	61	48	61	98.0	100.0
Providencia	16	80	16	80	100.0	100.0
Rancho Nuevo	94	246	92	228	97.9	92.7
San Antonio de la Paz	32	80	32	80	100.0	100.0
San Blas de Copudas (El Tildío)	14	76	14	76	100.0	100.0
San José de los Llanos	21	108	20	105	95.2	97.2
San José el Saladillo (El Saladillo)	202	778	201	772	99.5	99.2
San Pablo	179	443	175	419	97.8	94.6
San Ramón	50	176	49	171	98.0	97.2
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	62	210	62	208	100.0	99.0
Tahonas	22	68	18	60	81.8	88.2
Viborillas	6	32	6	32	100.0	100.0
Villa González Ortega	900	1,677	889	1,574	98.8	93.9
Zumpango (Colonia Hidalgo)	6	14	6	14	100.0	100.0
Total	**4,171**	**9,879**	**4,129**	**9,522**	**99.0**	**96.4**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

En la **Figura IV.139** ha sido representada la población mayor de 12 años, dentro del SAR y el AI, que actualmente se encuentra ocupada, es decir, realiza alguna actividad productiva, sea esta dentro o fuera del hogar. Es destacable que, tal como se mencionó en el **Cuadro IV.110**, si bien es cierto que el número total de mujeres económicamente activas respecto de los hombres económicamente activos, es mejor, esto no lo es en porcentaje de la población ocupada por condición de género. Obsérvese la prevalencia de los porcentajes de las mujeres, en la mayoría de los centros poblados.

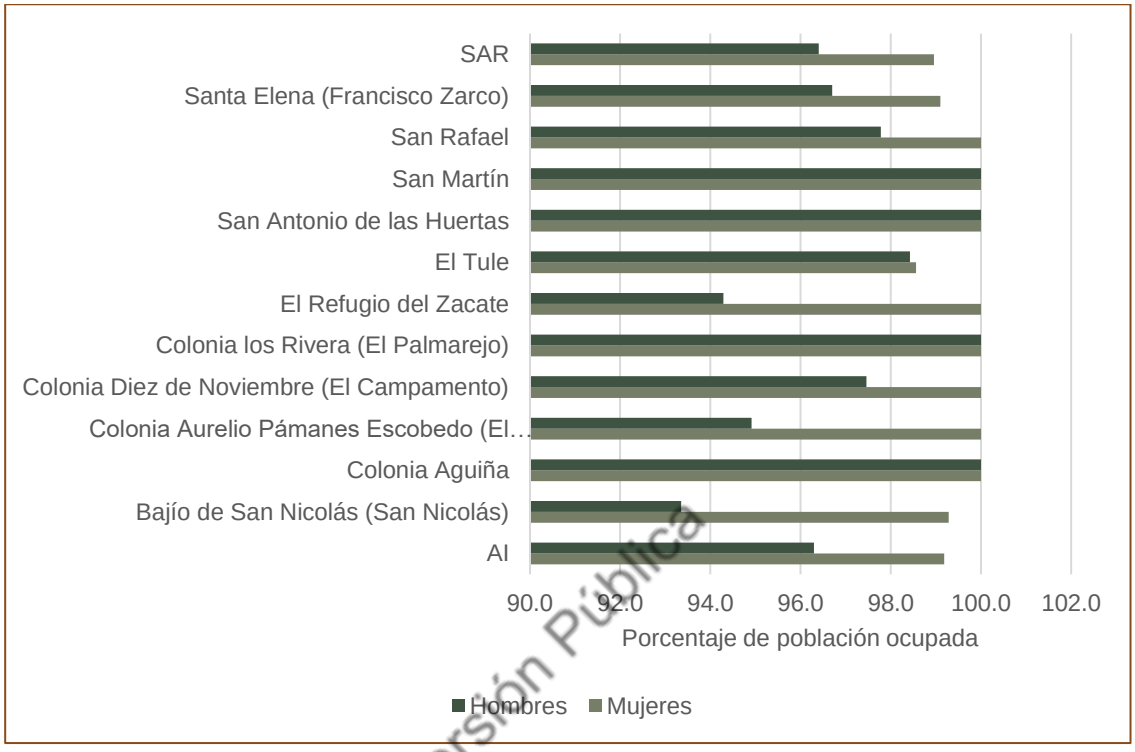


Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.139 Distribución de la población de 12 años y más ocupada por condición de género en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

La distribución de la población ocupada en el SAR y en el AI muestra una clara tendencia superior de las mujeres respecto de los hombres. Las únicas localidades en las que el 100% de la población económicamente activa está ocupada es San Martín, San Antonio de las Huertas, Colonia

Los Rivera y Colonia Aguiña (**Figura IV.140**). La comunidad en la que se ubica el menor porcentaje de población ocupada masculina es Bajío de San Nicolás (93%), seguida de Refugio del Zacate (94%).



Versión Pública

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Figura IV.140 Porcentaje de población ocupada en relación con la Población Económicamente Activa en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.

Las actividades más comunes que desarrollan los habitantes dentro del SAR y el AI son:

- Actividades relacionadas con el campo (agricultura, ganadería y trabajo de jornaleros);
- Comercio y servicios;
- Albañilería y construcción;
- Obreros y trabajadores en la industria;
- Migración y remesas económicas;
- Minería;
- Empleo asalariado.

En la localidad de Bajío de San Nicolás (San Nicolás) el 26% de la población refirió que trabaja como obrero, el 12% como agricultores y un 3% como comerciantes; en la Colonia Los Rivera (El Palmarejo) el 27% son obreros, el 17% es agricultores; 8% mencionaron que son comerciantes y 8% se consideran migrantes; en la cabecera municipal de Villa González Ortega el 24% trabaja en el campo, 14% son comerciantes y 12% obreros; en El Tule, 23% se reconoce como jornaleros, 11% son agricultores, 11% trabajan en alguna actividad relacionada al campo y 11% como comerciantes; en Santa Elena (Francisco Zarco) 33% se trabajan como agricultores, 25% trabajan como jornaleros y el 13% son empleados; en El Refugio del Zacate el 21% son jornaleros, 15% agricultores, 15% albañiles y 15% obreros; San Antonio de las Huertas el 28% son agricultores, 13% trabajan en la albañilería y 11% son empleados; 11% mineros y 11% migrantes; en la localidad Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) el 12% trabaja en el campo, 10% como agricultor; 4% como jornaleros, 4% como comerciantes, 4% como albañiles y 4% se consideran migrantes; finalmente, en otras localidades del SAR, tales como: Estancia de Ánimas el 24% trabaja como jornalero, el 16% como agricultor y el 11% se considera migrante; San Pablo el 31% es agricultor, 21% jornaleros y 7% empleados (**Cuadro IV.111**).

Versión Pública

Actividades económicas y medios de vida

La actividad económica dentro del SAR se caracteriza fundamentalmente como la realización de prácticas asociadas con medios de vida tradicionales en la zona, tales como la agricultura y la ganadería. Además, el empleo dentro de la industria de la construcción, los bienes y los servicios, también representa un importante elemento de sustento para las actividades económicas.

En el Municipio de Villa González Ortega, la superficie total del municipio es de 41,634 ha de estas 19,321 ha se emplean en agricultura, 435.5 en pastizales, 21,276.2 ha a matorrales, 178 ha a vegetación secundaria, 48.9 ha de cuerpos de agua y 366.1 ha, se reservan a áreas urbanas.

La agricultura de temporal permanente anual se realiza en prácticamente todas las regiones del SAR: el norte, oriente, sureste, sur, suroeste, poniente y noroeste; esta actividad depende del agua de lluvia, por lo que dependen enteramente del ciclo hidrológico para su buen desarrollo.

Respecto del uso de suelo y las principales actividades económicas realizadas en el Municipio General Pánfilo Natera, destacan las zonas de capacidad agrícola en el fraccionamiento Real de las Blancas, este cuenta con mediana capacidad agrícola, incluyendo las zonas de irrigación en el Ejido La Blanca y una zona del fraccionamiento del mismo nombre. Además, la agricultura de temporal continúa siendo una actividad preponderante en la zona.

Cuadro IV.111 Principales actividades económicas realizadas por la población.

Localidad	Agricultura y ganadería	Labores en el campo	Jornaleros	Comercio	Albañilería	Obreros	Migración	Minería	Empleo asalariado
Bajío de San Nicolás	12%	0%	0%	3%	2%	26%	0%	2%	0%
Colonia Los Rivera	17%	0%	0%	8%	27%	0%	8%	8%	8%
Villa González Ortega	24%	0%	0%	14%	2%	12%	0%	0%	8%
El Tule	11%	11%	23%	11%	6%	4%	2%	0%	0%
Santa Elena (Francisco Zarco)	33%	0%	25%	8%	2%	0%	2%	0%	13%
El Refugio del Zacate	15%	0%	21%	5%	15%	15%	3%	0%	10%
San Antonio de las Huertas	28%	0%	0%	6%	13%	0%	11%	11%	11%
Colonia Diez de Noviembre	10%	12%	4%	4%	4%	0%	4%	0%	0%
Estancia de Ánimas	16%	0%	24%	3%	2%	5%	11%	0%	5%
San Pablo	31%	0%	21%	2%	2%	0%	0%	0%	7%

Fuente: Elaboración propia basado en la información de campo obtenida por AOSocial en 2019.

Versión Pública

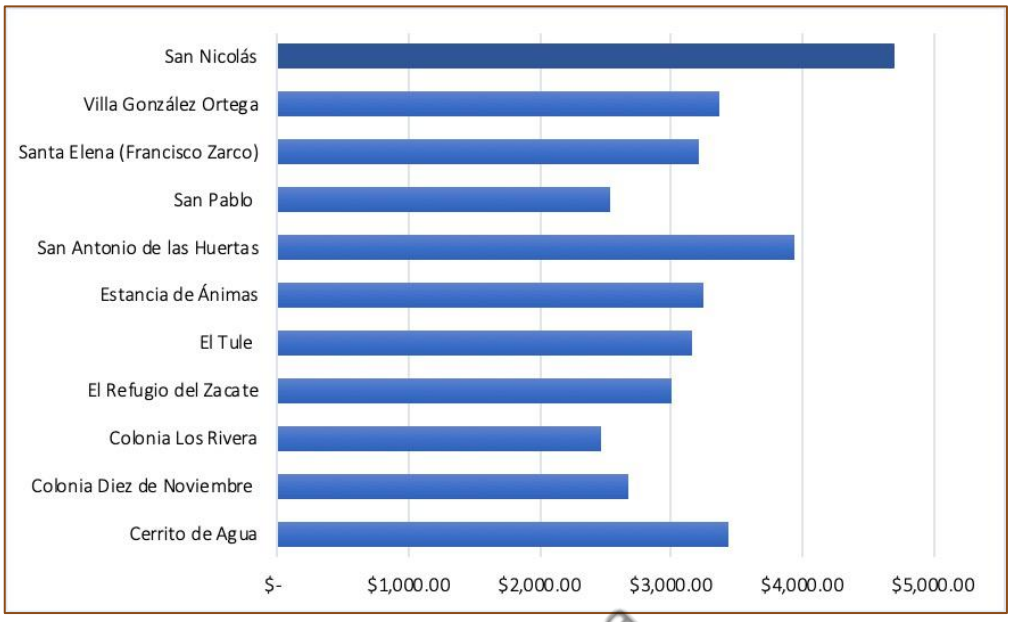
Mediante métodos de labranza mecánica o con apoyo de tracción animal, en las zonas de temporal se cultivan para el comercio regional y el autoconsumo diversos productos, tales como la avena forrajera, la calabaza, el maíz y el frijol.

En cuanto a la variante de la irrigación, esta opción resulta de buena capacidad productiva y generalmente existen fuentes de agua suficientes para lograr el buen desarrollo de una diversa variedad de cultivos, entre los que destacan la vid, la alfalfa, el chile, el durazno, el manzano, las hortalizas, el trigo, el maíz y el frijol.

En referencia a los ingresos de la población, las fuentes de ingresos son diversos y responden a diversas actividades y medios de vida, sin embargo, de acuerdo con la información obtenida directamente en el SAR, el 58% de las familias dentro del SAR dependen del ingreso del principal proveedor familiar, es decir una persona. Sin embargo, de acuerdo a los resultados de las encuestas aplicadas en este proceso, hasta un 74%, de la economía en los grupos domésticos está basada en un integrante de la familia. En algunos grupos domésticos, ya se cuenta con la participación de más de un integrante que aporta dinero a la economía del hogar. Tal es el caso de algunas de las localidades dentro del AI, tales como Colonia los Rivera (25%), Santa Elena (18%), El Tule (15%), Colonia Diez de Noviembre (14%), Bajío de San Nicolás (14%), El Refugio del Zacate (10) y San Antonio de las Huertas (6%).

Versión Pública

Finalmente, aquellas localidades en donde se identificaron hogares en los que tres o más personas aportan dinero en la economía del hogar son: Bajío de San Nicolás (10%), Santa Elena (7%) y Colonia Diez de Noviembre (2%). Tomando como base la información obtenida en el trabajo de campo, durante el año 2019, el promedio de ingresos mensuales oscila entre $2,400 y $4,700 por persona ocupada. La localidad con mayor ingreso mensual, según los entrevistados, corresponde a Bajío de San Nicolás con $4,690, el menor ingreso mensual es para El Refugio del Zacate con $3,000 pesos, la Colonia los Rivera con $2,465 y Colonia Aurelio Pámanes Escobedo con $2,527 pesos (**Figura IV.141**).



Fuente: Elaboración propia basado en la información de campo obtenida por AOSocial en 2019.

Figura IV.141 Ingreso mensual promedio por población ocupada en el Área de Influencia y algunas localidades del Sistema Ambiental Regional

Versión Pública

Religión

La religión católica en México representa actualmente el culto más importante y extendido del país. Esta creencia establecida con la llegada de los españoles y separada del estado con la promulgación de las Leyes de Reforma, continúa teniendo una cantidad importante de creyentes, y en muchos casos es un factor de articulación de la vida social. En el SAR y en el AI la población católica representa el 96.2%. El porcentaje restante de la población tiene otras creencias o prácticas religiosas. El porcentaje de personas que adscriben su identidad religiosa a las creencias protestante, cristiano o evangélico equivale al 2.6% de la población. Finalmente, la población que se auto adscribe como sin religión equivale únicamente al 1.3% en el AI y al 1.1% en todo el SAR (**Cuadro IV.112**).

Dentro del AI es pertinente señalar que, si bien es cierto existe una clara tendencia de predominancia de la religión católica como creencia principal, observamos fluctuaciones en las tendencias, que van desde aquellas comunidades que manifiestan que el 100% de la población es católica, como es el caso de la Colonia Aguiña y San Martín, hasta aquellas que, únicamente el 92% de la población se auto adscribe a la religión católica, como es el caso de la Colonia Aurelio Pámanes Escobedo.

Cuadro IV.112 Adscripción religiosa en el Área de Influencia Social y el Sistema Ambiental Regional.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población total	Población con religión católica	%	Población con religión protestante, cristiano o evangélico	%	Población sin religión	%
AI	**6,624**	**6,374**	**96.2**	**159**	**2.4**	**89**	**1.3**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	1,559	95.1	40	2.4	39	2.4
Colonia Aguiña	13	13	100.0	0	0.0	0	0.0
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	266	92.0	14	4.8	9	3.1
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	656	96.5	14	2.1	10	1.5
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	67	95.7	3	4.3	0	0.0
El Refugio del Zacate	306	300	98.0	1	0.3	5	1.6
El Tule	1,460	1,444	98.9	15	1.0	1	0.1
San Antonio de las Huertas	109	106	97.2	3	2.8	0	0.0
San Martín	4	4	100.0	0	0.0	0	0.0
San Rafael	171	162	94.7	9	5.3	0	0.0
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	1,797	95.5	60	3.2	25	1.3
SAR	**31,792**	**30,587**	**96.2**	**841**	**2.6**	**334**	**1.1**
Cerrito del Agua	1,281	1,248	97.4	8	0.6	25	2.0
El Saucito (El Horno)	3,370	3,298	97.9	46	1.4	23	0.7
Emiliano Zapata	369	364	98.6	2	0.5	3	0.8
Estancia de Ánimas	2,598	2,216	85.3	334	12.9	37	1.4
General Pánfilo Natera	4,894	4,756	97.2	79	1.6	54	1.1
Guanajuatillo	1,109	1,021	92.1	67	6.0	21	1.9
La Haciendita	132	131	99.2	0	0.0	0	0.0
La Mesita Redonda	5	5	100.0	0	0.0	0	0.0
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1579	1541	97.6	37	2.3	1	0.1

Versión Pública

Cuadro IV.112 Adscripción religiosa en el Área de Influencia Social y el Sistema Ambiental Regional.

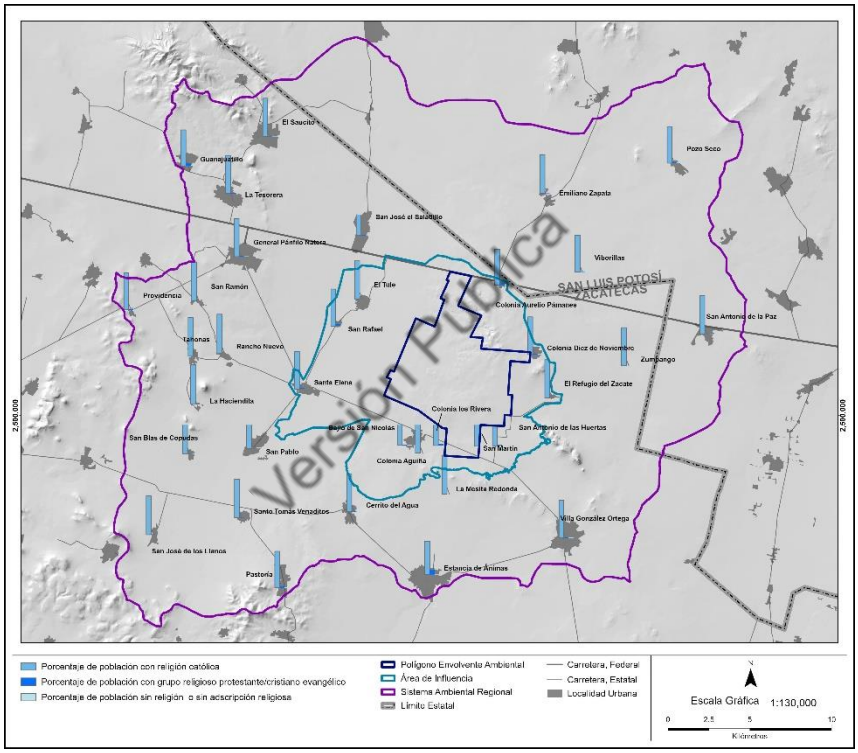
Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Población total	Población con religión católica	%	Población con religión protestante, cristiano o evangélico	%	Población sin religión	%
Pastoría	1,133	1,060	93.6	48	4.2	25	2.2
Pozo Seco	251	235	93.6	8	3.2	8	3.2
Providencia	250	237	94.8	7	2.8	6	2.4
Rancho Nuevo	892	885	99.2	4	0.4	3	0.3
San Antonio de la Paz	207	204	98.6	2	1.0	1	0.5
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	255	98.8	1	0.4	2	0.8
San José de los Llanos	407	404	99.3	3	0.7	0	0.0
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	2,903	98.1	34	1.1	16	0.5
San Pablo	1,597	1,550	97.1	12	0.8	35	2.2
San Ramón	643	642	99.8	0	0.0	1	0.2
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	790	99.2	6	0.8	0	0.0
Tahonas	297	296	99.7	1	0.3	0	0.0
Viborillas	103	97	94.2	1	1.0	5	4.9
Villa González Ortega	6,611	6,399	96.8	141	2.1	67	1.0
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	50	98.0	0	0.0	1	2.0
Total	**38,416**	**36,961**	**96.2**	**1,000**	**2.6**	**423**	**1.1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Versión Pública

El porcentaje de la población sin adscripción religiosa en el AI y en el SAR equivale únicamente al 1.1% del total. Además, únicamente el 2.6% del total de la población expresa que se adscribe a una religión distinta a la católica. Para una descripción detallada de la distribución geográfica de la religión en el SAR y en el AI (**Figura IV.142**).

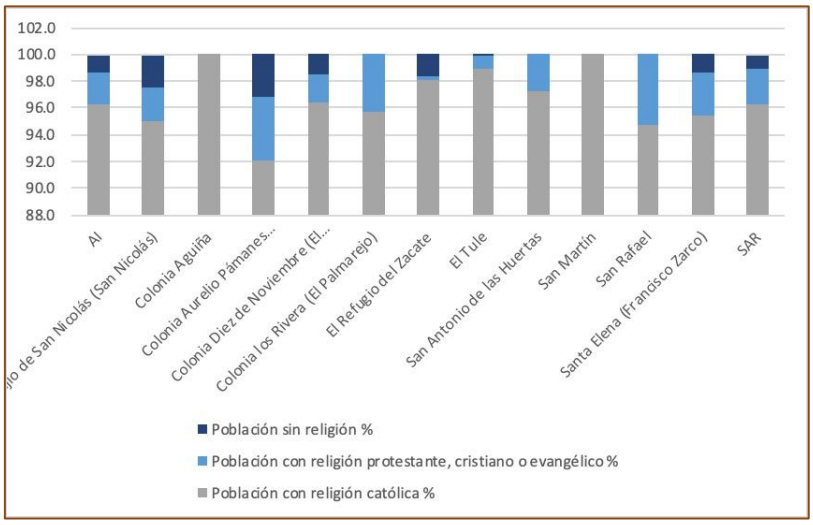
En la siguiente gráfica, representada en la **Figura IV.143**, se describe a través de una figura de barras porcentuales, la distribución de la población por tipo de adscripción religiosa, dentro del AI, en ella se muestra la constante predominancia del catolicismo como fuente de creencias preponderante.



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.142 Porcentaje de población con religión católica, protestante, cristiano evangélico, o sin adscripción religiosa en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020.

Figura IV.143 Distribución del porcentaje de población por tipo de creencias.

Versión Pública

IV.3.3.2.3. Presencia indígena

El respeto y el reconocimiento de la diversidad cultural es considerado un principio que ha guiado el desarrollo y la implementación de los estudios de línea base social del Proyecto. Como parte de ello, desde el diseño del instrumento estadístico, hasta la implementación de las encuestas (1,049) y entrevistas semiestructuradas a profundidad (80), aplicadas dentro del SAR, se tomó especial cuidado en identificar y documentar la presencia de población indígena, aún de forma aislada y dispersa.

Como resultado de ello, pudimos constatar la inexistencia de comunidades indígenas dentro del SAR, y únicamente la identificación de 3 individuos, en algunas de las localidades, que reconocieron hablar alguna lengua indígena, estas son: Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) una persona; San Antonio de las Huertas, una persona; y San José el Saladillo (El Saladillo) una persona.

En el SAR, de acuerdo con la información pública obtenida en el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), fueron registradas 4 localidades con presencia aislada de población indígena. En estas localidades habitan 14 personas indígenas, lo que representa el 0.03% respecto a la población total del SAR. El grado de marginación de estas localidades va desde alto a bajo.

Las localidades que cuentan con población que reconoce hablar una lengua indígena, son:

- Santa Elena (Francisco Zarco);
- El Saucito (El Horno);
- Estancia de Ánimas;
- Villa González Ortega.

Ahora bien, de acuerdo con el Catálogo de Localidades Indígenas publicado por el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI, 2010) para el año 2010, habitaban un total de 171 personas distribuidas en diversas localidades en el SAR, incluyendo el AI (**Cuadro IV.113**). No obstante, lo anterior, en reciente publicación por INPI, 2020, el Catálogo de Localidades Indígenas A y B ya no registra población indígena en ninguna localidad del SAR ni del AI.

En el análisis comparativo de los últimos 10 años se observa una disminución de población indígena que se registra dentro del SAR y el AI, hecho que se confirma en el Catálogo INPI 2020. El total de la población indígena identificada dentro del SAR es de 14 personas. De estas, 7 se ubican dentro del AI, y particularmente en una comunidad, Santa Elena (Francisco Zarco). La distribución de la población indígena por porcentajes en el SAR, que en ningún caso asciende por encima del 0.37% por ciento del total de la población, puede observarse en la **Figura IV.144**.

Versión Pública

Cuadro IV.113 Población indígena en las localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional, grado de marginación por comunidad con información de 2010 y 2020.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Total de la población (INEGI 2020)	Grado de marginación (CONAPO)	Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	% Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	Población indígena (INPI 2010)	% Población indígena (INPI 2010)
AI	**6,624**	**Alto**	**7**	**0.11**	**26**	**0.39**
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	1,640	Alto	0	0.00	4	0.24
Colonia Aguiña	13	Alto	0	0.00	0	0.00
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo (El Socorro)	289	Alto	0	0.00	0	0.00
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	680	Alto	0	0.00	4	0.59
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	70	Alto	0	0.00	0	0.00
El Refugio del Zacate	306	Alto	0	0.00	0	0.00
El Tule	1,460	Medio	0	0.00	10	0.68

Cuadro IV.113 Población indígena en las localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional, grado de marginación por comunidad con información de 2010 y 2020.

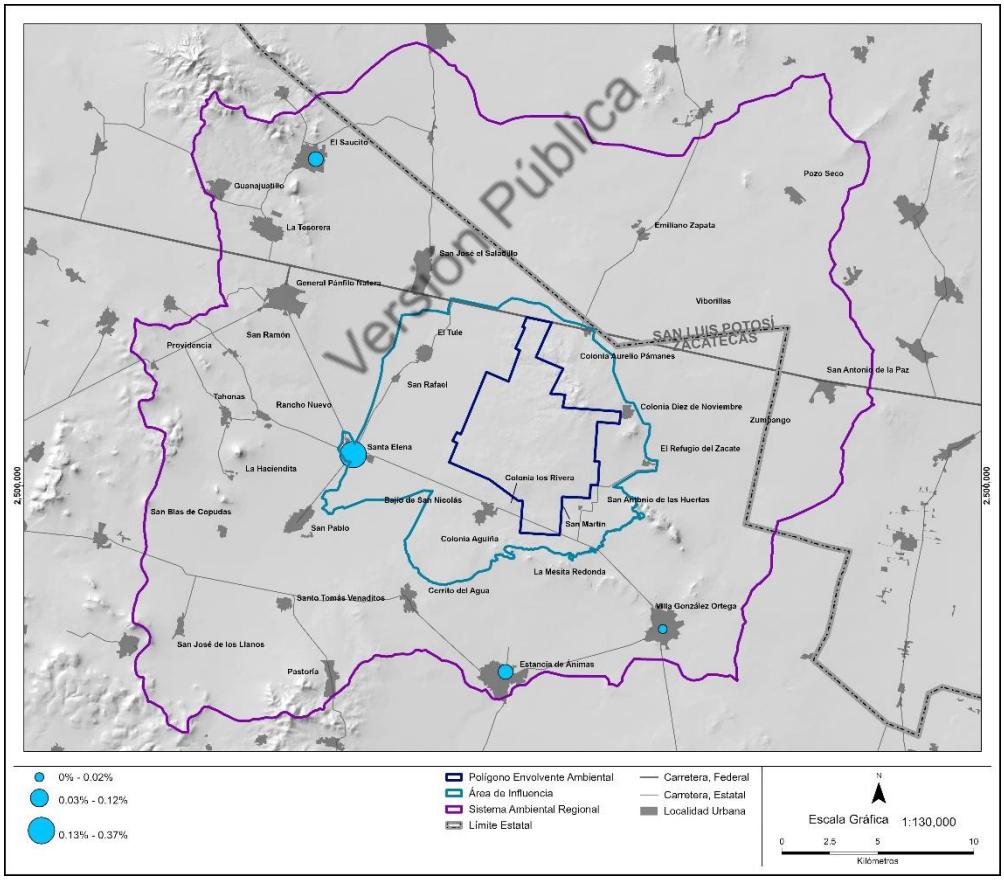
Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Total de la población (INEGI 2020)	Grado de marginación (CONAPO)	Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	% Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	Población indígena (INPI 2010)	% Población indígena (INPI 2010)
San Antonio de las Huertas	109	Alto	0	0.00	0	0.00
San Martín	4	Alto	0	0.00	0	0.00
San Rafael	171	Alto	0	0.00	1	0.58
Santa Elena (Francisco Zarco)	1,882	Alto	7	0.37	7	0.37
SAR	**31,792**	**Medio**	**7**	**0.02**	**145**	**0.46**
Cerrito del Agua	1,281	Medio	0	0.00	1	0.08
El Saucito (El Horno)	3,370	Medio	3	0.09	5	0.15
Emiliano Zapata	369	Alto	0	0.00	0	0.00
Estancia de Ánimas	2,598	Medio	3	0.12	11	0.42
General Pánfilo Natera	4,894	Bajo	0	0.00	18	0.37
Guanajuatillo	1,109	Alto	0	0.00	10	0.90
La Haciendita	132	Alto	0	0.00	0	0.00
La Mesita Redonda	5	Bajo	0	0.00	0	0.00
La Tesorera (Bajío de la Tesorera)	1,579	Medio	0	0.00	64	4.05
Pastoría	1,133	Medio	0	0.00	0	0.00
Pozo Seco	251	Alto	0	0.00	0	0.00
Providencia	250	Alto	0	0.00	0	0.00
Rancho Nuevo	892	Alto	0	0.00	1	0.11
San Antonio de la Paz	207	Alto	0	0.00	0	0.00
San Blas de Copudas (El Tildío)	258	Alto	0	0.00	0	0.00
San José de los Llanos	407	Alto	0	0.00	0	0.00
San José el Saladillo (El Saladillo)	2,959	Medio	0	0.00	0	0.00
San Pablo	1,597	Medio	0	0.00	7	0.44
San Ramón	643	Alto	0	0.00	0	0.00
Santo Tomás Venaditos (Venaditos)	796	Alto	0	0.00	0	0.00
Tahonas	297	Alto	0	0.00	1	0.34
Viborillas	103	Alto	0	0.00	0	0.00

Versión Pública

Cuadro IV.113 Población indígena en las localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional, grado de marginación por comunidad con información de 2010 y 2020.

Localidades en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional	Total de la población (INEGI 2020)	Grado de marginación (CONAPO)	Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	% Población en hogares indígenas (INEGI 2020)	Población indígena (INPI 2010)	% Población indígena (INPI 2010)
Villa González Ortega	6,611	Bajo	1	0.02	27	0.41
Zumpango (Colonia Hidalgo)	51	Alto	0	0.00	0	0.00
Total	**38,416**	**Medio**	**14**	**0.04**	**171**	**0.45**

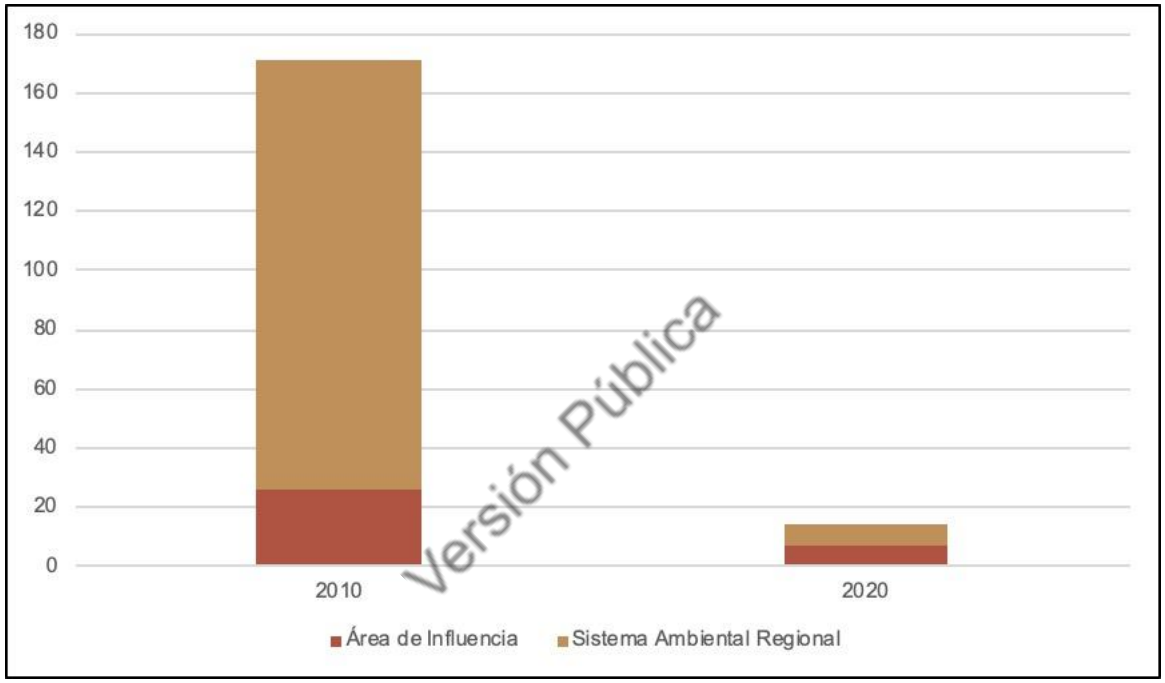
Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020, Catálogo de Localidades Indígenas del INPI (2010) y Consejo Nacional de Población (2010).



Fuente: Elaboración propia, con información de línea base social y Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, 2020.

Figura IV.144 Localidades identificadas con población indígena y porcentajes en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia.

De acuerdo con el censo del Catálogo de Localidades Indígenas del Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (2010), el Consejo Nacional de Población (2010) y el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020), en el SAR, ha habido una disminución de 157 personas que se identificaron como hablantes de alguna lengua indígena, en un lapso de 10 años. En la actualidad, 14 personas fueron identificadas por INEGI (2020), lo cual se encuentra alineado con los resultados del estudio de línea de base social sobre este tema. En la **Figura IV.145** puede observarse la modificación de la población indígena registrada en la última década.

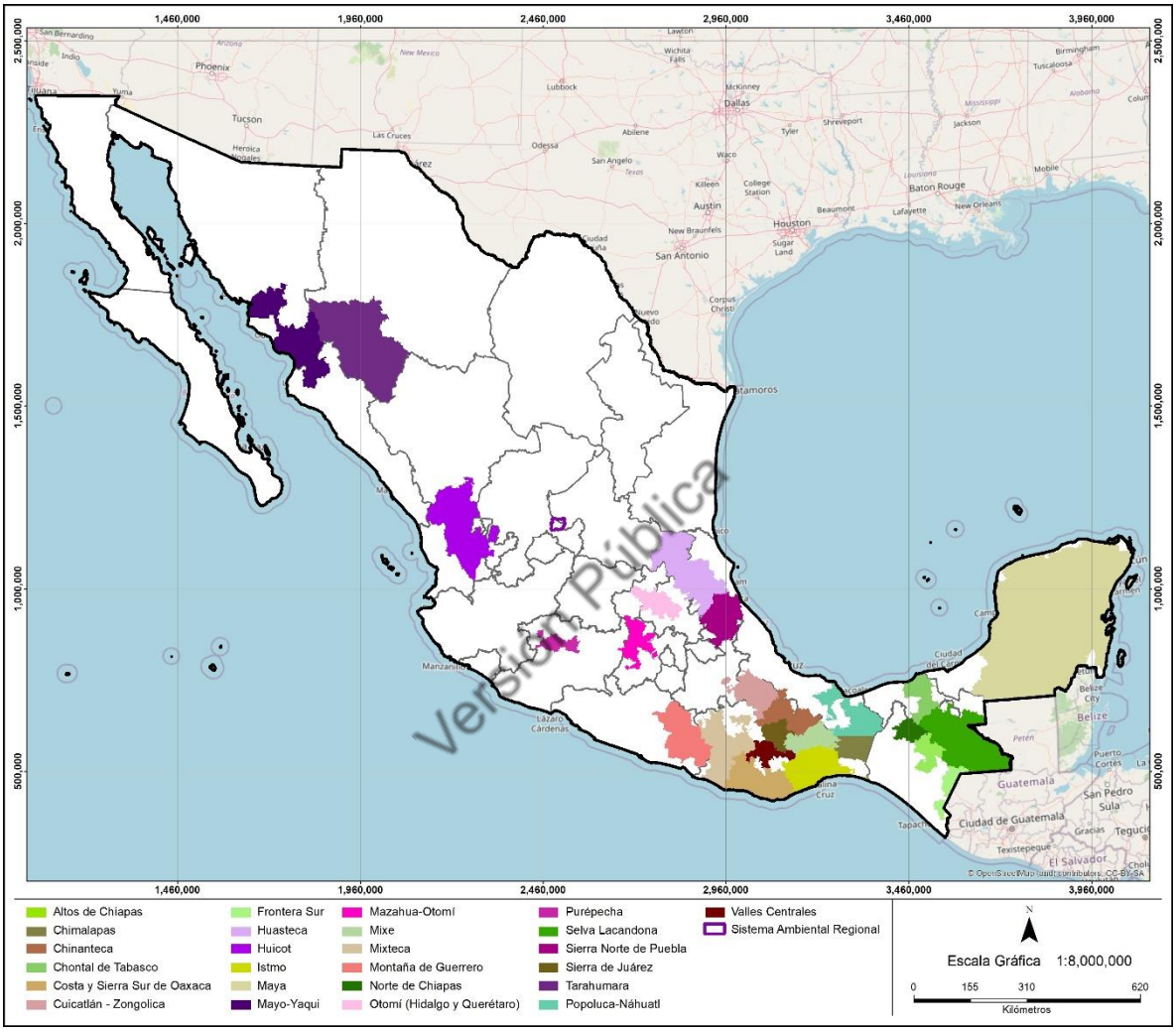


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información Disponible del Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2020, Catálogo de Localidades Indígenas del INPI (2010) y Consejo Nacional de Población (2010).

Figura IV.145 Población indígena en el Sistema Ambiental Regional en el periodo 2010-2020.

A partir de la revisión realizada en el Catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México, con sus auto denominaciones y referencias geoestadísticas del Instituto Nacional de Lenguas Indígenas, en las localidades identificadas dentro del SAR, se determina que no hay presencia de hablantes de alguna variante lingüística. La zona en donde se desarrollará el Proyecto, no se encuentra en ninguna región indígena. La región indígena más cercana al Proyecto se localiza a 160 kilómetros de distancia, conocida como Huicot o Gran Nayar, de acuerdo con el estudio “Regiones Indígenas de México” publicado por la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) hoy INPI, publicado en el año 2006.

En la **Figura IV.146** se encuentra representada la ubicación del SAR con respecto de las Regiones Indígenas de México, apreciándose con claridad que, el proyecto minero se ubica fuera de cualquier región indígena identificada oficialmente.

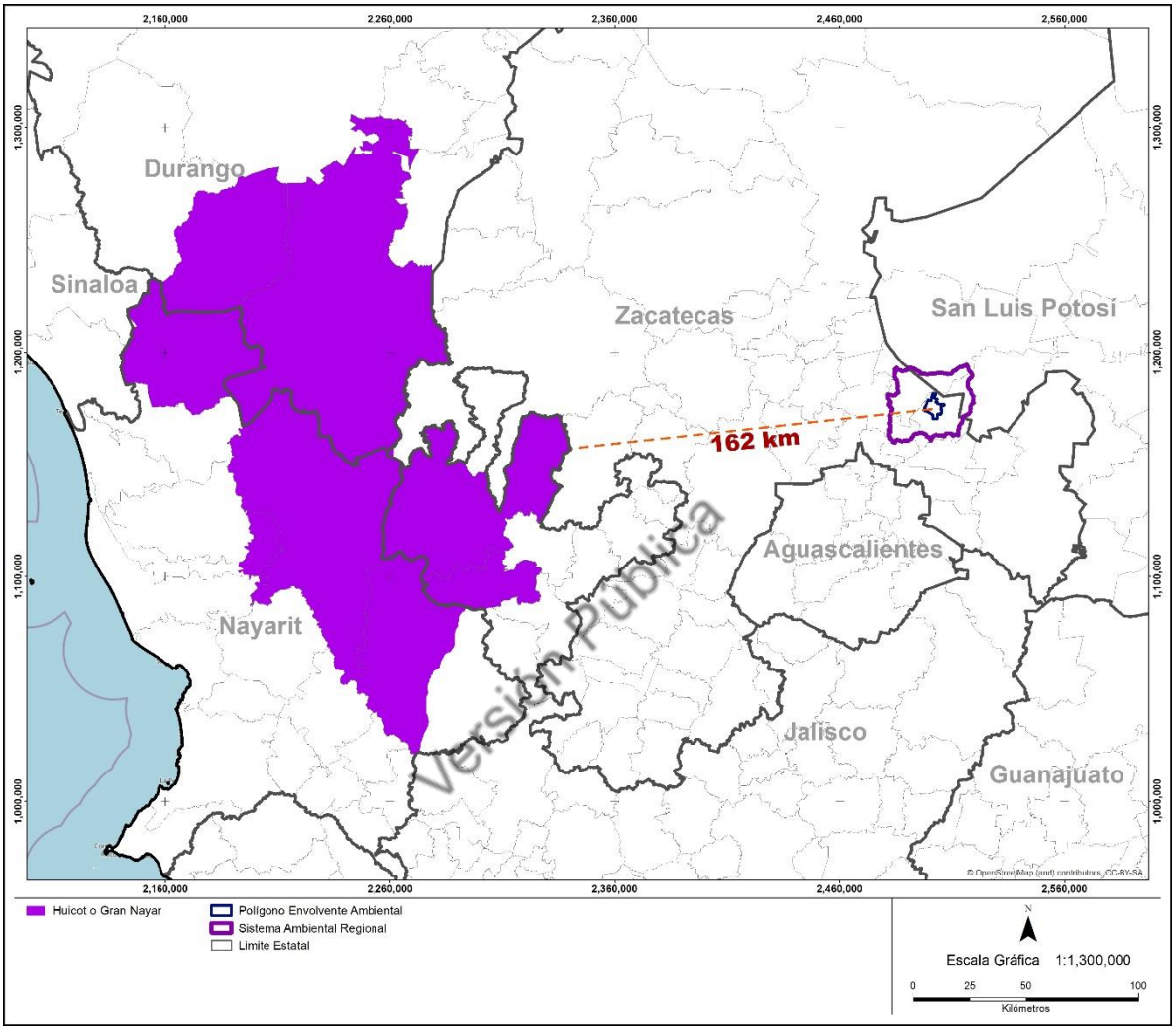


Fuente: Elaboración propia basada en el Censo de Localidades Indígenas (INPI) y la publicación "Regiones indígenas de México" (2006).

Figura IV.146 Las Regiones Indígenas de México en relación con la localización del Sistema Ambiental Regional.

La región de Huicot o el Gran Nayar, que abarca parte de los estados de Nayarit, Durango y Jalisco, se ubica a una distancia de 162 kilómetros lineales desde el centro del SAR, tal como puede observarse en la **Figura IV.147.** Aunado a la revisión de la información obtenida por el Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020, se realizó una consulta con la autoridad responsable de

implementar las políticas públicas encaminadas a la promoción y el respeto de los derechos de los pueblos y comunidades indígenas, con el propósito de obtener información clara y fidedigna.



Fuente: Elaboración propia basada en el Censo de Localidades Indígenas (INPI) y la publicación "Regiones indígenas de México" (2006).

Figura IV.147 Ubicación de la región indígena Huicot o Gran Nayar, con respecto de la ubicación del Sistema Ambiental Regional.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI), en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, se estimó que, el volumen de la población indígena asciende a 46 y 139 personas indígenas respectivamente, lo que representa el 0.4% y el 0.6% de la población total de cada municipio, respectivamente. Mediante el oficio [redacted] consultado el día 16 de agosto de 2019, el Instituto corrobora que:

> "la información acerca de los pueblos indígenas estimada en estos municipios no está disponible, debido a que la lengua de los ascendentes de los hogares indígenas no fue suficientemente especificada. De acuerdo a la información disponible, esta población es parte de los pueblos Mixe, Nahuas, Zapotecos, Mazatecos, Otomís, Mayas y de la clasificación "Otras lenguas de América" [...] de acuerdo al Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México con sus autodeterminaciones y referencias geoestadísticas del INALI, ninguna de estas agrupaciones lingüísticas tiene una referencia geográfica en esos municipios, por lo cual, la población indígena identificada por el censo se puede considerar migrante".

El INPI, en seguimiento a la solicitud de información referida, estableció que, en los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega, de acuerdo a la información obtenida en el año 2010, se encontraban registradas un total de 153 personas hablantes de las lenguas indígenas: Mixe (7), Náhuatl (6), Zapoteco (6), Mazateco (5), Otomí (4), Otras lenguas de América (3), Maya (1) y un total de 113 personas que no especificaron suficientemente la lengua indígena hablada al momento de la realización de dicho censo (**Figura IV.114**).

Versión Pública

Cuadro IV.114 Distribución de la población indígena según agrupación lingüística en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera en el Estado de Zacatecas en el año 2010.

Agrupación lingüística o pueblo indígena	General Pánfilo Natera	Villa González Ortega	Total
Lengua insuficientemente especificada	113	40	153
Mixe	7	-	7
Náhuatl	6	-	6
Zapoteco	-	6	6
Mazateco	5	-	5
Otomí	4	-	4
Otras lenguas de América	3	-	3
Maya	1	-	1

Fuente: INPI, Sistema de indicadores sobre la población indígena de México, oficio [redacted].

Habiendo constatado que no existen comunidades indígenas actualmente habitando en el AI ni en el SAR, para el Proyecto San Nicolás ha resultado de relevancia identificar si en este mismo ámbito existen comunidades afromexicanas o equiparables, según lo refiere el artículo segundo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), así como en la literatura existente en el tema desde un enfoque de derechos culturales tales como las de la Comisión

Nacional de Derechos Humanos (CNDH) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), en diversas publicaciones.

Según el INEGI, las comunidades afromexicanas son aquellas conformadas por personas que descienden de los africanos que llegaron a México durante el periodo colonial para trabajar de manera forzada en haciendas, ingenios, minas, manufacturas, o el comercio, y que al día de hoy conservan los rasgos identitarios con su pasado y una conexión histórica con el territorio en donde se encuentran establecidos.

Las comunidades equiparables hacen referencia a toda comunidad no perteneciente a la sociedad hegemónica mexicana, que no se identifica ni como indígena ni como afromexicana, que las distingue un conjunto de elementos identitarios socioculturales comunes y además mantienen una conexión espacial e histórica con el territorio que habitan.

De acuerdo con los estudios de línea base social realizados en el SAR y el AI del Proyecto San Nicolás, no se constatan comunidades afromexicanas o equiparables. Sin embargo, sí se identificó algunos individuos dispersos que se identifican como personas descendientes afromexicanos (341 personas, lo que corresponde al 0.98% de la población total en el SAR), así como individuos que se identifican como indígenas (14 personas, lo que corresponde al 0.03% de la población total en el SAR), quienes están siendo incluidos en todos los planes y programas de relacionamiento social y participación del proyecto minero, de forma culturalmente apropiada.

Versión Pública

IV.3.3.2.4. Cultura, historia y tradiciones

La caracterización sociocultural de un territorio o región implica entender el auto reconocimiento de los actores sociales y las formas simbólico-expresivas de las que forman parte. Coincidimos en el hecho de que un territorio y una región son contenedores de ciertos modos de producción y de una organización particular en torno al flujo de mercancías, capitales y personas (Giménez; 1999). Sin embargo, es necesario trascender hacia los significados y los tramados simbólicos que también les constituyen. En ese sentido, otorgar una categoría analítica a los sujetos de análisis es indispensable; la categorización que consideramos óptima para comprender a los actores sociales es la de mestizos-rancheros. Como se señaló en el apartado anterior, el trabajo en el campo, sea por vía de la agricultura o la ganadería, es concebido como un práctica ancestral y tradicional no redituable. No obstante, de esa práctica se desprende el auto reconocimiento de ser ranchero, de ser aquel que conoce el comportamiento de las nubes, la precipitación pluvial, la identificación de las plantas y de los animales que forman parte permanente del paisaje.

Ser ranchero o ranchera implica un segundo elemento constante en las comunidades analizadas: participar de las festividades católicas que implican ser parte del circuito de

peregrinaciones en torno a santos y vírgenes tales como: San Nicolás, San Pablo, San Antonio, la Virgen del Refugio, la Virgen del Carmen, la Virgen de Santa Ana, entre otras. Al peregrinaje se suman al menos tres actos rituales clave: ofrecer reliquia a los participantes del circuito festivo, compuesto siempre por el asado de boda; participar de las cabalgatas y/o del gallo enterrado, y sumarse a la cuadrilla de la danza de matachines. De esta manera, pertenecer a una comunidad religiosa significa compartir los elementos centrales del complejo simbólico-cultural que los define.

La danza de matachines es, sin lugar a dudas, el patrimonio intangible más sobresaliente de la región. Esta danza tiene presencia en buena parte del norte de México, aunque en Chihuahua, Durango y Zacatecas es donde más se ha arraigado entre los varones y tiene distintas variantes.

Es de llamar la atención que cada municipio y comunidad recorrida cuenta al menos con una cuadrilla de danzantes matachines, y es en la comunidad de Refugio del Zacate donde la gente identifica a *los más famosos.* Aunque en sus orígenes esta danza fue adquirida en el proceso de conquista y representaba una versión más de la *mata moros*, hoy en buena parte de las zonas semidesérticas está asociada con la petición de lluvias en las fiestas católicas más solemnes.

Versión Pública

Una de las festividades más importantes en la región ocurre cada día 19 de mayo en Villa González Ortega, esta corresponde a la fiesta patronal dedicada al Santo Cristo Señor de Santa Teresa. Además de danzas tradicionales, fuegos pirotécnicos y eventos culturales, el evento incluye una feria regional que concluye con la coronación de la reina de la festividad. Otras festividades importantes son las del día de la Santa Cruz el 3 de mayo; y la celebración a Cristo Rey el 30 de octubre. Además, está la fiesta patronal de San Antonio de las Huertas, El Refugio del Zacate, la Colonia Diez de Noviembre, El Tule, Santa Elena, la fiesta patronal en la Estancia de Ánimas, dedicado al Sagrado Corazón de Jesús y las fiestas de Bajío de San Nicolás que se realizan en honor a la Virgen de Guadalupe y a San Nicolás Tolentino el 10 de septiembre.

Otro rasgo cultural altamente significativo es que el día de la Virgen de Guadalupe se celebra el 12 de octubre. Este ajuste calendárico constituye un elemento para diferenciar Aridoamérica y Mesoamérica. Es interesante que, en el norte del país, se optó por asumir el dictado español de celebrar la hispanidad con la coronación canónica de la Virgen de Guadalupe.

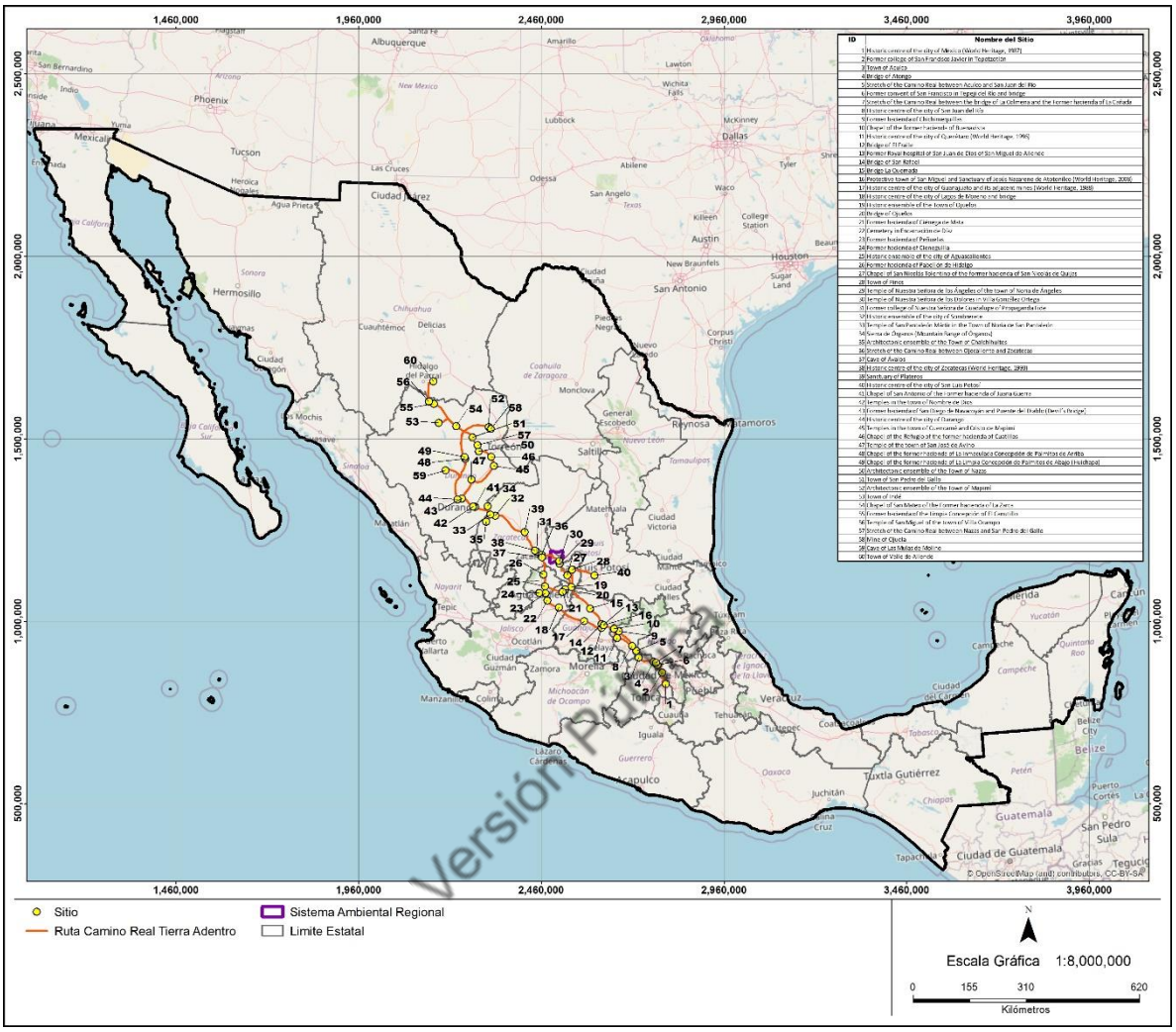
El hecho de que sean las fiestas católicas las que articulan el circuito festivo no significa que haya ausencia de otros sistemas religiosos, los cuales han sido identificados en el trabajo de campo, sin embargo, constituyen una minoría, y no han adquirido aún preponderancia suficiente para articular la vida comunitaria a su alrededor. De igual manera es importante señalar que hasta ahora, la diversidad religiosa no ha generado conflictos.

En relación a las artesanías, el sureste zacatecano destaca por la realización de productos piteados en cueros, talabartería, figuras de chaquira, artes de madera, metalistería y trabajos textiles. De igual manera, esta región posee una tradición gastronómica sustentada en el consumo del aguamiel y el mezcal, así como la preparación del mole, la birria, el asado, el pozole, el pan ranchero, el caldo de rata de campo y diversas plantas y cactáceas de la región.

Villa González Ortega en conjunto con otros municipios del Estado de Zacatecas, así como los estados vecinos de San Luis Potosí y Guanajuato, forman parte del "Camino Real de Tierra Adentro". La extensión de este camino conecta al sur el Estado de Hidalgo y al norte el Estado de Chihuahua, atravesando todo el centro de México, pasando por la Ciudad de México los estados de México, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco y Durango, conectando los antiguos sitios productores de mineral, desde la época de la colonia en el siglo XVI hasta el siglo XIX.

El Camino Real de Tierra Adentro, de acuerdo con el expediente del Consejo Mundial de Monumentos (ICOMOS 2010, expediente 1351-1691), se compone por un total de 60 sitios monumentales a lo largo de 1,400 kilómetros, así como 11 centros históricos, 9 pueblos, 7 ex haciendas, 7 templos, 6 capillas, 5 puentes, 4 estrechos de camino, 2 ex internados o colegios, 2 cuevas, una mina, un convento, un ex hospital real y un cementerio. Además, se asocia con sitios previamente declarados como Patrimonio Mundial de la Humanidad, y que son: el centro histórico de la Ciudad de México, La zona de monumentos históricos de la ciudad de Querétaro, la ciudad protegida de San Miguel de Allende y el Santuario de Atotonilco, el centro histórico de Guanajuato y las minas adyacentes y el centro histórico de la ciudad de Zacatecas. En la **Figura IV.148** se muestra el trazo del "Camino Real de Tierra Adentro" declarado por la UNESCO como patrimonio mundial en el año 2010.

Versión Pública

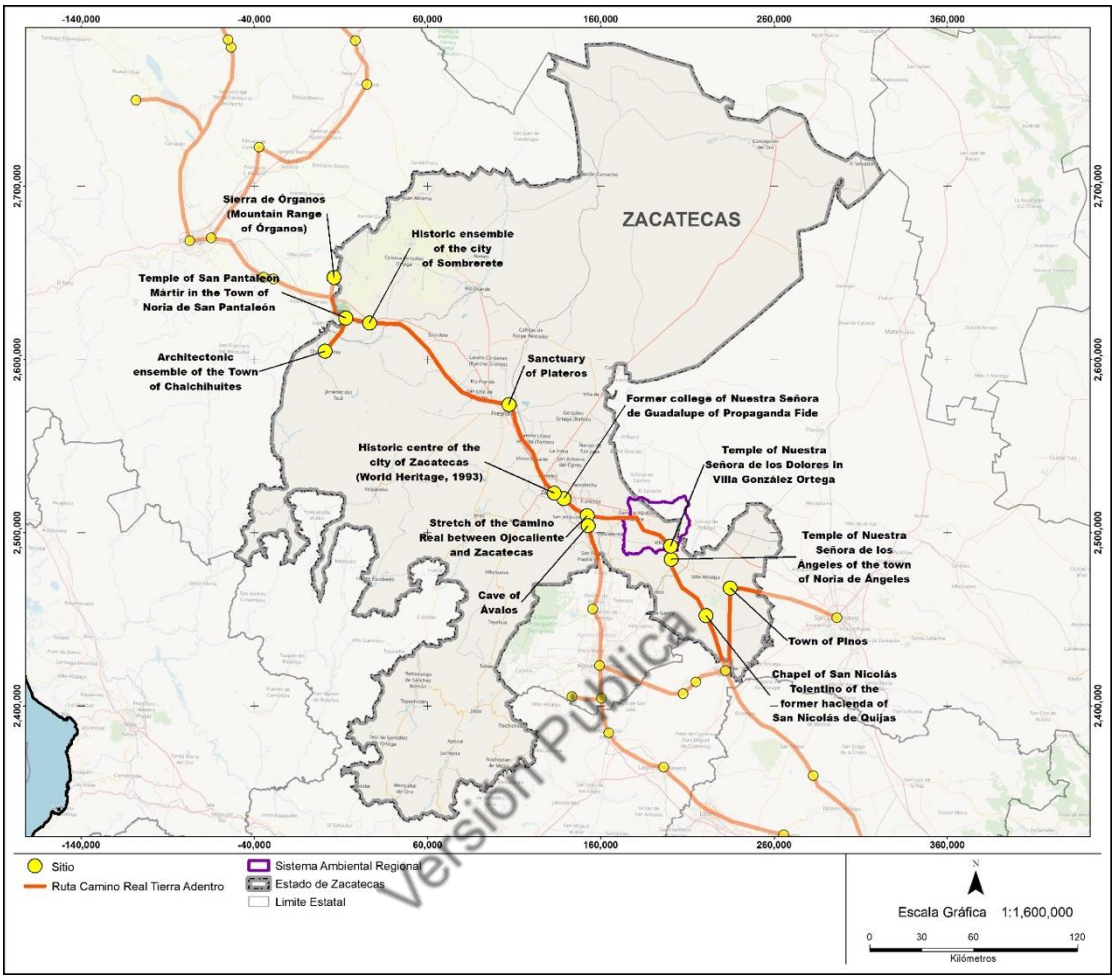


Fuente: Elaboración propia, basada en la declaratoria de Patrimonio de la Humanidad del "Camino Real de Tierra Adentro" publicado por UNESCO e ICOMOS (2009).

Figura IV.148 Ruta del "Camino Real de Tierra Adentro" en el territorio nacional y la ubicación del Sistema Ambiental Regional.

El Camino Real de Tierra Adentro, a su paso por el Estado de Zacatecas, encuentra diversos sitios y puntos de interés que actualmente se encuentran bien preservados y custodiados por los municipios en donde estos se ubican. Dentro del SAR destaca el Templo de Nuestra Señora de los Dolores, de Villa González Ortega, así como su perímetro inmediato de protección.

En la **Figura IV.149** se ha incluido un detallado trazo del Camino Real de Tierra Adentro a su paso por el Estado de Zacatecas, en relación con el SAR, y que hace referencia al trazado actual de la Carretera Estatal 144 en su tramo Noria de Ángeles, Villa González Ortega y Ojocaliente.

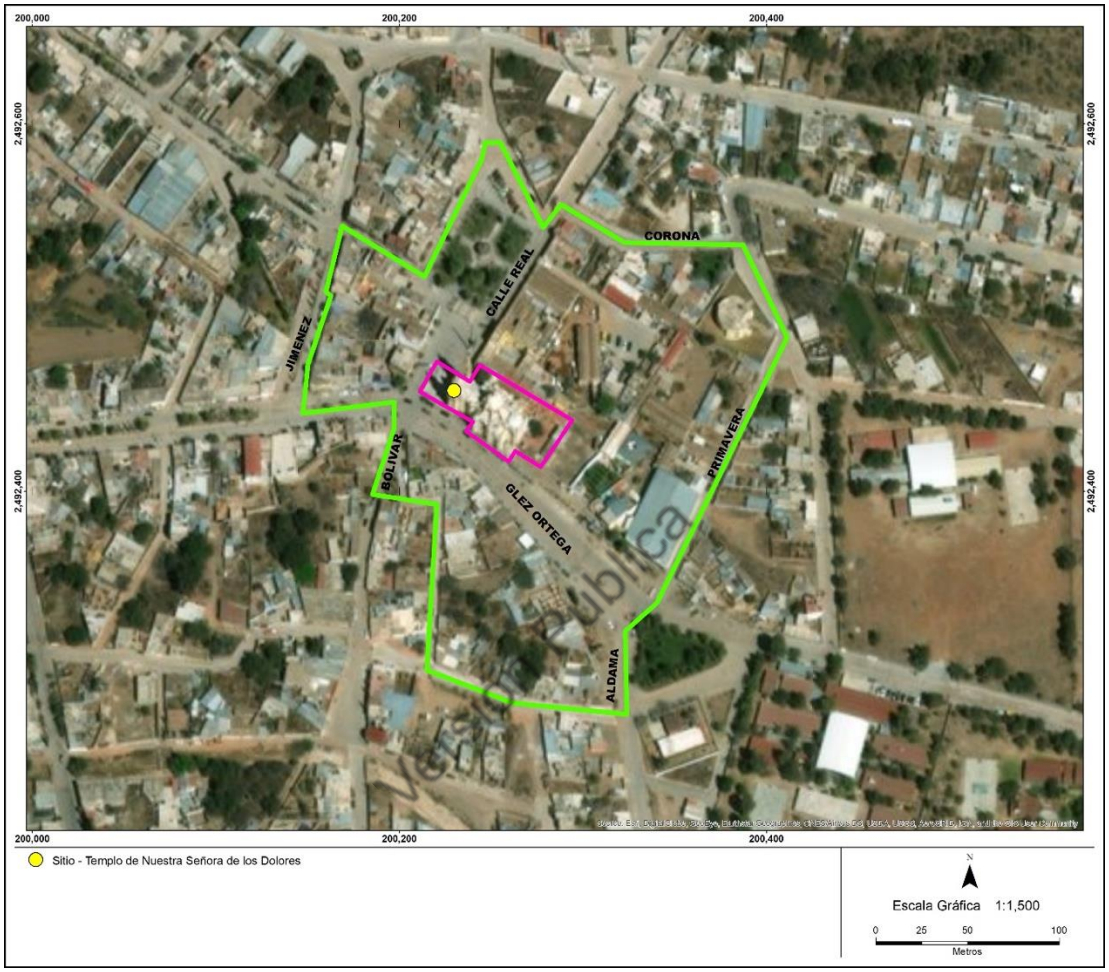


Fuente: Elaboración propia, basada en la declaratoria de Patrimonio de la Humanidad del "Camino Real de Tierra Adentro" publicado por UNESCO e ICOMOS (2009).

Figura IV.149 El Camino Real de Tierra Adentro en el Estado de Zacatecas y la ubicación del Sistema Ambiental Regional.

Otro elemento patrimonial de relevancia en la zona es la ex Hacienda el Carro, la cual fue construida en 1548 en donde hoy se ubica la Presidencia Municipal de Villa González Ortega. Aún pueden visitarse las corraletas o antiguos almacenes de granos y forrajes, los torreones de las antiguas murallas y reminiscencias de las norias que abastecían de agua a esta empresa. Otro baluarte patrimonial ya mencionado es el templo del Señor Cristo de Santa Teresa considerado el principal centro religioso en el SAR, y que por su monumentalidad algunos le llaman la catedral del sureste zacatecano. Tanto la ex Hacienda El Carro, como el Templo de Nuestra Señora de los Dolores, ambos ubicados en la plaza principal de la cabecera municipal de Villa González Ortega,

así como el polígono de protección inmediato establecido por UNESCO, dentro de la declaratoria patrimonial, se muestran en la **Figura IV.150**.



Fuente: Elaboración propia, basada en la declaratoria de Patrimonio de la Humanidad del "Camino Real de Tierra Adentro" publicado por UNESCO e ICOMOS (2009).

Figura IV.150 Templo de Nuestra Señora de los Dolores y polígono de protección en la cabecera municipal de Villa González Ortega.

Finalmente, el Centro Cultural Municipal de Villa González Ortega posee un acervo histórico, fotográfico y bibliográfico, dedicado a la difusión de la historia de la fundación de la Hacienda el Carro y posteriormente el advenimiento del municipio. Remanencias de la Hacienda pueden ser identificadas en diversas comunidades cercanas al Proyecto, como lo son Bajío de San Nicolás, Estancia de Ánimas, Santa Elena, e incluso El Refugio del Zacate.

IV.3.3.2.5. Seguridad y Justicia

En el SAR las corporaciones de seguridad pública que mantienen presencia son fundamentalmente aquellas pertenecientes a la jurisdicción municipal. No existen en la actualidad bases o destacamentos de la policía estatal o federal, tampoco del ejército ni de la guardia nacional.

Las oficinas del ministerio público que dan cobertura y atención para la recepción de las denuncias del orden penal se ubican en Ojocaliente y Pinos, para los municipios del sureste Zacatecano y en Salinas, San Luis Potosí.

De acuerdo con los hallazgos obtenidos en campo, durante las entrevistas a profundidad y la encuesta aplicada, la población manifiesta que el motivo principal por la baja o nula cultura de la denuncia se debe a la poca confianza existente en las instituciones encargadas de cumplir y hacer cumplir la ley.

De acuerdo con información oficial, dada a conocer por el Sistema Nacional de Seguridad Pública en México, así como la información que proporciona el INEGI a través de la Encuesta Nacional de Víctimas del Delito (ENVIPE, 2019) y la Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU, 2020), en México, el 68.1% de la población mayor de edad se considera insegura viviendo en su ciudad de origen. Particularmente en Zacatecas, el porcentaje de percepción de la inseguridad en la ciudad de origen es del 85.9%. Para el caso de San Luis Potosí, el porcentaje es de 87% de percepción de inseguridad. A nivel nacional, 28% del total de hogares en el país contó con al menos una víctima de delito de robo y/o extorsión, durante el año 2020. De acuerdo con los resultados de la ENVIPE, para el Estado de Zacatecas, la tasa de delitos más frecuentes (número total de delitos por cada 100,000 habitantes), para la población mayor de 18 años de edad, por tipo de delito corresponde al siguiente **Cuadro IV.115**.

Versión Pública

Cuadro IV.115 Tasa de delitos más frecuentes en el Estado de Zacatecas.

Tipo de delito	2017	2018	Porcentaje de distribución actual (2018)
Extorsión	16,522	10,732	40%
Robo de vehículo	3,487	4,264	16%
Amenazas verbales	3,762	3,125	12%
Fraude	3,325	2,496	9%
Robo en casa habitación	1,716	1,905	7$
Robo o asalto en calle	2,775	1,769	7%

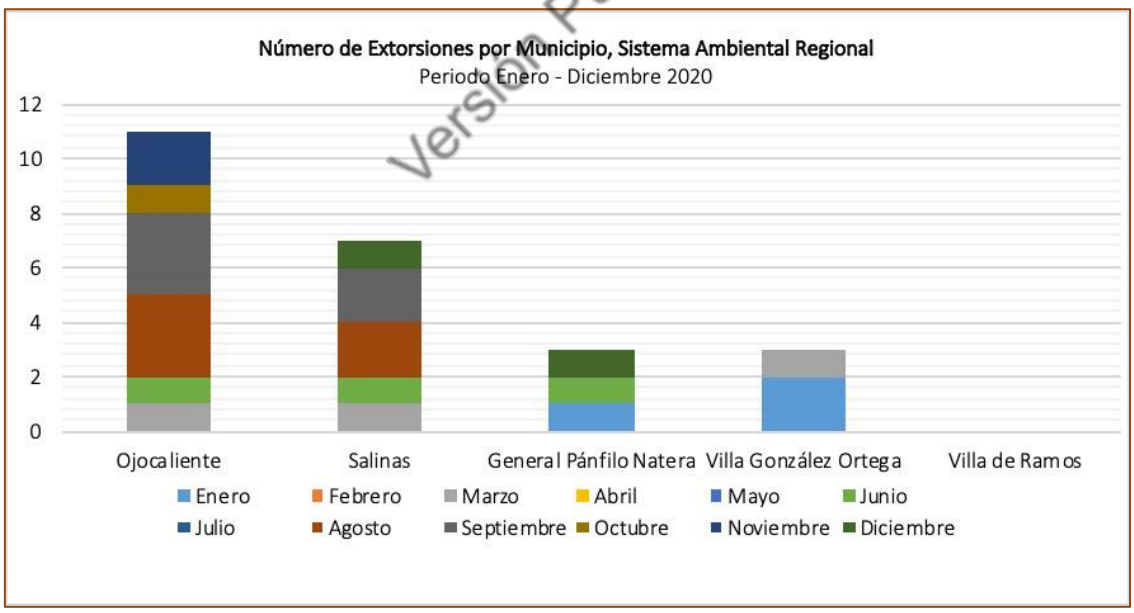
Cuadro IV.115 Tasa de delitos más frecuentes en el Estado de Zacatecas.

Tipo de delito	2017	2018	Porcentaje de distribución actual (2018)
Otros robos	900	1,109	4%
Lesiones	1,268	705	3%
Otros delitos	886	565	2%

Fuente: Elaboración propia utilizando información de ENVIPE 2019.

Para analizar la situación de seguridad y justicia en el SAR, se han elegido los delitos de mayor prevalencia en la región, para analizar las tendencias y comparar las características de cada uno de los municipios ubicados en el SAR, durante el año 2020. Los delitos analizados son: extorsión, homicidio y secuestro. En relación al delito de extorsión, vemos que el municipio con el número de más elevado de denuncias por este delito es Ojocaliente (11), seguido por Salinas (7), posteriormente General Pánfilo Natera (3) y Villa González Ortega (3), y finalmente Villa de Ramos, sin registros oficiales de este delito (**Figura IV.151**).

Versión Pública

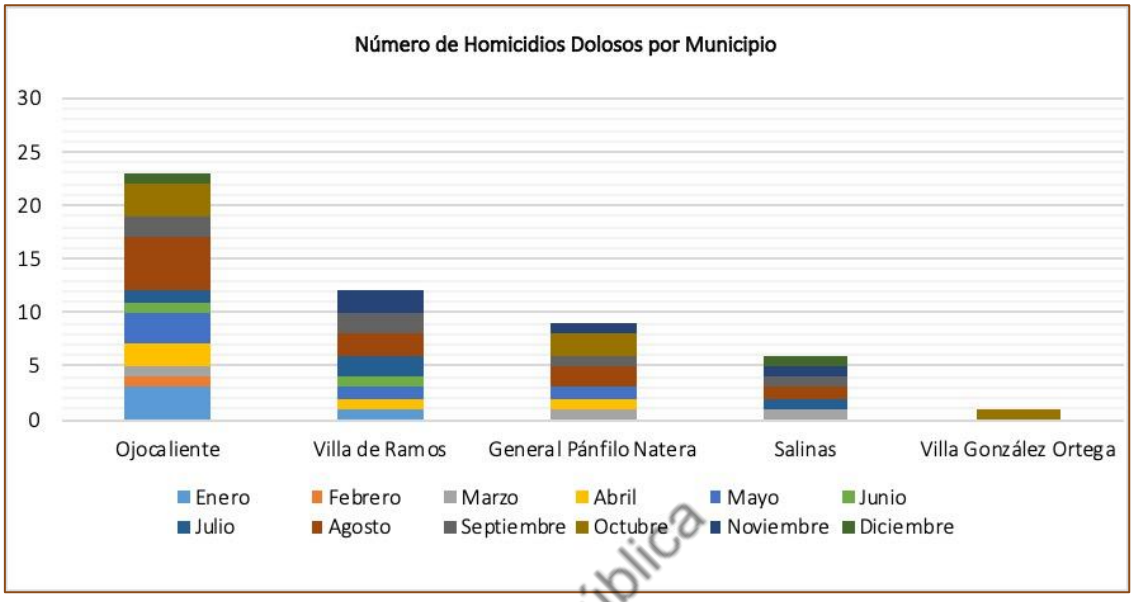


Fuente: Elaboración propia utilizando información de ENVIPE 2020.

Figura IV.151 Número de extorsiones por municipio en el Sistema Ambiental Regional.

Tratándose del delito de homicidios, las tendencias delictivas por municipio mantienen a la cabeza el Municipio de Ojocaliente, con 23 homicidios dolosos registrados durante el año 2020. En

segundo lugar, se ubica Villa de Ramos (12), en tercer lugar, General Pánfilo Natera (9), seguido de Salinas (6) y en el último lugar Villa González Ortega (1) (**Figura IV.152**).

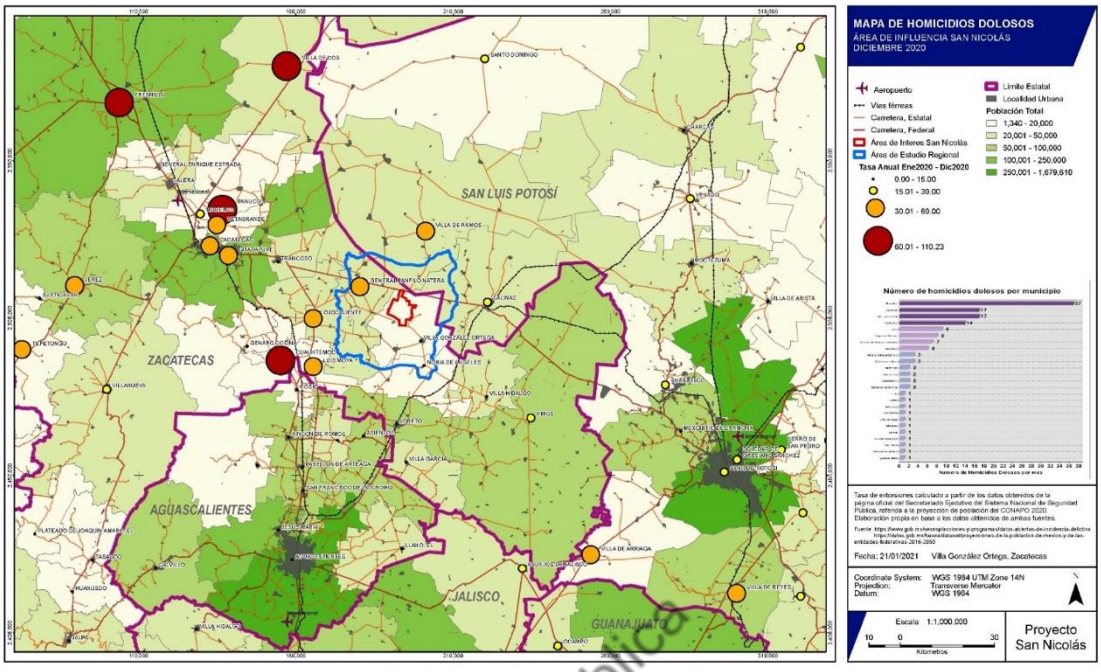


Fuente: Elaboración propia utilizando información de ENVIPE 2020.

Figura IV.152 Número de homicidios dolosos por municipio en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

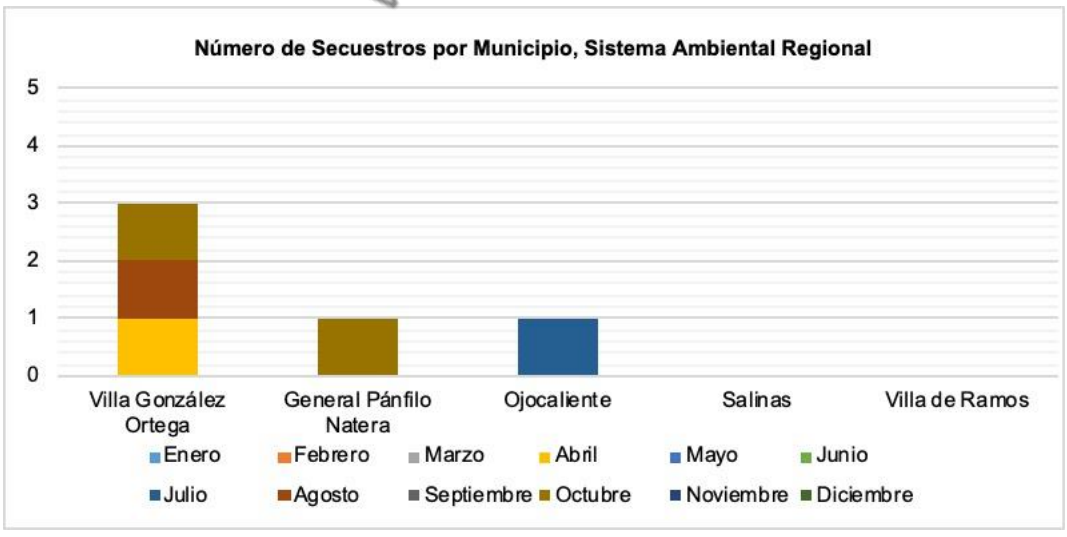
A nivel macro regional, puede apreciarse la tendencia de este delito, de acuerdo con el mapa que a continuación se presenta. En el mismo puede observarse el SAR, así como la tendencia delictiva en los principales centros de población (**Figura IV.153**). En lo que se refiere al delito de secuestro, el comportamiento de esta conducta antisocial en el SAR, de acuerdo con los datos oficiales, tiene una modificación en los patrones y tendencias que claramente pueden constatarse. Para este delito, el municipio con el mayor número de registros es Villa González Ortega (3), seguido de General Pánfilo Natera y Ojocaliente, con 1 caso respectivamente, y finalmente Salinas y Villa de Ramos, sin casos registrados (**Figura IV.154**). Es importante destacar que, el delito de secuestro, según las autoridades de Seguridad Pública y Procuración de Justicia, sigue siendo un delito con alta presencia en la región, sin embargo, la cultura de la denuncia, por las amenazas y el miedo, sigue siendo muy baja, motivo por el cual la cifra negra de este delito continúa expandiéndose.



Fuente: Elaboración propia utilizando información de ENVIPE 2020.

Figura IV.153 Homicidios dolosos al cierre de diciembre 2020 en la macro región del Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia utilizando información de ENVIPE 2020.

Figura IV.154 Número de secuestros por municipio en el Sistema Ambiental Regional. Índice de Desarrollo Humano y Rezago Social.

IV.3.3.2.5.1. Índice de Desarrollo Humano (IDH)

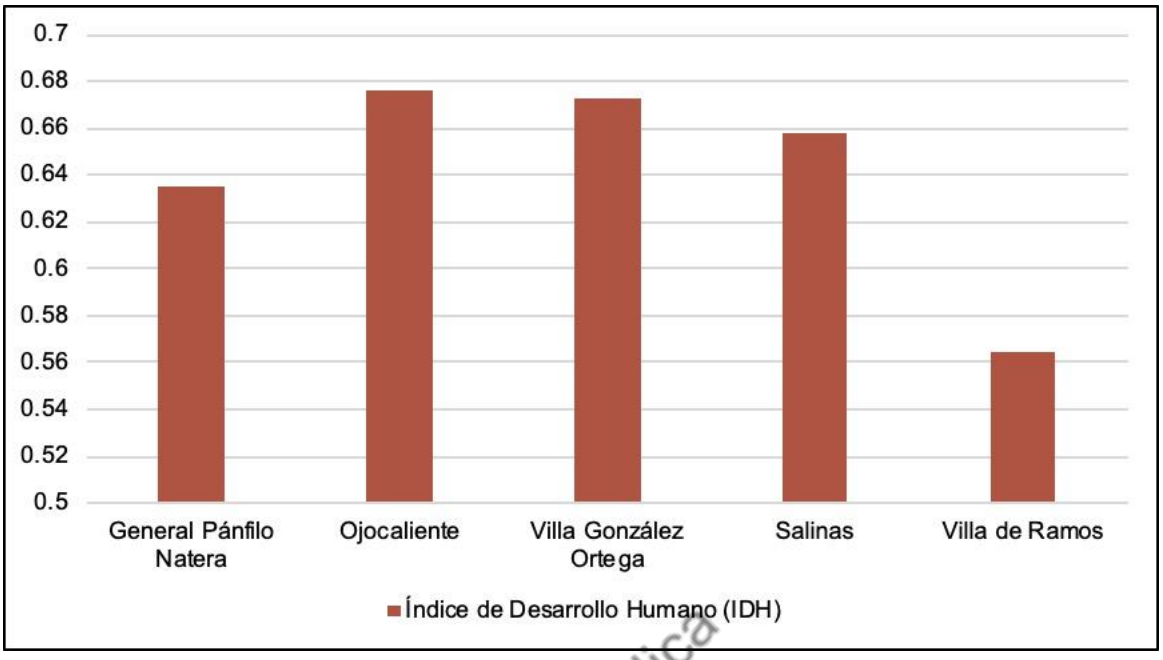
De acuerdo con el estudio Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología, publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en el año 2014, el país se ubica en el grupo de países con desarrollo humano alto. A nivel nacional, la Ciudad de México, Nuevo León, y Baja California Sur son las entidades con mayor nivel de desarrollo, mientras que las entidades de Chiapas, Oaxaca y Guerrero se ubican en las tres últimas posiciones del ordenamiento nacional. Para el Estado de Zacatecas el índice de desarrollo humano es de 0.717, y para San Luis Potosí se tiene un IDH de 0.722. Este índice se compone de tres dimensiones básicas de medición que son: salud, educación e ingreso y los indicadores considerados para obtener el IDH son los siguientes:

- Tasa de mortalidad infantil. Se refiere al número de defunciones de menores de un año de edad por cada mil nacimientos ocurridos en el año 2014.
- Años promedio de escolaridad. Se refiere a la media de los años acumulados de educación de todas las personas mayores a 24 años a nivel municipal.
- Años esperados de escolarización. Se refiere a la población que asiste a la escuela entre 6 y 24 años entre la población de 6 a 24 años de 2014.
- Ingreso per cápita anual (dólares estadounidenses PPC): Ingreso per cápita anual de 2014, ajustado a cuentas nacionales (dólares PPC de 2005).
- Índice de salud: Índice calculado a partir de la tasa de mortalidad infantil 2014.
- Índice de educación: Índice calculado a partir de los años promedio de escolaridad 2010 y los años esperados de escolarización 2010.
- Índice de ingreso: Índice calculado a partir del ingreso per cápita anual 2014.

Versión Pública

En el **Cuadro IV.116** se presentan los valores de los indicadores que conforman el IDH, así como el valor final del indicador para los municipios que conforman el SAR del Proyecto San Nicolás (Villa González Ortega, General Pánfilo Natera; Ojocaliente; Salinas y Villa de Ramos).

A partir de la información anterior se identifica que el promedio del IDH en los municipios de estudio es de 0.642 (lo que equivale a desarrollo humano medio). Sin embargo, este índice no es homogéneo en los municipios que conforman el SAR, por ejemplo, se observa que Villa de Ramos tiene el IDH más bajo (0.564) de este grupo de municipios, como consecuencia fundamental por su bajo índice de educación, mientras que Ojocaliente (0.676) tiene el nivel más alto impulsado por su alto índice en salud, seguido por Villa González Ortega (0.673) (**Figura IV.155**).



Fuente: Elaboración propia con información del Índice de Desarrollo Humano Municipal 2014.

Figura IV.155 Índice de Desarrollo Humano Municipal en el Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Para finalizar con el tema de Desarrollo Humano, es importante señalar que este indicador tiene variaciones importantes en el SAR, y aunque su estimación responde a diversos indicadores, las acciones que ayuden a mejorar este indicador tendrán una vinculación real con las áreas próximas al Proyecto, lo que permitirá medir y tomar en consideración que la evolución de este índice tiene relación con la dinámica local y regional, incluido el desarrollo de este Proyecto.

Cuadro IV.116 Indicadores del Índice de Desarrollo Humano.

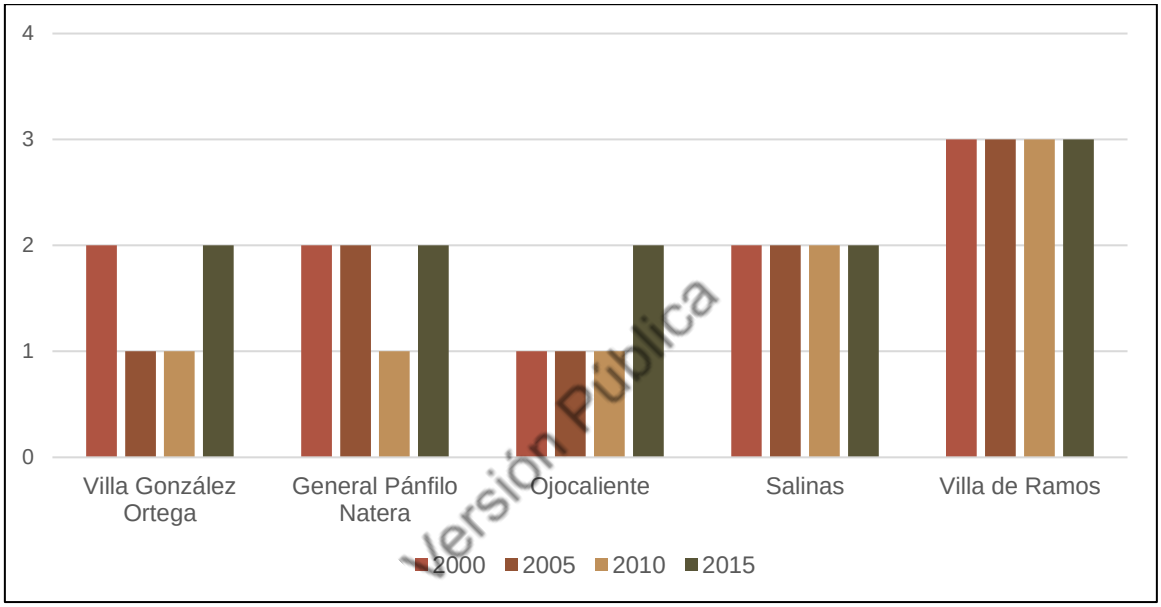
Estado	Municipio	Años promedio de escolaridad	Años esperados de escolarización	Ingreso per cápita anual (dólares PPC)	Tasa de Mortalidad Infantil	Índice de educación	Índice de ingreso	Índice de salud	Valor del Índice de Desarrollo Humano (IDH)
Zacatecas	General Pánfilo Natera	5.3	10.8	6,314	13.8	0.506	0.594	0.854	**0.635**
Zacatecas	Ojocaliente	7.0	11.2	7,699	15.1	0.592	0.622	0.838	**0.676**
Zacatecas	Villa González Ortega	5.8	11.7	7,854	11.6	0.554	0.625	0.880	**0.673**
San Luis Potosí	Salinas	6.3	10.7	8,090	16.0	0.548	0.629	0.827	**0.658**
San Luis Potosí	Villa de Ramos	4.3	10.0	4,989	23.8	0.440	0.560	0.730	**0.564**

Fuente: Elaboración propia con información del Índice de Desarrollo Humano Municipal 2014.

Versión Pública

IV.3.3.2.5.2. Índice de Rezago Social (IRS) y pobreza en el SAR

El Índice de Rezago Social (IRS) es una medición multidimensional de la pobreza desarrollado por CONEVAL. Este índice incorpora indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda). Los cinco estratos en que se distribuye el índice son: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social. En la siguiente **Figura IV.156** se muestra el rezago social para los municipios del área regional de estudio.



Nota: 0= sin rezago social; 1= muy bajo; 2= bajo, y 3= medio rezago social.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de CONEVAL 2015.

Figura IV.156 Grado de Rezago Social de los Municipios dentro del Sistema Ambiental Regional en el periodo 2000-2015.

En el caso de los municipios de San Luis Potosí (Salinas y Villa de Ramos) se observa un comportamiento constante en cuanto al índice de rezago social, pues en Salinas se ha mantenido con un grado de rezago social desde el año 2000, al igual que Villa de Ramos cuyo índice se ha mantenido en grado medio desde el año 2000 al 2015.

Asimismo, en los municipios del Estado de Zacatecas este índice sí ha prestado fluctuaciones en el mismo intervalo de tiempo, registrándose para los municipios lo siguiente:

- General Pánfilo Natera: En el año 2010 registró su grado de rezago social más bajo durante los 15 años comprendidos en los años 2000-2015.

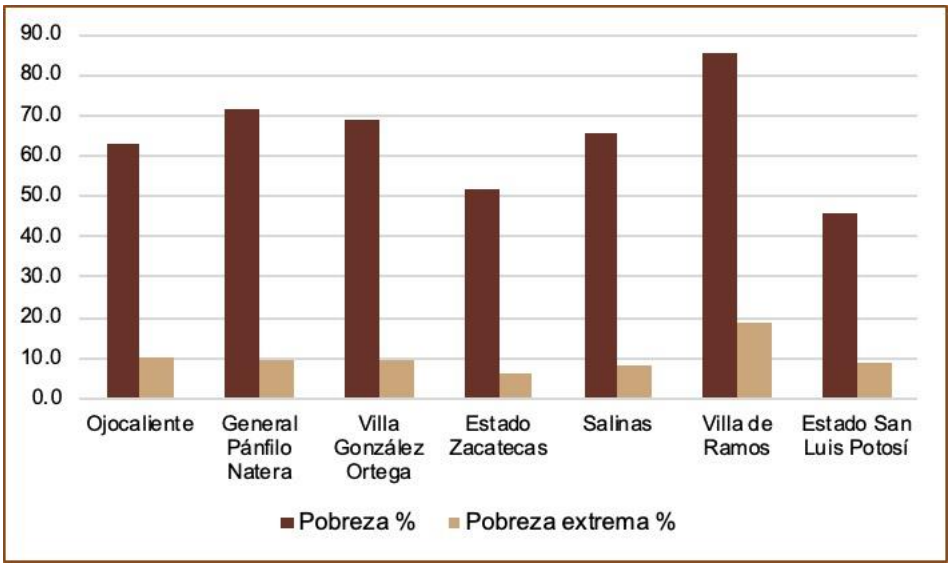
- Villa González Ortega: El IRS más bajo se registró en los años 2005 y 2010, mientras que en el 2015 volvió a ubicarse en el nivel del año 2000.
- Ojocaliente: Durante los años 2000-2010 se mantuvo constante en un IRS muy bajo, sin embargo, en el último estudio (año 2015) registró un retroceso para bajar a un IRS bajo.

Finalmente, estos dos índices coindicen en que la población de los municipios ubicados presenta un grado de desarrollo humano medio-alto y un rezago social que muestra una pobreza baja (al tener un rezago social que oscila entre muy bajo y bajo) con excepción del municipio Villa de Ramos que presenta indicadores de una mayor concentración de población en situación de pobreza.

En relación a la medición de la pobreza, en el Estado de Zacatecas ha existido una tendencia variable al alza y a la baja, en las últimas décadas. Particularmente en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2018 la entidad ha transitado del 50.1% de la población en situación de pobreza, esto es, 742 mil personas, en el año 2008, al 46.8% en 2018, lo que es equivalente a 755 mil personas. Como puede observarse en el **Cuadro IV.117**, si bien es cierto existe una libera tendencia en la disminución de la pobreza, de poco más de 3%, la pobreza extrema, en el mismo periodo disminuyó del 9.5% de la población en 2010, a únicamente 3.4% en el año 2018. De acuerdo con las estimaciones publicadas por el CONEVAL, en el Estado de Zacatecas, durante el año 2015, el 51.5% de la población se ubicó por debajo de la línea de la pobreza. Para el mismo periodo, en el Estado de San Luis Potosí, el porcentaje era del 45.6% del total de la población.

Versión Pública

En lo que se refiere a la población que se ubica por debajo de la línea de la extrema pobreza, los porcentajes para ambas entidades fue, en el mismo 2015 de 6.1% para Zacatecas y de 9.1% para San Luis Potosí. Específicamente haciendo referencia a los municipios ubicados dentro del SAR, identificamos que para el año 2015, los porcentajes de la población que se ubicada por debajo de la línea de la pobreza fue: el 85.6% en Villa Ramos; el 71.8% en General Pánfilo Natera; el 69.1% en Villa González Ortega; el 65.8% en Salinas y el 63.0% en Ojocaliente (**Cuadro IV.118** y **Figura IV.157**).



Fuente: Elaboración propia basada en información de CONEVAL e INEGI, 2010 y 2015.

Figura IV.157 Medición de la pobreza por municipio. Número de habitantes y porcentaje de personas que viven en condición de pobreza y pobreza extrema 2015.

Versión Pública

Cuadro IV.117 Medición de la Pobreza, Zacatecas, 2018. Porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, 2008-2018.

Indicadores	Porcentaje						Miles de personas					
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Pobreza												
Población en situación de pobreza	50.1	60.2	54.2	52.3	49.0	46.8	742.2	911.5	835.5	819.8	780.3	755.2
Población en situación de pobreza extrema	9.5	10.8	7.5	5.7	3.5	3.4	140.4	164.1	115.3	89.4	56.1	54.4
Población vulnerable por carencias sociales	27.8	18.4	20.4	24.4	24.4	28.7	411.1	277.7	314.7	381.7	388.2	463.9
Población no pobre y no vulnerable	16.0	14.5	19.0	16.0	17.7	16.8	237.3	219.8	292.1	249.8	281.9	271.1
Carencia social												
Rezago educativo	24.5	22.9	21.1	21.6	17.7	17.8	363.2	345.8	324.8	338.5	281.8	286.7
Acceso a los servicios de salud	32.1	25.6	16.7	14.9	11.5	11.7	474.6	386.6	258.1	232.7	182.7	188.7
Acceso a la seguridad social	67.8	66.6	62.9	63.4	60.4	62.6	1,004.5	1,007.0	970.1	992.4	962.4	1,011.7
Espacios de la vivienda	9.6	5.9	5.1	4.9	5.1	5.4	141.4	88.7	79.0	76.5	82.0	87.5
Acceso a los servicios básicos en la vivienda	14.6	17.8	10.9	13.3	10.7	10.4	216.0	269.6	168.1	209.0	171.1	168.7
Acceso a la alimentación	19.7	24.9	22.3	16.8	15.1	16.6	291.4	376.6	343.8	263.6	239.9	268.7

Fuente: Elaboración propia basada en estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008, 2010, 2012, 2014 y el MEC del MCS-ENIGH 2016 y 2018.

Versión Pública

Cuadro IV.118 Medición de la pobreza por municipio y entidad. Número de habitantes y porcentaje de personas que viven en condición de pobreza y pobreza extrema 2010–2015.

Municipio y entidad	Población 2010	Población 2015	Pobreza				Pobreza extrema			
			% 2010	% 2015	Personas 2010	Personas 2015	% 2010	% 2015	Personas 2010	Personas 2015
Ojocaliente	39,847	43,065	72.2	63.0	28,753	27,129	12.6	10.2	5,038	4,378
General Pánfilo Natera	21,728	22,119	82.6	71.8	17,939	15,885	15.1	9.7	3,280	2,135
Villa González Ortega	12,974	11,906	74.2	69.1	9,623	8,232	17.5	9.8	2,268	1,162
Estado de Zacatecas	1,512,919	1,580,020	60.2	51.5	911,495	814,252	10.8	6.1	164,052	96,005
Salinas	27,997	27,905	70.6	65.8	19,760	18,374	16.8	8.2	4,706	2,296
Villa de Ramos	33,077	25,372	81.7	85.6	27,013	21,720	24.2	18.6	7,989	4,731
Estado de San Luis Potosí	2,624,588	2,760,851	52.4	45.6	1,375,299	1,260,111	15.3	9.1	402,573	251,247

Versión Pública

Fuente: Elaboración propia basada en información de CONEVAL e INEGI, 2010 y 2015.

IV.3.3.2.6. Percepción social y grado de aceptación del desarrollo del Proyecto

Desde un enfoque integral y con perspectiva socioambiental, el Proyecto San Nicolás comisionó la realización de un estudio de Evaluación de Impacto Social del proyecto minero a la empresa AOsocial. A partir del diseño metodológico del estudio referido, se implementaron 1,069 encuestas y 80 entrevistas semiestructuradas, así como 8 talleres con grupos focales, en las 36 localidades incluidas en el SAR, con el propósito de realizar un amplio estudio de línea de base social y desarrollar el estudio de impacto social, en relación con el eventual desarrollo del proyecto minero.

Dentro de los resultados emanados de este proceso, se obtuvo información relacionada con la percepción social y el grado de aceptación del Proyecto, así como las distintas posturas respecto de la apreciación del riesgo y la identificación de potenciales impactos que el Proyecto podría generar en la región.

Versión Pública

Es preciso señalar que, de acuerdo con algunas de las evidencias obtenidas en campo, diversas generaciones han tenido experiencias relacionadas con la actividad minera en la región, por lo que hay un amplio bagaje entre los habitantes de la región, tanto en el imaginario colectivo como en temas relacionados con impactos y efectos relacionados con el sector.

De la misma manera, el Proyecto San Nicolás ha comisionado la realización del Estudio de Opinión a la empresa Tajo Consultores, en los años 2019, 2020 y 2021, compuesto por un total de 1,188 encuestas realizadas durante los tres periodos. En estos estudios se pudo constatar el grado de aceptación y percepción en las localidades dentro del SAR, sobre el proyecto minero. Además, en el año 2021, la empresa consultora independiente OTrade realizó un análisis del ejercicio realizado por Tajo Consultores, con el objetivo de constatar la autonomía del ejercicio y la veracidad de la información obtenida.

Es en este contexto que el entorno social ha tenido y tiene ya una percepción predefinida acerca de la minería y que esta noción preexistente ha influido durante el proceso de implementación del estudio de opinión y particularmente al momento de abordar la pregunta por el Proyecto San Nicolás.

Durante los tres ejercicios realizados durante 2019, 2020 y 2021, se ha destacado que las palabras que la población encuestada relaciona con Minas de San Nicolás, son numéricamente más positivas que aquellas relacionadas con la minería en general.

Si bien el ejercicio de percepción social ha promovido la participación equitativa, abierta, transparente y con perspectiva de género, en la suma de los tres ejercicios realizados, la participación de la mujer supera a la participación del hombre por un margen promedio de 20 puntos porcentuales (**Cuadro IV.119**).

Cuadro IV.119 Resultados cuantitativos generales de los tres Estudios de Opinión.

Concepto	2019	2020	2021
Número de **encuestas** aplicadas	280	442	466
% de aumento de encuestas	100%	158%	5%
Población			
Cantidad de participantes en la encuesta	280	442	466
Población total	38,416	38,416	38,416
% de población participante	0.7%	1.2%	1.2%
Género			
Cantidad de **mujeres** participantes	168	256	277
% de mujeres	60%	58%	59%
Cantidad de **hombres** participantes	112	186	189
% de hombres	40%	42%	41%
Edad			
M**enores de edad** encuestados	31	14	21
% de menores de edad	11%	3%	4%
Personas de **18 a 24 años** encuestadas	27	62	77
% de personas de 18 a 24 años	10%	14%	16%
Personas de **25 a 39 años** encuestadas	94	151	142
% de personas de 25 a 39 años	33%	33%	30%
Personas de **40 a 59 años** encuestadas	85	152	152
% de personas de 40 a 59 años	30%	33%	32%
Personas de más de **60 años** encuestadas	44	75	80
% de mayores de 60 años	16%	17%	17%
Localidades participantes			
Número de **localidades**	14	14	14
Número de **localidades participantes**	12	14	14
% de localidades participantes	90%	100%	100%
Localidades participantes y % de participación en el total de encuestas			
Colonia Aurelio Pámanes Escobedo	0 0%	18 4%	19 4%

Versión Pública

Cuadro IV.119 Resultados cuantitativos generales de los tres Estudios de Opinión.

Concepto	2019		2020		2021	
(El Socorro)						
El Tule	30	11%	34	7%	46	10%
Santa Elena (Francisco Zarco)	29	10%	43	9%	46	10%
Bajío de San Nicolás (San Nicolás)	22	8%	49	11%	69	15%
Colonia Diez de Noviembre (El Campamento)	13	5%	21	5%	23	5%
Colonia los Rivera (El Palmarejo)	2	1%	10	2%	6	1%
El Refugio del Zacate	6	2%	22	5%	20	4%
San Antonio de las Huertas	3	1%	16	4%	14	3%
General Pánfilo Natera	67	24%	78	17%	95	20%
Cerrito del Agua (1)	12	4%	30	7%	21	4%
Estancia de Ánimas	0	0%	16	4%	25	5%
La Mesita Redonda	2	1%	10	2%	5	1%
Villa González Ortega	92	33%	98	22%	77	16%
Zumpango (Colonia Hidalgo)	4	1%	10	2%	6	1%

Versión Pública

Fuente: elaboración propia basado en OTrade a partir de las encuestas físicas y del Estudio de Línea de Base Social del Proyecto San Nicolás, marzo 2021.

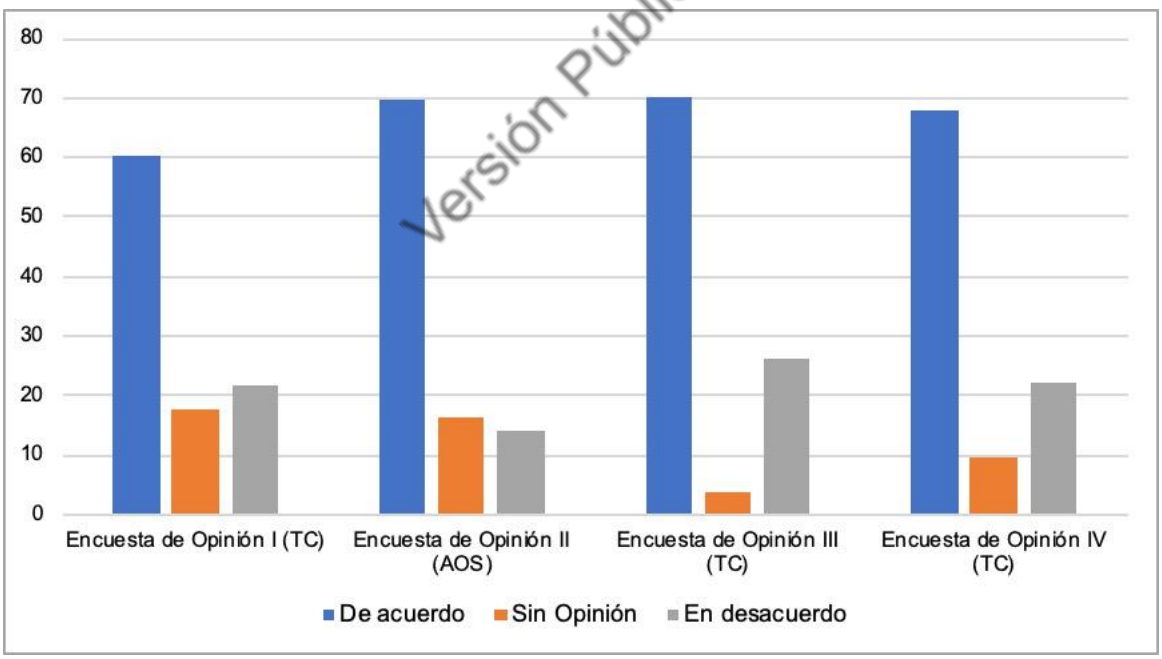
Como parte de los resultados obtenidos luego del proceso de investigación en campo, la población expresó que los principales motivos de interés relacionados con el eventual desarrollo del proyecto minero son: la alta expectativa en el empleo y el desarrollo de las comunidades, los beneficios económicos que podría generar el Proyecto, el interés de las personas por contar con más información sobre el Proyecto, en algunos casos también se expresaron preocupaciones sobre posible incremento de la población en la zona y el posible incremento del flujo vehicular en las cercanías del Proyecto. Asimismo, fueron recabadas menciones relativas a la preocupación por la continua presencia del crimen organizado en la región, riesgos por el aumento en el consumo de alcohol y otras sustancias nocivas para la salud, relacionado con posibles incrementos de la población, así como también posibles afectaciones en el agua, el medio ambiente y en la salud de la población.

En relación con la aceptación del Proyecto resultante de los cuatro ejercicios realizados, en promedio arriba del 67% de la población encuestada dentro del SAR expresó estar de acuerdo con el desarrollo de un proyecto minero en la zona (**Figura IV.158**).

De acuerdo con el estudio más reciente realizado por Tajo Consultores en 2021, en un total de 14 centros de población ubicados tanto en el AI social como en el SAR, se identificó que el 85% de estas reconocen la importancia del desarrollo de la industria minera en el Estado de Zacatecas, además, arriba del 68% de la población mencionó estar de acuerdo con el avance del proyecto minero, mientras que en el SAR este porcentaje fue del 73%.

Las localidades que manifestaron mayor grado de aprobación en el AI fueron: San Antonio de las Huertas (78%), El Refugio del Zacate (95%), Colonia 10 de noviembre (91%), Bajío de San Nicolás (69%) El Tule y San Rafael (80%) y Colonia Los Rivera (83%). En cuanto a las localidades encuestadas, ubicadas en el SAR, los porcentajes expresados de aprobación por localidad fueron los siguientes: Villa González Ortega (94%), General Pánfilo Natera (92%), Colonia Hidalgo (83%), Estancia de Ánimas (92%) y Cerrito del Agua (90%).

Versión Pública



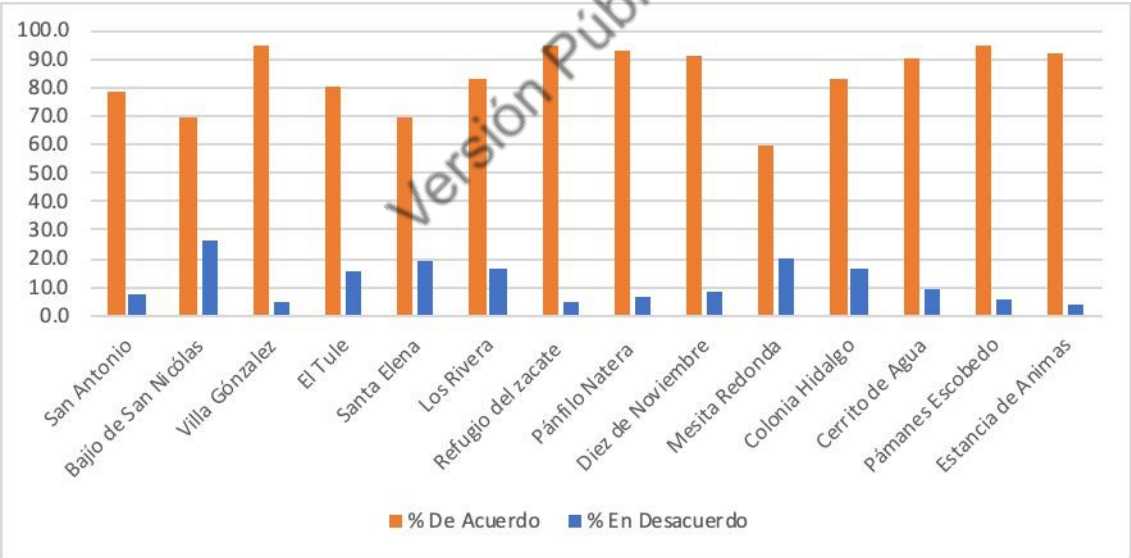
Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo en los estudios realizados por Tajo Consultores (2019, 2020 y 2021) y AOsocial (2019).

Figura IV.158 Porcentaje de personas que están de acuerdo con el desarrollo de un proyecto minero en la zona en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional.

Para una revisión detallada sobre el grado de aprobación obtenida en las diferentes comunidades encuestadas dentro del AI y el SAR puede revisarse la **Figura IV.159**.

En referencia a la percepción que tiene la población encuestada sobre el Proyecto, y en particular la vinculación entre este y el interés en la empleabilidad, el 86.7% de las personas encuestadas comentó que nunca ha trabajado en el sector minero. Por otra parte, un porcentaje de la población en las localidades de Bajío de San Nicolás (60.9%), Colonia Diez de Noviembre (53.1%), General Pánfilo Natera (54.0%), San Antonio de las Huertas (50.0%), Villa González Ortega (62.7%), Colonia Diez de Noviembre (26.5%), El Refugio del Zacate (20.0%) y San Antonio de las Huertas (33.3%), expresó que sí cuentan con experiencia laboral en el sector minero, y/o que tienen interés en participar de las oportunidades laborales que el Proyecto pudiese generar. En lo que hace mención del grado del conocimiento de la existencia del Proyecto San Nicolás, la población en las comunidades de Bajío de San Nicolás (82%), Colonia Los Rivera (83%), El Refugio del Zacate (70%), San Antonio de las Huertas (93%) y Villa González Ortega (85%), manifestó que sí conoce o ha escuchado sobre la exploración y actividad minera en la zona, particularmente la existencia del Proyecto San Nicolás en la zona.

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo en los estudios realizados por Tajo Consultores (2020).

Figura IV.159 Porcentaje de aceptación del desarrollo del Proyecto San Nicolás en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.

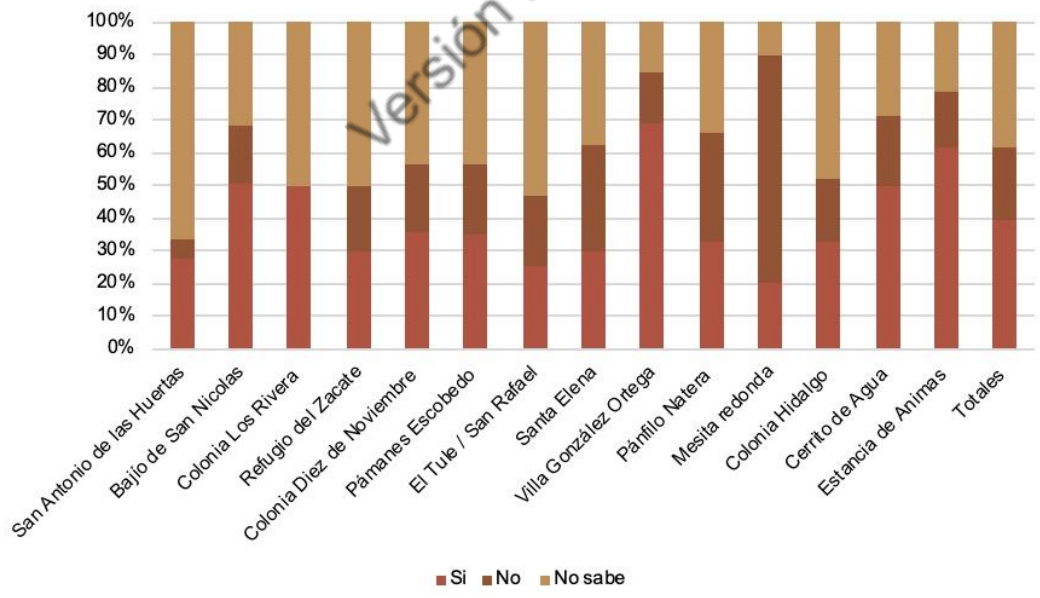
Uno de los aspectos evaluados durante el levantamiento de información para la elaboración de la línea de base social, fue el relacionado con la percepción social sobre el agua en las comunidades. Sobre este tema, y particularmente sobre la pregunta: ¿Considera usted si el desarrollo de una mina en la región puede tener algún tipo de efecto en el entorno, el medio

ambiente, el aire o el agua? El 61% de la población encuestada consideró que no, o dijo no saberlo, mientras que el 39% de la población sí considera que el desarrollo de una nueva mina en la región puede tener algún efecto en el agua. Particularmente las localidades que expresaron mayor porcentaje de percepción sobre posibles efectos en el agua fueron: Villa González Ortega (66.1%), Estancia de Ánimas (59.7%), Colonia los Rivera (50.0%), Bajío de San Nicolás (49.7%) y Cerrito del Agua (49.1%) (**Figura IV.160**).

Adicionalmente, la mayoría de la población encuestada mencionó no saber si la minería puede influir o se pudiera vincular con alguna otra actividad económica o productiva en la zona. En particular del total de personas encuestadas, el 42% de la población considera que la minería y la agricultura puede tener algún tipo de relación o vinculación. En lo que se refiere a la ganadería, tan solo el 28% de la población identificó la posible existencia de un vínculo entre esta actividad y la minería.

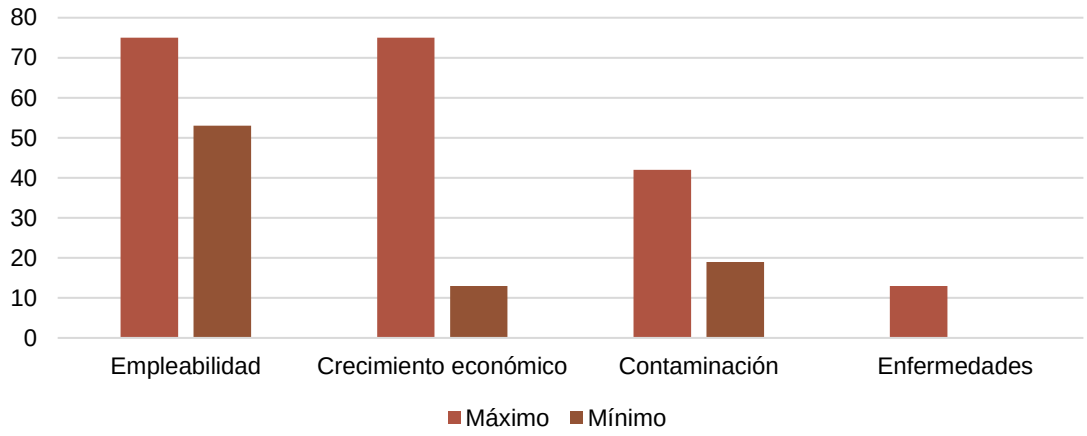
Por último, los principales factores, expresados en niveles máximos y mínimos, que la población encuestada consideró que podrían tener algún efecto, modificarse o cambiar, por el eventual desarrollo del proyecto minero fueron: las oportunidades de empleo, el crecimiento económico, la contaminación y las enfermedades. Tal como puede observarse en la **Figura IV.161.**

Versión Pública



Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo AOsocial (2019).

Figura IV.160 Percepción de la población en relación con posibles efectos en el agua ocasionados por el desarrollo del proyecto minero en el Área de Influencia y el Sistema Ambiental Regional.



Fuente: Elaboración propia con información obtenida de la línea de base social AOSocial (2019).

Figura IV.161 Percepción de los niveles máximos y mínimos expresados por las personas entrevistadas al hablar de los posibles efectos en el desarrollo del proyecto minero en el Área de Influencia y en el Sistema Ambiental Regional.

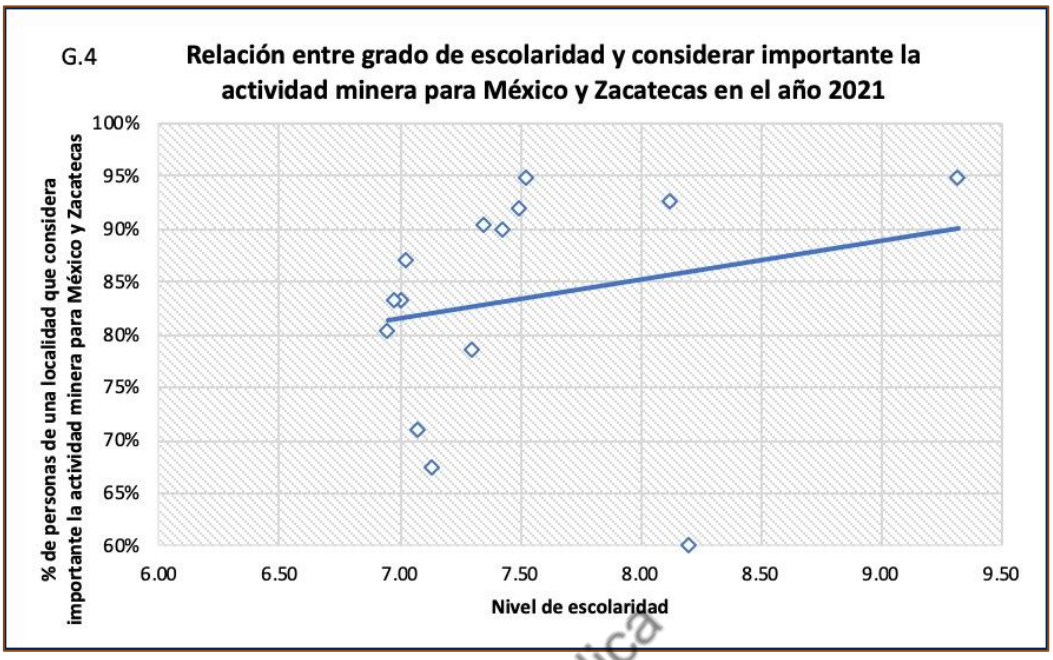
Versión Pública

Una de las conclusiones a las que se puede llegar, es que la localidad con mayor nivel de escolaridad no presenta cambios porcentuales significativos entre las tendencias de sus respuestas a lo largo de cuatro años de estudios (los resultados por año significan una variación máxima de 3 puntos porcentuales).

Ahora bien, para comprender si hay una relación entre nivel de escolaridad y la apreciación de la importancia de la actividad minera para México y Zacatecas, se realizó el análisis de correlación que se muestra en la **Figura IV.162**.

Como parte del análisis, se realizaron ejercicios comparativos con las palabras que el encuestado relaciona con la minería en general y con el Proyecto Minas de San Nicolás en lo particular. Este análisis genera argumentos respecto de la aceptación del Proyecto Minas de San Nicolás.

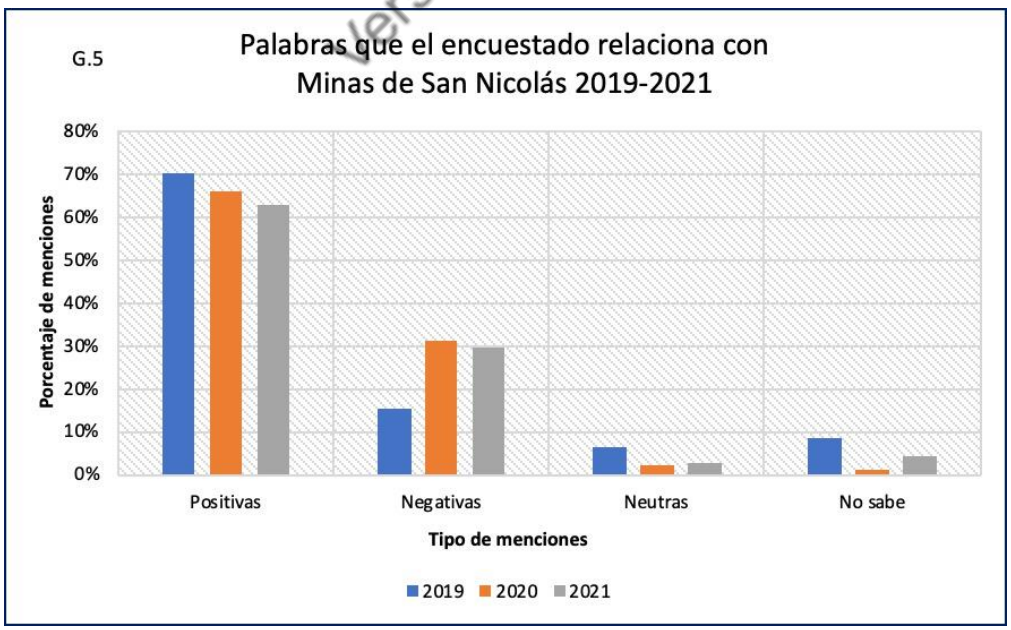
Para realizar este ejercicio, OTrade clasificó las menciones en positivas, negativas y neutras. Una vez contabilizadas las menciones en términos absolutos y con la finalidad de poder hacer una comparación en el tiempo, se calcularon los valores relativos, que son los que se muestran en la gráfica de la **Figura IV.163**.



Fuente: Análisis comparativo del Estudio de Opinión 2019, 2020, 2021, elaborado por OTrade, 2021.

Figura IV.162 Análisis de correlación entre el grado de escolaridad y la apreciación de la importancia de la actividad minera para México y Zacatecas.

Versión Pública



Fuente: Análisis comparativo del Estudio de Opinión 2019, 2020, 2021, elaborado por OTrade, 2021.

Figura IV.163 Tipo de palabras que los encuestados relacionan con Minas de San Nicolás.

Las tres menciones positivas más frecuentes que la población expresó durante los diversos ejercicios fueron:

- Trabajo, Empleo;
- Desarrollo, Beneficios, Progreso;
- Beneficios para la comunidad;
- Prosperidad;
- Producción.

Como conclusión, tras la implementación de los diversos estudios de opinión realizados, se identificó que la mayoría de las personas entrevistadas tuvieron una postura positiva (31%), y neutral con tendencia a positiva (38%), con respecto al desarrollo del Proyecto, lo que en suma arroja el 69% de aceptación en el desarrollo. Destacándose que, en opinión de la población, será una fuente de empleo y contribuirá de manera favorable al desarrollo de las comunidades a partir de los beneficios compartidos. Por otro lado, existen personas que tuvieron una postura negativa (3%) y/o neutral con tendencia negativa (19%), que en total representa el 22% de la población entrevistada, habiendo mencionado principalmente su preocupación por los potenciales impactos en la salud y en el agua que el desarrollo del Proyecto podría ocasionar. El resto de la población mantuvo una postura neutral (9%), es decir, fueron indiferentes ante la puesta en marcha o no del Proyecto.

Versión Pública

IV.3.3.3. Plan de gestión social del Proyecto San Nicolás

El Plan de Gestión Social del Proyecto San Nicolás es un marco que detalla el enfoque de la operación con respecto a la gestión del desempeño social. El plan identifica las actividades y los recursos necesarios para gestionar de forma proactiva los impactos del Proyecto y las oportunidades sociales, así como las acciones necesarias para generar beneficios socioeconómicos orientados a la mitigación de los riesgos y los impactos.

Para su debida implementación, este plan establece que la relación con las partes interesadas y las comunidades de interés es un proceso continuo, amplio e inclusivo, que abarca una variedad de actividades y enfoques, y que se desarrollará a lo largo de la vida del Proyecto.

Además, es fundamental mantener relaciones positivas y de beneficio mutuo con las partes interesadas, lo que debe considerarse como un requisito previo para una adecuada gestión de riesgos.

El plan ha considerado los siguientes objetivos:

- Establecer relaciones constructivas con las comunidades, *stakeholders* y las partes interesadas relevantes.
- Construir mecanismos de vinculación exitosos y duraderos para beneficio mutuo.
- Llegar a acuerdos de mediano y largo plazo para asegurar la permanencia del Proyecto y la aprobación social por parte de las comunidades del Área de Influencia Social.
- Aunado a lo anterior, este plan ha sido diseñado a partir de un enfoque sustentado en valores y principios, los cuales permiten a las personas involucradas en su implementación, tomar en cuenta la guía que los mismos proporcionan para el adecuado seguimiento. Estos son:
- Difundir información clara, accesible y significativa, culturalmente apropiada.
- Respetar y promover los derechos humanos de las personas, la cultura local, las tradiciones y los medios de toma de decisión de cada comunidad.
- Establecer procesos bidireccionales de diálogo.
- Promover la inclusión de todos los sectores de la sociedad, incluyendo mujeres, personas adultas mayores, niñez, juventud y otros sectores caracterizados como grupos vulnerables.
- Implementar mecanismos claros y ágiles para el registro y respuesta de retroalimentación y quejas.
- Fomentar la participación pública en los procesos de interés de las partes.

Versión Pública

El Plan de Gestión Social del Proyecto San Nicolás está compuesto por diferentes componentes, y que, a través de su aplicación, permite desarrollar las diferentes acciones seleccionadas para fortalecer las relaciones entre las comunidades en el Área de Influencia Social y el proyecto minero. A continuación, se describen en el **Cuadro IV.120** los diferentes componentes que conforman el plan:

Cuadro IV.120 Componentes del Plan de Gestión Social.

Componente	Descripción
Identificación y mapeo de *stakeholders* y comunidades de interés	El mecanismo de identificación, registro y seguimiento de comunicación y compromisos con las comunidades de interés (mapeo de *stakeholders* y comunidades de interés) ha sido diseñado e implementado para identificar y dar seguimiento y atención a las comunidades de interés. Hasta el momento 245 *stakeholders* y comunidades de interés clave han sido registradas.

Cuadro IV.120 Componentes del Plan de Gestión Social.

Componente	Descripción
Participación pública y diálogo con las comunidades de interés	El proceso de participación pública y diálogo con los *stakeholders* consiste en establecer y mantener relaciones constructivas con las comunidades de interés a lo largo de la vida del Proyecto. Este proceso implica la difusión de información sobre el Proyecto, considerada relevante para las comunidades de interés, y que apoya el proceso de diálogo y consulta, entendido como un esfuerzo de comunicación bidireccional.
Plan de participación y relacionamiento comunitario	Herramienta que promueve la participación de las partes interesadas, libre de manipulación e injerencia, sustentado en información oportuna, relevante y accesible, cuidando mantener en todo momento un formato culturalmente apropiado. El plan de participación y relacionamiento comunitario difunde información sobre el Proyecto con el propósito de avanzar en la toma de decisiones y crear un clima de entendimiento que involucre activamente a las comunidades de interés que percibirán los impactos del Proyecto, generando espacios para expresar opiniones e inquietudes de manera que se pueda construir una relación de confianza mutua.
Gestión eficaz de la retroalimentación y las quejas	El Proyecto ha diseñado y puesto en marcha un mecanismo para responder eficazmente a los asuntos de interés de las comunidades de interés, con el objetivo de respetar los derechos humanos y dar cumplimiento a los compromisos y obligaciones adquiridas. El mecanismo de retroalimentación y quejas del Proyecto se ubica estratégicamente dispuesto tanto dentro de las instalaciones del campamento como en las principales comunidades ubicadas en el AI.
Informar y comunicar de forma efectiva a las comunidades de interés	Existen diversos canales establecidos para difundir la comunicación y fortalecer el relacionamiento con las comunidades de interés. Estos son: La Casa de Diálogo del Proyecto San Nicolás, ubicada en la comunidad de Bajío de San Nicolás, es un espacio abierto y diseñado para conocer los intereses de las personas y comunidades, así como para informar sobre las actividades del Proyecto. El jardín botánico de la Casa de Diálogo. Este espacio difunde la importancia de la biodiversidad y la flora local del semidesierto. El módulo itinerante #DiálogoSobreRuedas es una versión móvil de la Casa de Diálogo. Este módulo transita por las diferentes comunidades, difundiendo información relevante sobre el Proyecto y recabando asuntos de interés de la población. El periódico Vetas de Diálogo, es un medio impreso de difusión trimestral que fomenta y difunde las principales actividades que realiza el Proyecto minero en la zona, así como también comparte información de interés para la comunidad.

Versión Pública

Cuadro IV.120 Componentes del Plan de Gestión Social.

Componente	Descripción
Plan de inversión y desarrollo comunitario	El propósito de este plan es promover oportunidades colaborativas con las comunidades del AI, para consolidar una relación de respeto mutuo, apoyando el desarrollo y la sostenibilidad de las comunidades, promoviendo el fortalecimiento de las capacidades y habilidades de las personas, y generando oportunidades para la contratación de personal local y proveeduría. Los pilares estratégicos en los que se sustenta el plan son: - Cultura de Salud y Seguridad Comunitaria (CASCO). - Promoción de Oportunidades Educativas Comunitarias (PECAS). - Impulsar el Desarrollo Económico Local Sostenible (IDES). - Agua y Medio Ambiente (NUMA). - Participación en Iniciativas de Interés Humano (PIIH).

IV.3.4. Paisaje

Versión Pública

La percepción que se puede tener a gran escala sobre el entorno inmediato, es la absorción de los paisajes naturales por paisajes humanizados, siendo estas áreas dominadas por actividades y modificaciones antrópicas, tales como; agricultura, ganadería, industria y/o poblaciones lo cual de cierta manera disminuye a gran medida la continuidad y calidad de los paisajes naturales.

Los recorridos realizados en el SAR, AI y AP han permitido tener una amplia percepción del medio ambiente, lo cual ha permitido la adecuada delimitación de unidades de paisaje y consecuentemente la valoración a los componentes que integran a éste, permitiendo conocer el estado de calidad y fragilidad visual del paisaje. A pesar de las diferencias de percepción individuales, hay patrones comunes a identificar y valorar en los paisajes, que ayudan a clasificar y ubicar cartográficamente las unidades de paisaje, a partir de la evaluación cualitativa y posteriormente cuantitativa de los componentes naturales, componentes antrópicos y las interrelaciones entre ellos.

La descripción del paisaje contempla la interpretación del entorno, mediante el proceso de percepción, el cual funciona mediante la selección de información y reconocimiento visual de las zonas de interés. La percepción del ambiente no solo interesa por ser el origen de los fenómenos culturales o en la interpretación del entorno, sino que, además es necesaria para comprender y gestionar mejor los recursos naturales y el patrimonio que estos representan, mediante la selección de información, reconocimiento e interpretación visual de un área en específico. El muestreo de Paisaje se ha realizado los meses de septiembre, noviembre del 2017 y enero, febrero, junio y noviembre del 2018, así como en julio 2021.

IV.3.4.1. Análisis de visibilidad

No solo es importante conocer desde donde podemos ver el paisaje y cuanto paisaje podemos ver, sino que también lo es el hecho de saber cómo se está viendo este tipo de paisaje. La visibilidad o análisis de visualización consiste en realizar un análisis espacial del lugar, tomando en cuenta sus formas, vistas, etc. En otras palabras, se analizan cuencas visuales (SERNATUR, 2006). La cuenca visual de un punto, se define como la zona que es visible desde ese punto. Es decir, corresponde a la superficie vista desde distintos puntos de observación, determinados en terrenos y que, en conjunto, permiten definir un área espacialmente autocontenida (SERNATUR, 2006). La accesibilidad visual a una porción del territorio tiene directa relación con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y cómo estos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto, se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

IV.3.4.2. Cuenca visual

Versión Pública

A continuación, se puede observar la visibilidad o cuenca visual de la perspectiva de diferentes observadores que se posicionen en algún punto de los considerados en los modelos presentados en la **Figura IV.164** a **Figura IV.170**. La amplitud de la visibilidad depende de un factor importante, siendo la existencia de barrera alguna; ya sea por la topoforma, vegetación o edificaciones antrópicas que impidan o disminuyan la visibilidad.

Las principales topoformas que se presenta en AP, AI y SAR son lomeríos y llanuras, con una altura de la vegetación relativamente baja, así que, los rayos visuales de los observadores fluyen libremente de todas las direcciones con el mínimo de restricciones visuales. La zona Noreste del AP y zona contigua a esta porción, donde se ubica el Cerro Los Carros siendo una zona elevada lo cual se considera una barrera ante efectos visuales a direcciones Nor-Noreste (NNE), Noreste (NE) y Este-Noreste (ENE). En el **Figura IV.121**, se presenta la visibilidad de observadores de las localidades y diferentes puntos de visión en el SAR y AI.

Cuadro IV.121 Visibilidad al Área del Proyecto desde diferentes puntos de visión.

ID	Localidad o referencia	Coordenadas UT— (Zona 14)	
		X	Y
Punto 1 Opción A	Autopista SLP - ZAC	797766	2510973
Punto 1 Opción B	Autopista SLP - ZAC	798871	2510776
Punto 3	Pánfilo Natera	797920	2507449
Punto 4	San Pablo	799383	2499212

Cuadro IV.121 Visibilidad al Área del Proyecto desde diferentes puntos de visión.

ID	Localidad o referencia	Coordenadas UT— (Zona 14)	
		X	Y
Punto 5 Opción A	Santa Elena - Clínica	801837	2501411
Punto 5 Opción B	Santa Elena - Clínica	801848	2501387
Punto 6 Opción A	San Rafael – Santa Elena	801561	2502627
Punto 6 Opción B	San Rafael - Santa Elena	802263	2504038
Punto 7	El Tule	803259	2505724
Punto 8	San Rafael	803417	2505910
Punto 10	El Saladillo	802293	2510152
Punto 11	San Nicolás - Santa Elena	805911	2499888
Punto 12	Los Hernández	191507	2499093
Punto 13	Los Rivera	192264	2498908
Punto 14	San Nicolás	807777	2497844
Punto 15	Camino Estancia	192777	2497467
Punto 16	Entrada a MDSN	194921	2497922
Punto 17	Entronque San Antonio	195788	2497143
Punto 1—	San Antonio	196294	2498702
Punto 19	San Antonio - Refugio	196932	2499982
Punto 20	Refugio del Zacate	198872	2500808
Punto 21	Villa González - Ortega	198189	2495286
Punto 22	Santa Elena - San Rafael	801391	2502236

Versión Pública

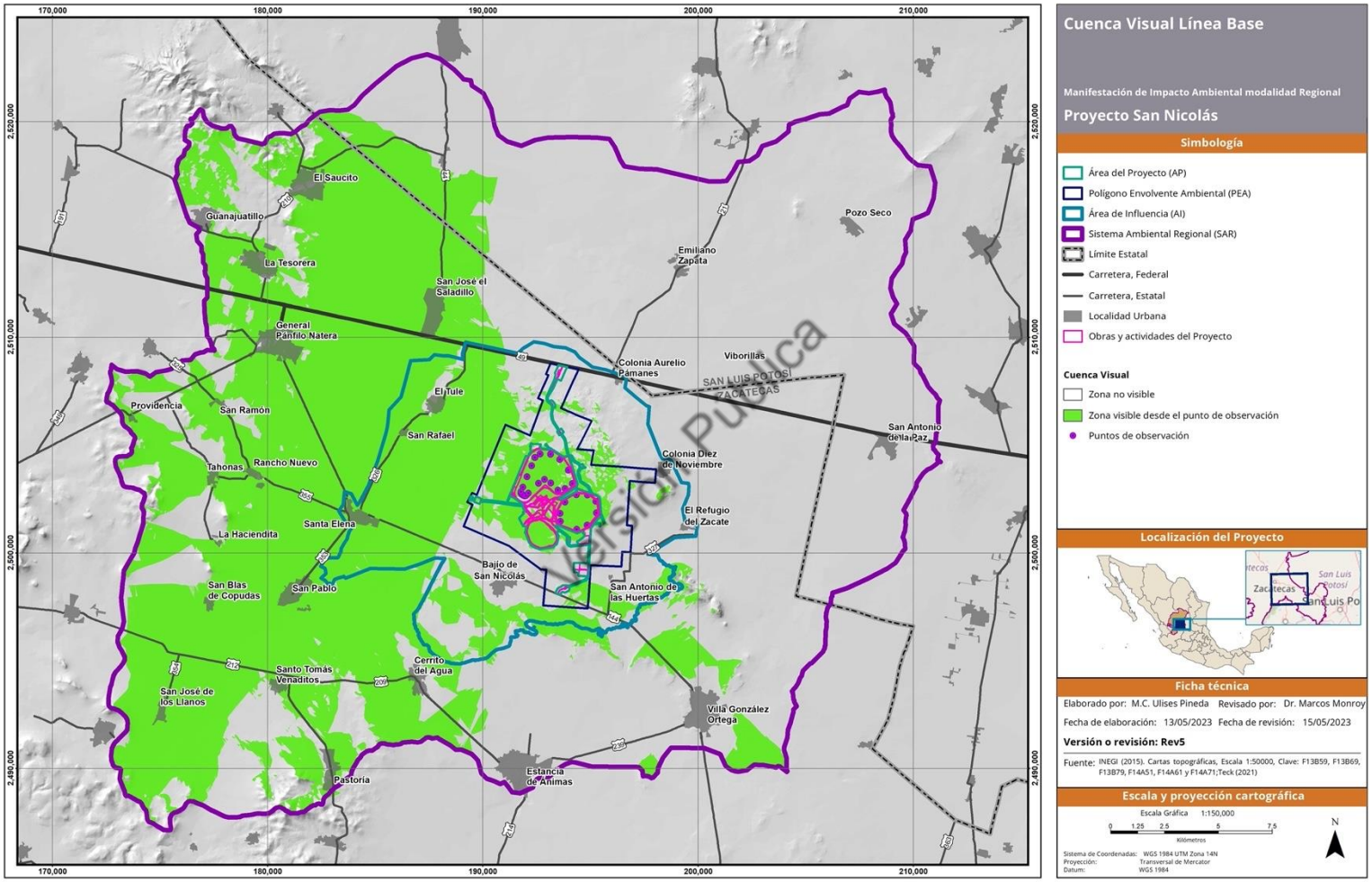


Figura IV.164 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación en su estado de línea base (actual).

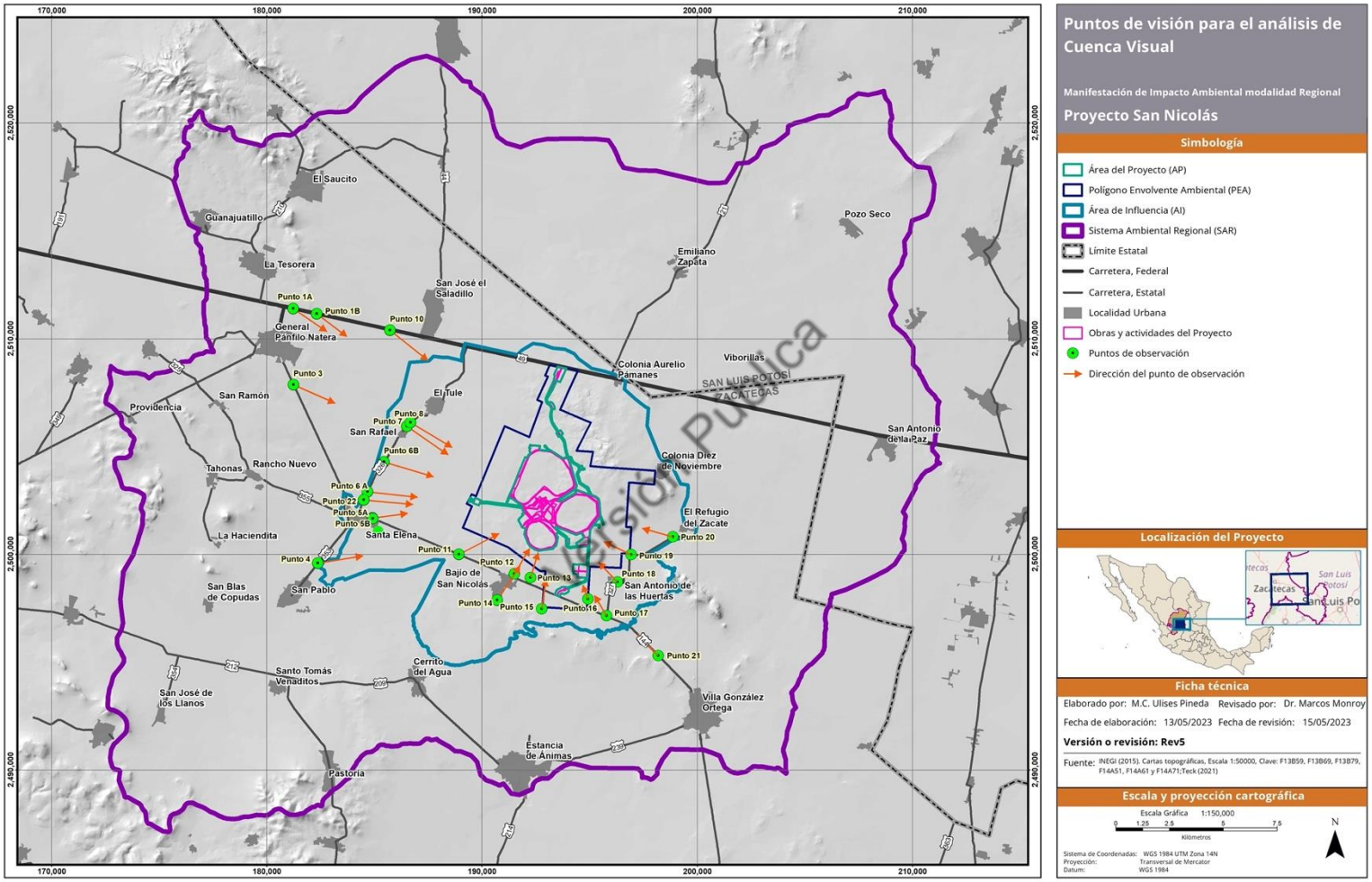


Figura IV.165 Ubicación de los puntos de visión para el análisis de la cuenca visual.

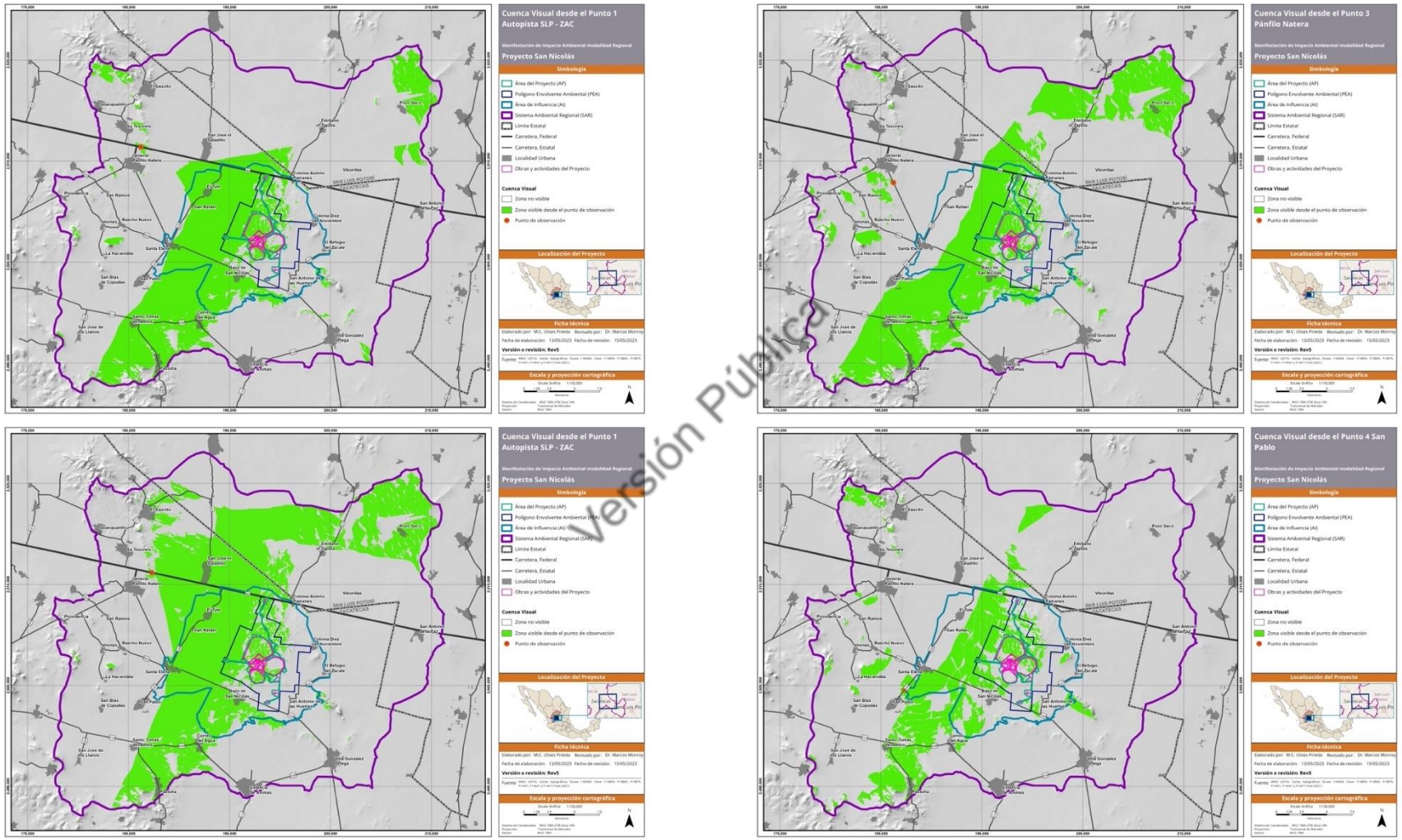


Figura IV.166 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 1 a 4.

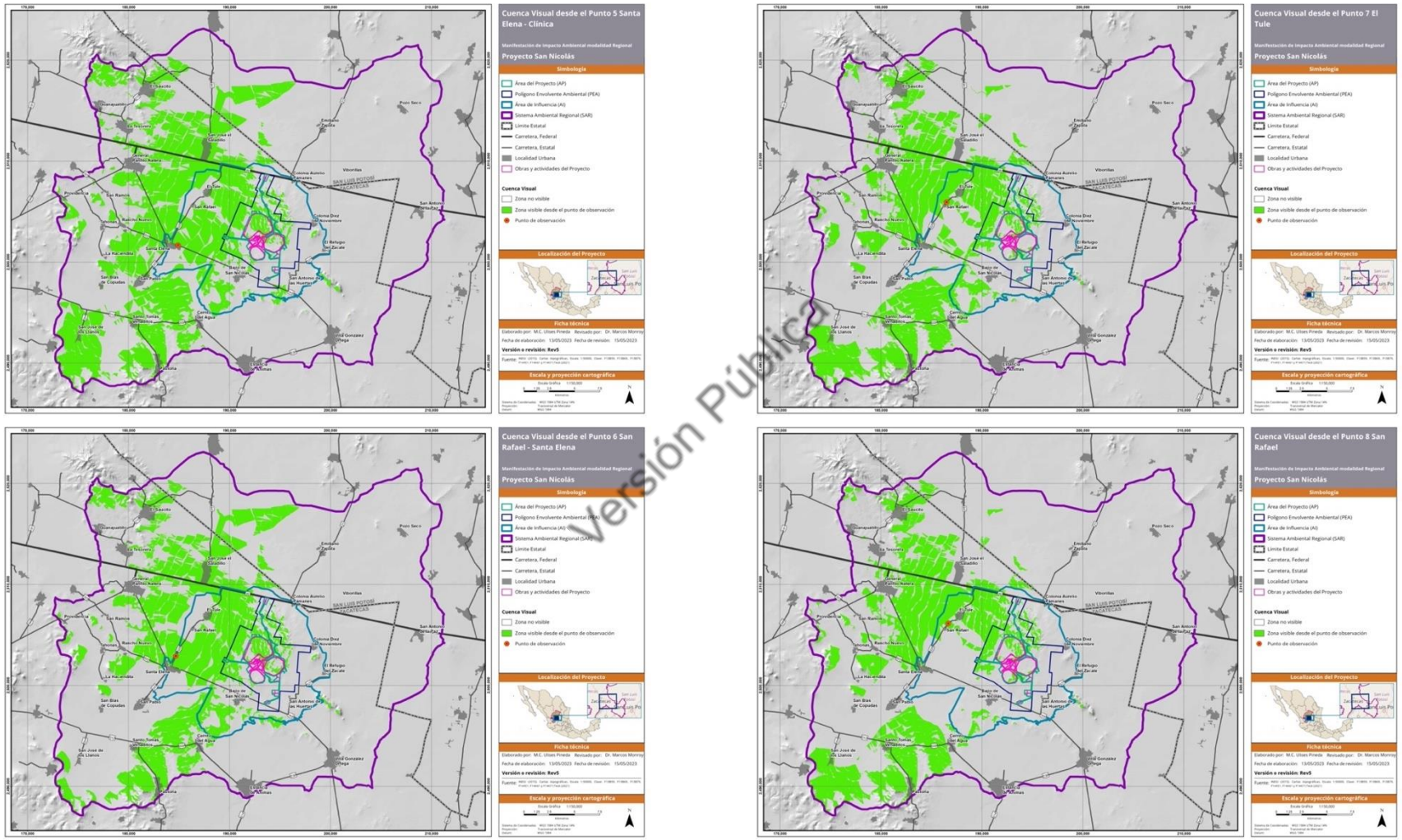


Figura IV.167 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 5 a 8.

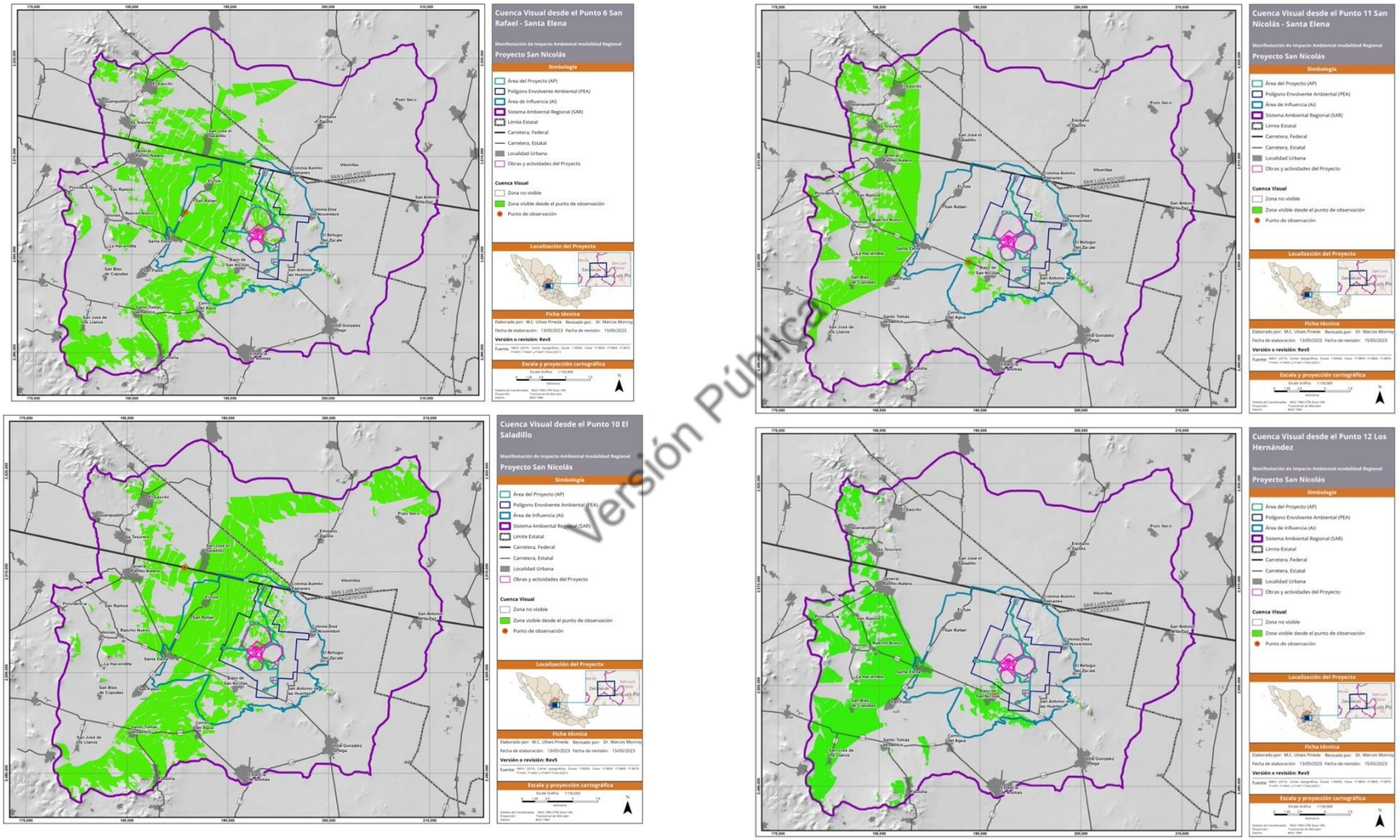
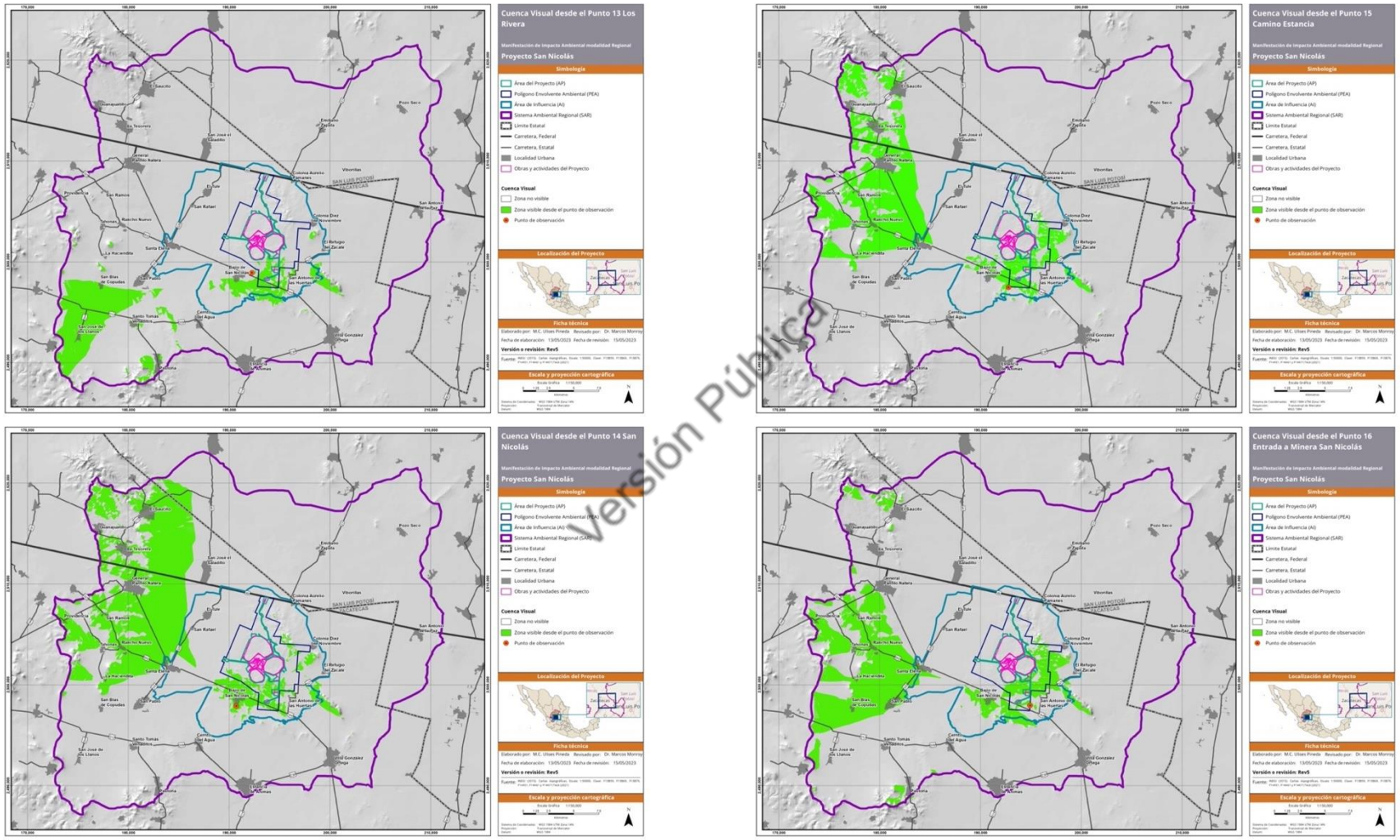
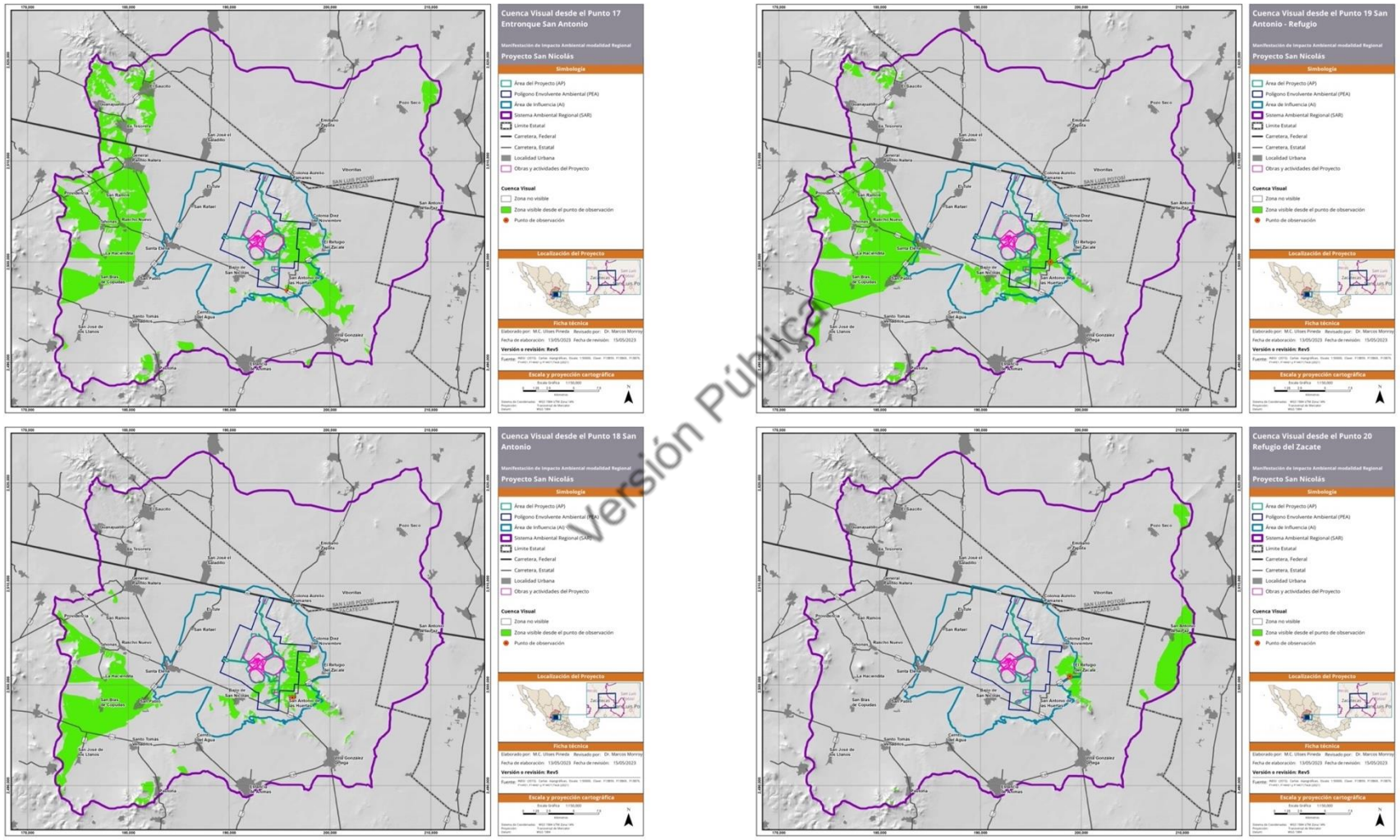


Figura IV.168 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 9 a 12.



Versión Pública

Figura IV.169 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 13 a 16.



Versión Pública

Figura IV.170 Modelo de la cuenca visual desde diferentes puntos de observación. Puntos de visión 17 a 20.

IV.3.4.3. Unidades y elementos del paisaje

Las unidades de paisaje determinadas se presentan en el **Cuadro IV.122**, donde las topoformas y la suma del uso de suelo y vegetación que se encuentran en el SAR, AI y AP, se categorizan como unidades de paisaje independientes para su posterior valoración (**Figura IV.171**).

Cuadro IV.122 Unidades de Paisaje registradas en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

Topoforma (dominante)	Uso de suelo y vegetación (dominante)	Unidades de Paisaje (dominantes)
Zonas Montuosas (cresta)	VSA Matorral Desértico Micrófilo	1
	Vías de Comunicación	2
	Agrícola	3
	Urbana / Rural	4
	Matorral Desértico Micrófilo	5
	Matorral Crasicaule	6
Zonas con Lomeríos (pendientes bajas y moderadas)	VSA Matorral Desértico Micro	7
	Industrial	8
	Vías de Comunicación	9
	Agrícola	10
	Urbana / Rural	11
	Cuerpo Agua	12
	Matorral Desértico Micrófilo	13
	Matorral Crasicaule	14
	Mezquital Xerófilo	15
Zonas de depósitos aluviales/zonas bajas (valles)	VSA Matorral Desértico Micro	16
	Industrial	17
	Vías de Comunicación	18
	Agrícola	19
	Urbana / Rural	20
	Cuerpo Agua	21
	Matorral Desértico Micrófilo	22
	VSA Bosque de Quercus	23
	Matorral Crasicaule	24
	Mezquital Xerófilo	25

Versión Pública

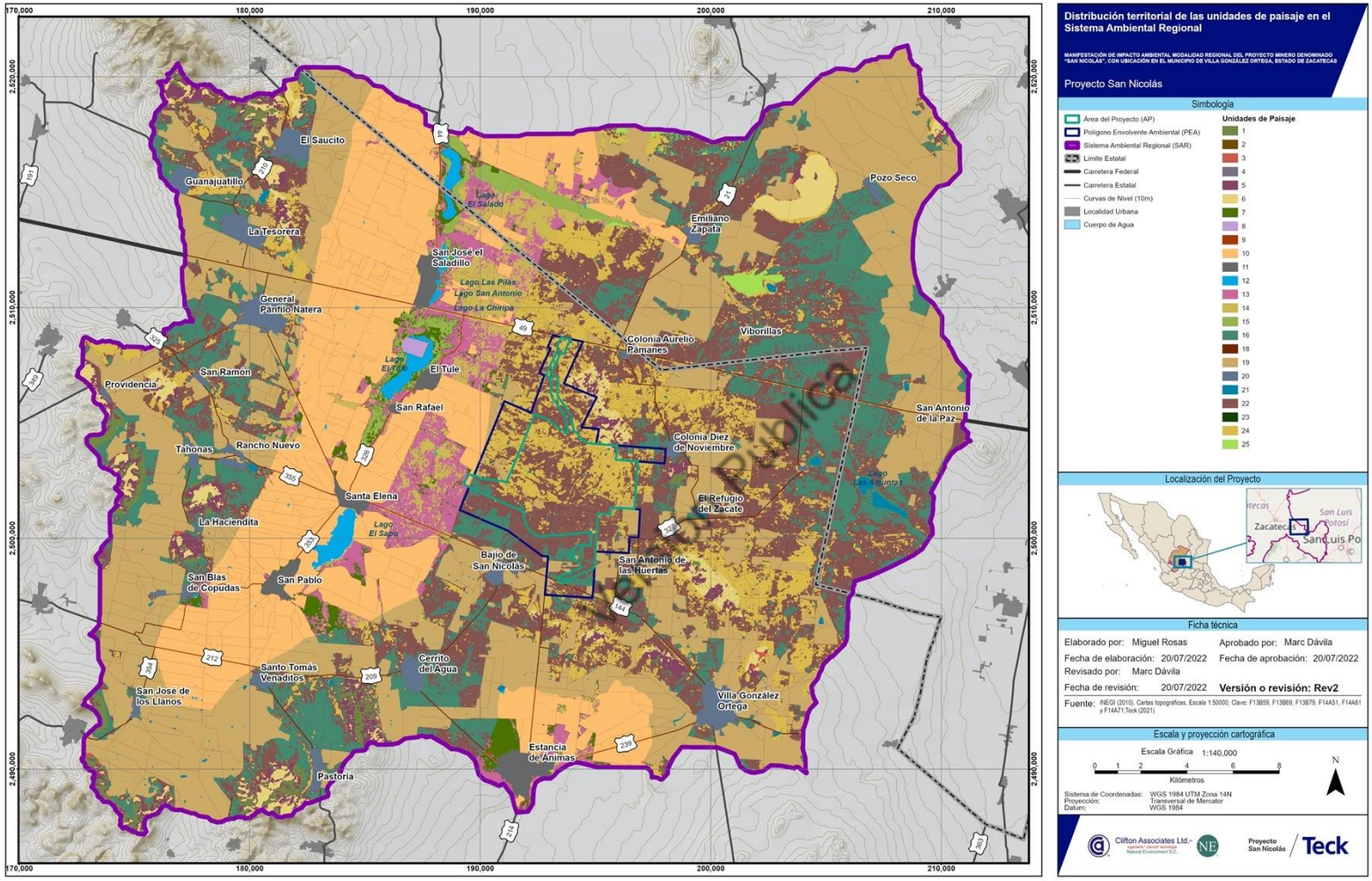


Figura IV.171 Unidades del Paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

IV.3.4.4. Calidad paisajística

La calidad visual del paisaje en el SAR, AI y AP De acuerdo con el análisis realizado se divide en calidad visual baja y calidad visual media. Las zonas que presentan modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje, tales como; la agricultura, industrias, caminos, carreteras, localidades, etc., se han catalogado con calidad visual baja. Las zonas sin evidencia de actividades antrópicas o modificaciones en menor grado, presentan calidad visual media, sin llegar a ser calidad visual alta, puesto que, el grado de excelencia, esencia y su estructura actual no permiten una calidad mayor (**Cuadro IV.123** y **Figura IV.172**).

Cuadro IV.123 Calidad visual del paisaje en las unidades del paisaje

Unidad de paisaje	Calidad visual del paisaje	Unidad de paisaje	Calidad visual del paisaje
1	Media	14	Media
2	Baja	15	Media
3	Baja	16	Media
4	Baja	17	Baja
5	Media	18	Baja
6	Media	19	Baja
7	Media	20	Baja
8	Baja	21	Media
9	Baja	22	Media
10	Baja	23	Media
11	Baja	24	Media
12	Media	25	Media
13	Media		

Versión Pública

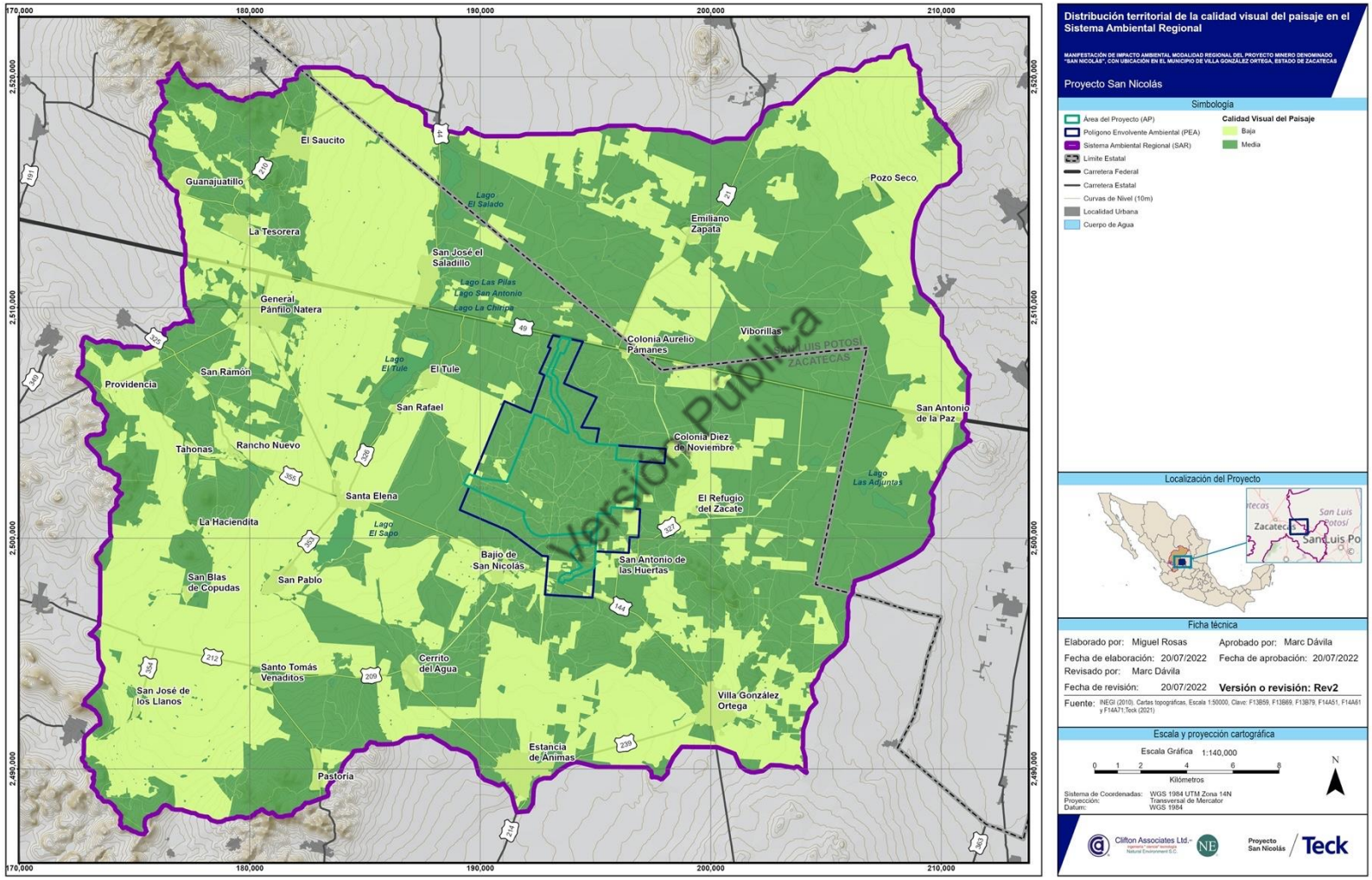


Figura IV.172 Calidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

Dado a las características perceptibles y elementos valorables de las unidades de paisaje identificados en el SAR, AI y AP, la superficie que presenta baja calidad del paisaje, siendo solo el 5% de dicha zona, es dado a la baja variabilidad cromática resultado de su homogeneidad, baja cobertura vegetal, en su caso, estos sitios son representados como caminos (terracería), donde existe el transito evidente de vehículos. Por otro lado, gran parte de la superficie (95%) presenta calidad visual media, sin llegar a ser alta, puesto que, no existe una óptima vinculación de los elementos valorados, considerando en primera instancia la baja singularidad del sitio y la influencia que ejerce el entorno inmediato que no incrementa o potencia la calidad, que por lo contrario genera alguna reducción de la calidad perceptual.

Desde la perspectiva visual detectable se destaca que el paisaje se presenta con una topografía relativamente ondulada, eminentemente agrario, y con un gran número de elementos estructurales antrópicos, lo cual hace tener una moderada calidad visual en gran parte de la superficie (61%) y de la misma manera en algunas zonas se presenta baja calidad visual (39%).

La superficie que representa el área con baja calidad visual se basa relativamente en la presencia de ganadería, áreas de agricultura, caminos pavimentados y de terracería, localidades, infraestructura eléctrica, que de alguna manera inciden en la baja sintonía visual al observador.

Versión Pública

El área que presenta calidad visual media (53%), donde de forma perceptual se aprecia lo siguiente; presencia de ganado, la incidencia del entorno inmediato reduce la calidad visual, pero dada la existencia de elementos que ayudan a mantener la calidad visual tales, como cuerpos de agua, sitios con moderada cobertura vegetal, y combinaciones cromáticos del suelo, roca, vegetación, mejoran la calidad de este.

IV.3.4.5. Fragilidad visual del paisaje

Cabe mencionar que la fragilidad visual puede definirse como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones. Un concepto similar es la vulnerabilidad visual que es la aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual. Según lo señalado a mayor fragilidad o vulnerabilidad visual corresponde una menor capacidad de absorción visual (Solari & Gazorla, 2009). De acuerdo a la valoración de las unidades de paisaje consideradas en el AP, AI y SAR presentan tanto fragilidad visual baja como media (**Cuadro IV.124** y **Figura IV.173**).

Cuadro IV.124 Fragilidad visual del paisaje en las unidades de paisaje

Unidad de paisaje	Fragilidad visual del paisaje	Unidad de paisaje	Fragilidad visual del paisaje
1	Baja	14	Media
2	Baja	15	Baja
3	Baja	16	Baja
4	Baja	17	Baja
5	Media	18	Baja
6	Media	19	Baja
7	Baja	20	Baja
8	Baja	21	Baja
9	Baja	22	Media
10	Baja	23	Baja
11	Baja	24	Media
12	Baja	25	Media
13	Media		

Versión Pública

Prosiguiendo con el principio considerado por la fragilidad visual, el cual se establece como la susceptibilidad del paisaje al cambio, cuando se ejerce alguna actividad sobre éste. Se manifiesta que el 14% de la superficie presenta baja susceptibilidad a implementación de acciones antrópicas, puesto que, de alguna manera dichas zonas han presentado cierto grado de influencia humana lo cual de cierta manera puede categorizarse como paisaje humanizado.

Mientras que la superficie que representa media susceptibilidad a las modificaciones antrópicas representa el 86% del área, la cual queda sujeta al tipo de actividad, y la aplicación de acciones que reduzcan el impacto de dicha actividad, tratando de mantener la misma calidad del paisaje.

A nivel del AI, ligeramente la mayor parte de la superficie se presenta con baja fragilidad visual, que de alguna manera se presenta la incidencia de actividades antrópicas, tales como; caminos de terracería-pavimentados, localidades, agricultura, infraestructura.

Los sitios con moderada fragilidad (46%) parten como base fundamental de la forma del territorio, donde las zonas planas tienden a ser menos perceptibles que las zonas inclinadas, las cuales tienden a presentar direccionalidad a la vista del observador, más la suma de los elementos presentes en las unidades del paisaje que componen dicha área, permiten una moderada aptitud de asimilación de acciones que se ejecuten en estas.

A nivel del SAR, el paisaje natural ha tenido gran influencia del inminente crecimiento poblacional, y, por ende, mayor demanda de superficie para el desarrollo de actividades, dando como resultado un paisaje humanizado, el cual se cataloga con baja fragilidad visual.

La superficie que mantiene moderada fragilidad visual (36%) presenta susceptibilidad ante la presión ejercida por actividades antrópicas contiguas, y que del mismo modo se presenta sujeta a actividades que modifiquen su estructura o en su caso que se integren sin grandes cambios perceptibles.

Versión Pública

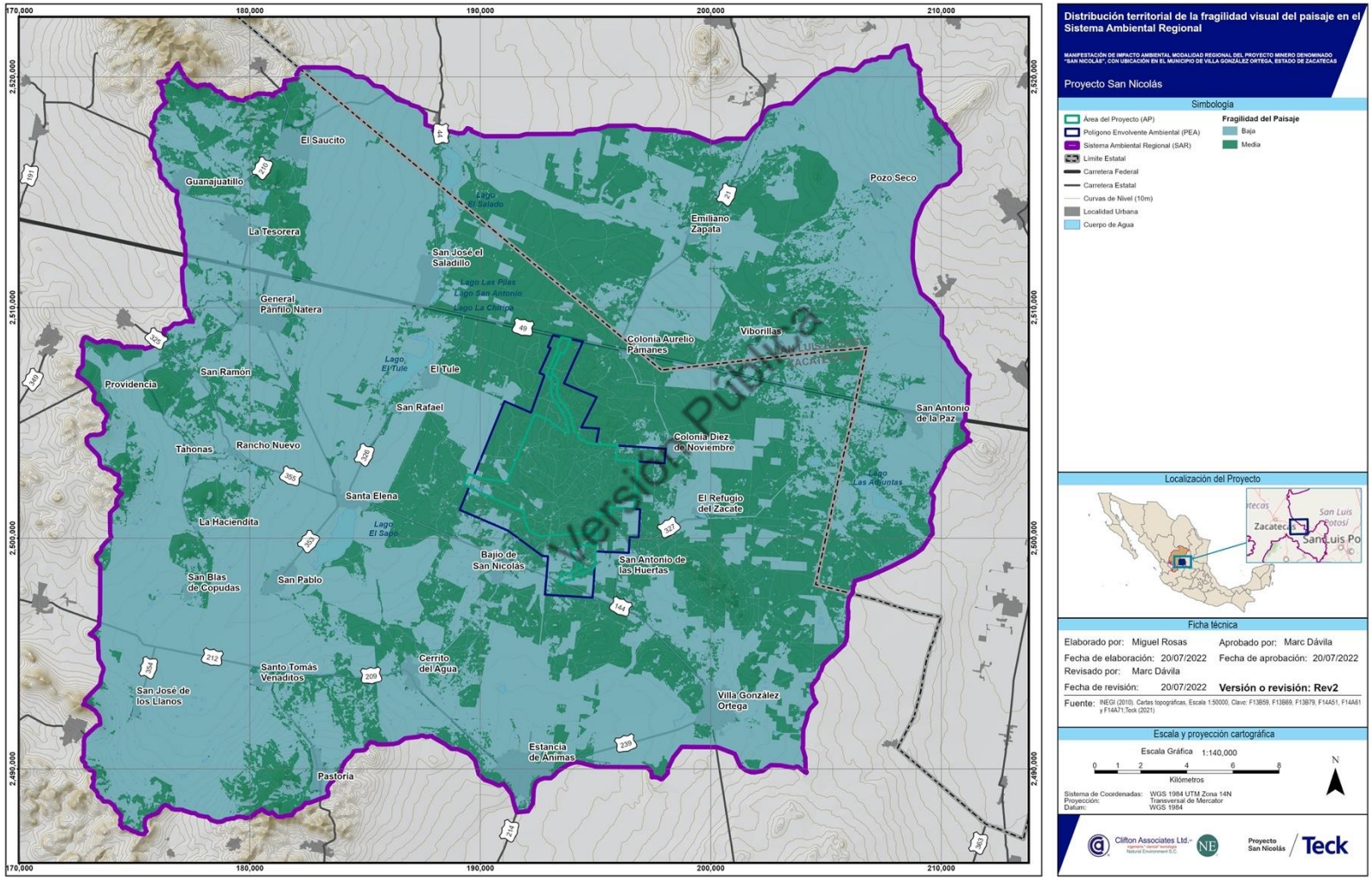


Figura IV.173 Fragilidad visual del paisaje en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

El territorio posee unas cualidades intrínsecas residentes en sus elementos naturales o artificiales que son percibidas por el observador a través de sus mecanismos fisiológicos y psicológicos. Por ello la belleza se aprecia y reconoce de forma distinta y en mayor o menor grado según los observadores. El análisis de la calidad visual nos permite conocer de forma general el territorio, y valorar de forma cualitativa, en lo individual y en conjunción, los elementos que lo componen.

El resultado de la constante interacción que mantienen las condiciones geográficas tales como; la geología, clima, edafología, hidrología, vegetación y fauna, reflejan distintos fenómenos que se expresan en una diversidad de paisajes naturales y que, a su vez, con el paso del tiempo se han transformado en paisajes humanizados caracterizados por actividades agrarias y estructurales.

Dado a lo anterior, la calidad visual del paisaje en el SAR, AI y AP se divide en calidad visual baja y calidad visual media. Las zonas que presentan modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje, tales como; la agricultura, industrias, caminos, carreteras, localidades, etc., se catalogan con calidad visual baja. Las zonas sin evidencia de actividades antrópicas o modificaciones en menor grado, presentan calidad visual media, sin llegar a ser calidad visual alta, puesto que, el grado de excelencia, esencia y su estructura que presentan en la actualidad no permiten una calidad mayor.

Versión Pública

De forma general los sitios con evidencia de actividades antrópicas se han categorizado con baja fragilidad visual. Mientras que, los sitios con baja o nula presencia de actividades antrópicas se catalogan con moderada fragilidad visual, de forma general en consideración a la valoración de dichas áreas de paisaje, se concluye que la capacidad de absorción y respuesta del paisaje ante cualquier actividad proyectada en dicha superficie, es moderada.

El dinamismo del crecimiento poblacional tiene como efecto inminente la modificación del paisaje natural convirtiéndolo en paisajes humanizados, es indispensable el conocimiento y distribución de los paisajes que presentan mayor fragilidad y aquellos que de alguna manera tienen la capacidad de absorber los impactos que potencialmente se puedan generar sobre estos.

La amplitud de la visibilidad depende de la existencia de barrera alguna, ya sea por edificaciones antrópicas, la topoforma y el tipo o forma de la cobertura vegetal, considerándose este último como un elemento con mayor susceptibilidad a cambios naturales o inducidos.

IV.3.4.6. Influencia del Cambio Climático

El proyecto minero San Nicolás se encuentra en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas, dentro de un ambiente semidesértico característico del altiplano mexicano. El Área del Proyecto (AP) que abarca una superficie de 2,371.9091 ha se encuentra dentro de las áreas definidas como Área de Influencia (AI) con una superficie de 16,785.3551 ha, y SAR con una superficie de 99,134.0264 ha, dentro de un municipio que se ha definido con cuatro altas vulnerabilidades al cambio climático, destacando entre estas la alta vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico, la vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva ante las inundaciones, así como una muy alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante las inundaciones (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2021 González Terrazas D., Vermonden Thibodeau A., Gress Carrasco F., Municipios Vulnerables al Cambio Climático con base en los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. pp.60).

Las proyecciones de cambio climático a corto plazo (2021-2040) indican un porcentaje de cambio en la precipitación de 0.6% (RCP8.5), a mediano plazo (2041-2060) de -1.5% (RCP8.5) y a largo plazo (2081-2100) de -8.9% (RCP8.5). Las proyecciones de la precipitación en el escenario más favorable (RCP2.6) presentan solo una ligera variación de la precipitación en los diferentes periodos, mientras que en el escenario más pesimista (RCP8.5), de acuerdo a lo anterior, tiene un ligero incremento en el corto plazo, y una disminución gradual de la precipitación en el mediano y largo plazo hasta 8.9% por debajo con respecto al periodo reciente delimitado entre 1981-2010. Respecto a las proyecciones de la temperatura, en todos los escenarios de cambio climático se presenta un incremento gradual de la temperatura, de 1.1 a 1.5°C en el escenario más favorable (RCP 2.6), y de 1.2 a 5.1°C en el escenario pesimista (RCP8.5), (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/32_Ficha.pdf).

Versión Pública

La alta vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico como consecuencia al cambio climático es importante en el SAR puesto que el uso de suelo dedicado a la actividad agrícola de temporal ocupa hasta el 42% de la superficie del SAR, mientras que en el AP apenas ocupa el 1.4% de su superficie. La disminución de la precipitación en el mediano y largo plazo hasta casi 9% en el escenario más pesimista, podría tener un fuerte impacto desfavorable en la producción agrícola de temporal, lo que podría favorecer el incremento de la migración de la PEA del municipio y de la región.

En el SAR, la vegetación de matorrales xerófilos (mayormente matorral desértico micrófilo y matorral crasicaule) ocupan casi 43% de su superficie, mientras que el pastizal natural y su vegetación secundaria arbustiva apenas el 1.7% de la superficie del SAR. En cambio, en el AP, la vegetación de matorrales xerófilos (casi exclusivamente matorral desértico micrófilo y su vegetación secundaria arbustiva), ocupa el 95% de su superficie, y desarrollando núcleos de

vegetación primaria relativamente bien conservada a pesar de la actividad pecuaria histórica que ha favorecido el desarrollo de manchones de vegetación degradada en el AP. Bajo el escenario del cambio climático, Trejo y col. (http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Climatologia/02.pdf.), analizaron el grado de afectación de comunidades vegetales en México por el cambio climático para los escenarios a corto y mediano plazo (entre los años 2020 y 2050). Este análisis demostró que a corto plazo entre el 20% y 47% de la vegetación actual será afectada por el cambio climático, mientras que a mediano plazo se prevé que esta afectación se incremente entre 50 y 60% de la superficie con cobertura vegetal. En el caso de los matorrales xerófilos y los pastizales, la afectación será consecuencia de su exposición a condiciones de mayor sequía, lo que podría traer cambios importantes debido a su vulnerabilidad ya que algunas de las especies podrían no tener la capacidad de adaptarse rápidamente ante el incremento de la temperatura y la disminución en la precipitación.

De hecho, se espera un desacoplamiento entre biomas y el clima que les es propicio, lo que creará un estrés fisiológico en las plantas, principalmente un estrés por sequía, particularmente durante la temporada seca. El estrés, en general, afectará más a las plantas que a la fauna, ya que las primeras, por crecer fijas a un sitio, tendrán serias limitaciones para migrar por medios naturales y ocupar nuevas áreas con un clima que les sea propicio (Peterson et al., 2002, en Saenz-Romero, 2005). Es decir, la única manera que tienen las poblaciones de plantas para cambiar de lugar es dispersar sus semillas, lograr establecerse, crecer y competir con éxito hasta alcanzar la edad reproductiva y de nuevo repetir ese ciclo.

Versión Pública

Esto último requiere que las áreas se vean favorecidas por un hábitat climático propicio para que puedan ser colonizadas por semillas y plántulas de las especies del bioma más resistente; esto desde luego es poco probable que suceda, ya que la velocidad natural de migración de las especies vegetales dominantes en los matorrales xerófilos es más lenta que la velocidad a la que está ocurriendo el cambio climático. A pesar de esto, se espera que predominen los matorrales xerófilos sobre otros tipos de vegetación, particularmente aquellos de climas templados y cálidos húmedos (Villers y Trejo, 2020). Esto es, se conservará e incluso podrá expandirse la vegetación de matorral xerófilo (Saenz-Romero, 2005), aunque con cambios en el bioma por la pérdida de las especies menos tolerantes al cambio climático, lo cual representará una pérdida importante de biodiversidad para los matorrales desérticos micrófilos, caracterizados por un número limitado de especies (aproximadamente 1,500), comparados a los bosques de encino (2,500 especies) o las selvas bajas caducifolias (2,400 especies) (Arriaga, 2009).

De esta manera, un cambio tan radical en la vegetación evidentemente será una amenaza para la biodiversidad, al poner en riesgo la viabilidad de poblaciones de especies, particularmente las listadas en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010, o incluso las de lento crecimiento y difícil reproducción, aun sin el efecto del cambio climático, así como para los servicios ambientales que esta vegetación brinda, en particular por la disminución de la captura de carbono.

Si bien, de acuerdo a Briones y col. (2018), los matorrales xerófilos y pastizales presentan de relativamente bajo a moderado contenido de carbono en su biomasa, pueden tener un efecto significativo para contrarrestar el cambio climático al absorber las emisiones de CO_2 de la atmósfera, debido a su mayor distribución en el SAR, comparado a los pastizales. Briones y col., 2018, estimaron que el promedio del carbono total almacenado en la biomasa de los matorrales xerófilos es de 16.3 Mg/ha, mientras que en los pastizales de tan solo 5.73 Mg/ha. La consecuente pérdida de biomasa aérea con el cambio climático traerá también como resultado una menor capacidad de captura de carbono, disminuyendo así el beneficio de este servicio ambiental.

Por otra parte, si bien se prevé una disminución en la precipitación, hasta -8.9 en el escenario más catastrófico a largo plazo, se esperan eventos extraordinarios de precipitación pluvial, por lo cual se estima una alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante las inundaciones. Sin embargo, el análisis realizado con eventos extraordinarios con mayores periodos de retorno, demostró que este riesgo a inundaciones que tenga un impacto en asentamientos humanos es bajo, dadas las características topográficas del terreno y las características del suelo, que favorece una relativamente rápida infiltración del agua pluvial. Cargas de agua de algunos centímetros de espesor es apenas esperado en las áreas más susceptibles de inundación en eventos de precipitación extraordinaria.

Versión Pública

En cambio, el incremento esperado de las condiciones de aridez por la disminución de la precipitación, traerá como consecuencia el incremento de la dispersión de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), sobre todo en las temporadas de secas, lo que provocará que se mantengan concentraciones por arriba de los valores normativos de referencia señalados en la NOM-025-SSA1-2021, lo que podría afectar seriamente a los centros de población localizados al Oeste del SAR, rodeados de áreas de suelo de uso agrícola de temporal, lo que incrementará seguramente el material particulado.

Sin duda, las proyecciones de cambio climático prevén escenarios desfavorables en las condiciones de línea base particularmente en el SAR, más que en el AP, las cuales se verán incrementadas a largo plazo, considerando el escenario más desfavorable (RCP8.5).

IV.4. Diagnóstico ambiental

El proyecto minero San Nicolás se encuentra en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas, dentro de un ambiente semidesértico característico del altiplano mexicano. El Área del Proyecto (AP) que abarca una superficie de 1,455.492 ha se encuentra dentro de las áreas definidas como Área de Influencia (AI) con una superficie de 16,785.3551 ha, y Sistema Ambiental Regional (SAR) con una superficie de 102,890.146 ha.

El clima predominante en el SAR es semiárido templado cuyo tipo de clima es también el dominante en el AI y el AP; en el Este del SAR en menor proporción, el clima es árido templado, pero con una humedad menor. La temperatura promedio anual oscila entre 15.3ºC y 17.9ºC, con una temperatura máxima promedio de 29.3 ºC y una mínima promedio de 0.3 ºC.

La precipitación media anual registrada en las estaciones varía entre 410.2 mm con una mínima registrada en la estación Villa de Ramos II con 271.9 mm y una máxima en la estación Luis Moya con 487.1 mm. Según el periodo considerado (1951-2010) en las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la temporada de lluvias empieza principalmente en junio y termina en septiembre, el mes más lluvioso es julio, con registros de precipitaciones principalmente mayores de 80 mm. También en agosto y septiembre se registraron mayores lluvias, pero generalmente un poco menor que en julio. Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto no se prevén cambios importantes en la precipitación por el cambio climático; las proyecciones a corto plazo estiman para el Estado de Zacatecas variaciones del orden de +1%, por lo que los factores de escurrimiento no se verán afectados de manera importante en este periodo; caso contrario a lo previsto en el escenario a largo plazo donde sí se estima una disminución importante en la precipitación, con lo cual puede incrementar las sequías y los riesgos a incendios forestales, que hasta la fecha han sido limitados en el área del SAR, de acuerdo a los reportes del Atlas Nacional de Riesgos.

Versión Pública

Un importante factor climático para este tipo de proyecto es el viento, cuyos datos de dirección y velocidad de viento se obtuvieron de los registros del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los datos de los vientos registrados en estos observatorios representan la magnitud de la velocidad media y máxima y sus direcciones correspondientes. Las estaciones más cercanas al SAR y al AP, donde se obtuvieron los datos, son las estaciones Estancia de Ánimas, El Saladillo, La Victoria, Loreto, Las Arcinas, el Gran Chaparral y San Nicolás, con registros de 2002 a 2018. En la estación San Nicolás se registraron datos solamente a partir del año 2017. A partir de la información analizada, la velocidad promedio anual del viento fue de 8.57 km/h (2.38 m/s) con una dirección dominante hacia el oeste. En particular los meses que registran mayores velocidades de viento, que coincide con la temporada seca del año, favorecen condiciones de incremento de emisiones de material particulado, especialmente en el

SAR y AI, como consecuencia del mayor porcentaje de superficies sin cobertura vegetal, debido a la actividad agrícola. Esto influye de manera importante en los altos niveles reportados de PM_{10} y $PM_{2.5}$, en valores ya cercanos e incluso superiores (de manera puntual en eventos de tolvaneras) a los límites normativos permisibles.

El SAR se encuentra en la parte centro-occidental de la Provincia Fisiográfica La Mesa Central. El AI y el AP, así como la mayor parte del SAR, se encuentra al sur de la subprovincia fisiográfica "Llanuras y Sierras Potosinas-Zacatecanas", exceptuando la porción sur del SAR, que se ubica en la subprovincia fisiográfica "Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes". La Subprovincia Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas está caracterizada por lomeríos al Noroeste (Sierra de Fresnillo) y Sierras Bajas al Suroeste. En las zonas planas al Suroeste, se localizan llanuras aluviales de mediana extensión. La Subprovincia de Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes presenta extensas llanuras con pisos de caliche y cubierta aluvial muy somera con una altitud de aproximadamente 2,000 msnm. Se divide en dos llanuras, la de Ojuelos y la de Aguascalientes, comunicadas en el norte, pero separadas en la mayor parte de su extensión por mesetas muy disectadas con altitudes aproximadas de 2,300 msnm donde predominan rocas ígneas ácidas.

Versión Pública

En cuanto a la topoforma, se determinaron seis sistemas. La mayor distribución tiene la Bajada Típica donde predominan altitudes entre 2,000 y 2,150 msnm. En esta zona también se localizan el AI y el AP (con una altitud de 2,250 msnm). En el noroeste del SAR está representado la topoforma Sierra Baja con Lomeríos por el Cerro El Águila (2,500 msnm) bajando de la sierra se encuentra la topoforma Lomerío con Bajadas al piedemonte. En el sur se localiza la topoforma Llanura Desértica de Piso Rocoso o Cementado y una parte en el límite oeste y suroeste del SAR con mesillas de la topoforma de Lomerío de Pie de Monte con Mesetas con alturas de alrededor 2,200 msnm y los cerros con altitudes de 2,200 a 2,300 msnm. En el oriente del SAR se ubica la topoforma Llanura Desértica Salina donde se localizan los cuerpos de agua la Escondida, El Mosco, Las Cruces y Las Adjuntas.

El relieve del SAR se clasifica como una planicie con pendientes menores de 5%. En las elevaciones al límite occidental y al sureste se registran mayores pendientes. En promedio se encuentra el AP con un porcentaje de pendiente menor de 10%, aunque las mayores pendientes se registran al noreste del AP, donde se favorece una mayor erosión hídrica del suelo.

Dentro del SAR se encuentran siete tipos de suelo los cuales se distribuyen según la topografía y zona climática con diferentes proporciones en el área. La mayor distribución en el SAR (inclusive el AI y AP) tiene el tipo de suelo Luvisol que se desarrolló en 63% del área ocupando la zona centro, norte, sur y este. En una franja de orientación NW–SE al noreste del SAR, se localiza el tipo de suelo Calcisol que también se distinguió en la zona de los lagos El Tule, El Sapo y El Salado

en la parte centro–oeste del SAR. Al suroeste del SAR se desarrolló el tipo de suelo Durisol ocupando 13% del área del SAR. En varias manchas distribuidas en el SAR se localiza el tipo de suelo Leptosol predominante en las elevaciones pequeñas y en las sierras que delimitan el SAR. En pequeñas proporciones, y únicamente en el AI y el AP, se localizaron los tipos de suelos Cambisol, Kastanozems y Phaeozems.

El material edafológico y geológico ha estado sujeto a procesos de degradación en el SAR, tales como la erosión hídrica, eólica, la salinidad, la degradación química, física y biológica. SEMARNAT y CP (2003) definió para las tierras planas en el SAR una degradación de la superficie moderada en el oeste y ligera en el este del SAR, acompañada con una pérdida de suelo por la acción del viento. En una pequeña parte en el noreste se localizó un sitio con erosión hídrica ligera con pérdida de suelo superficial. Las principales causas de esta degradación se asocian a las actividades agrícolas y pecuarias, así como al cambio de uso de suelo no controlado. Al norte y centro del AI y en casi la totalidad del AP, no se reportó degradación del suelo, esto principalmente a que se encuentra relativamente bien preservado al mantener su cobertura vegetal, en una mayoría de carácter primario. Sin embargo, dentro del AP se reconocen pequeñas áreas degradadas de suelo, principalmente donde predomina la vegetación secundaria y donde se desarrollaron hasta hace algunos años, actividades pecuarias de manera intensiva.

Versión Pública

Al este del SAR, se reportó una erosión laminar de moderada a leve, en especial en el centro donde se ubica el AP. Parcialmente está acompañado la erosión hídrica laminar con la aparición de surcos y cárcavas de erosión, particularmente al NE del AP. Alrededor de los lagos El Tule y La Escondida se registraron zonas con una erosión hídrica laminar fuerte, producto principalmente de eventos intermitentes de inundación.

El SAR presenta un grado moderado de erosión, con pérdidas anuales de 10 a 50 toneladas por hectárea. Los suelos que se identificaron con mayor riesgo a la erosión son aquellos que presentan baja o nula cobertura vegetal y que son actualmente utilizados por la agricultura, así como aquellos donde se ha llevado a cabo la remoción de la cobertura vegetal. En el AI también el grado de erosión dominante es moderado, perteneciente a zonas con actividades agrícolas o siendo sitios con remoción de cobertura vegetal, sobre todo al oeste del AI. Solo se presentan áreas con erosión fuerte (50 a 200 ton/ha/año) al sur del AI. En cambio, en el AP predomina la baja erosión del suelo (<10 ton/ha/año), lo cual está controlado por la dominancia de cobertura vegetal, que representa casi el 95% de la superficie total del AP (**Figura IV.174** y **Figura IV.175**). Aun cuando existen áreas con evidencias de la actividad pecuaria, la erosión se mantiene como moderada, por la buena preservación de la cobertura vegetal primaria, que representa el 95% del AP.

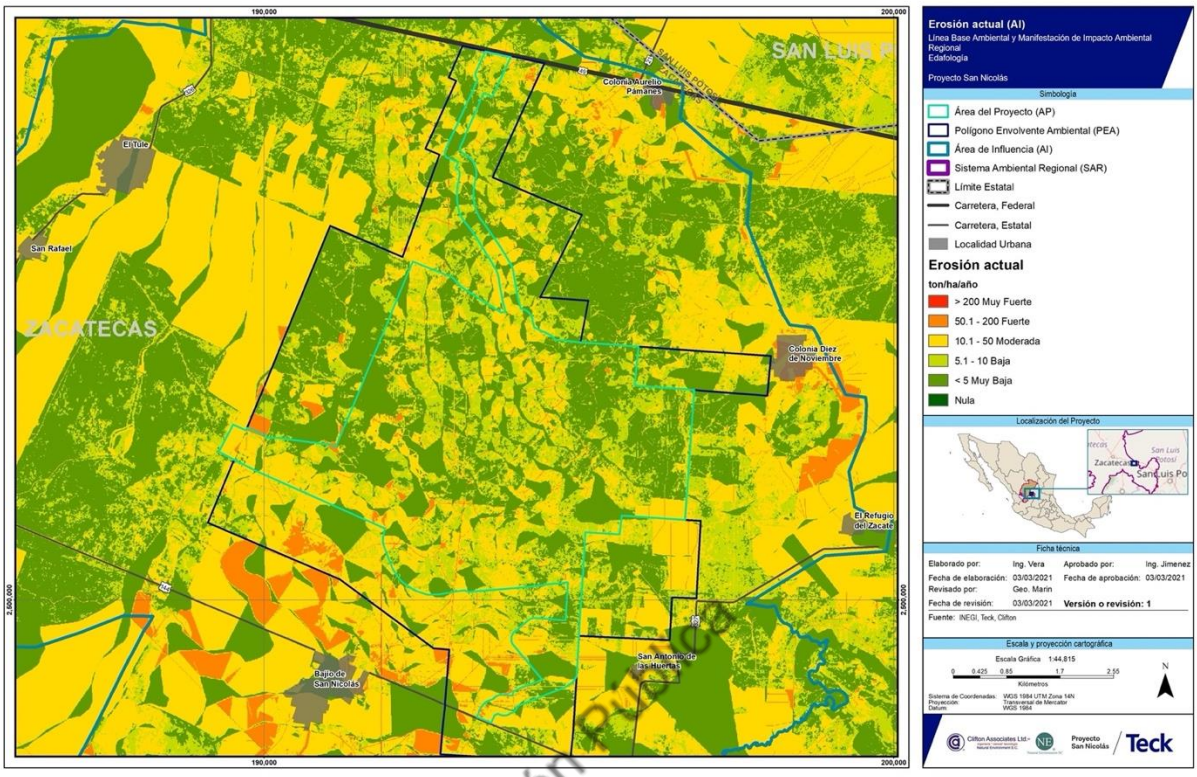


Figura IV.174 Erosión actual del suelo en el Área del Proyecto.

Versión Pública

Casi la totalidad del SAR pertenece a la subcuenca hidrológica “P. San Pablo” la cual se ubica en la región hidrológica “El Salado”, que presenta una forma irregular alargada con dirección sureste-noroeste. En esta subcuenca existen varios arroyos principales a lo largo de la subcuenca que reciben los caudales de varios afluentes locales formando microcuencas endorreicas sin conexiones hidráulicas entre ellos. Todos los escurrimientos recibidos en los arroyos fluyen hacia una zona topográficamente baja, donde se infiltran en la misma microcuenca en suelos permeables (cuenca arreica) o desembocan en los lagos El Tule y El Sapo, donde se evaporan o infiltran los escurrimientos. Así existen en la subcuenca una multitud de tanques, bordos, represos y lagos que reciben los escurrimientos locales cortando la trayectoria natural de los arroyos y evitando un desarrollo natural de los cauces. De hecho, los bordos y represos de capacidad reducida fueron construidos a base de tierras compactadas en los mismos cauces y puntos de acumulación de flujos que captan y almacenan agua por algunas semanas durante temporal de lluvias, y cuyo principal está destinado a la actividad pecuaria local.

En el SAR se identifican 7 microcuencas conforme al modelo hidrológico del SIATL (INEGI/CONAGUA, 2021), las cuales se nombran a partir de su cauce principal: El Sapo, El Tule,

Las Lajas, Las Adjuntas, La Presita, Las Cruces Occidente y Las Cruces Oriente. Casi la totalidad del AI y del AP se encuentra en la microcuenca el Sapo y solo la porción norte de ambas áreas se encuentran en la microcuenca El Tule. Con ello, el punto hidrológico más bajo corresponde al Lago El Tule, que recibe los escurrimientos finales de ambas microcuencas (El Sapo y El Tule), que representan el 75% de la superficie del SAR y 79% de la carga media anual del SAR.

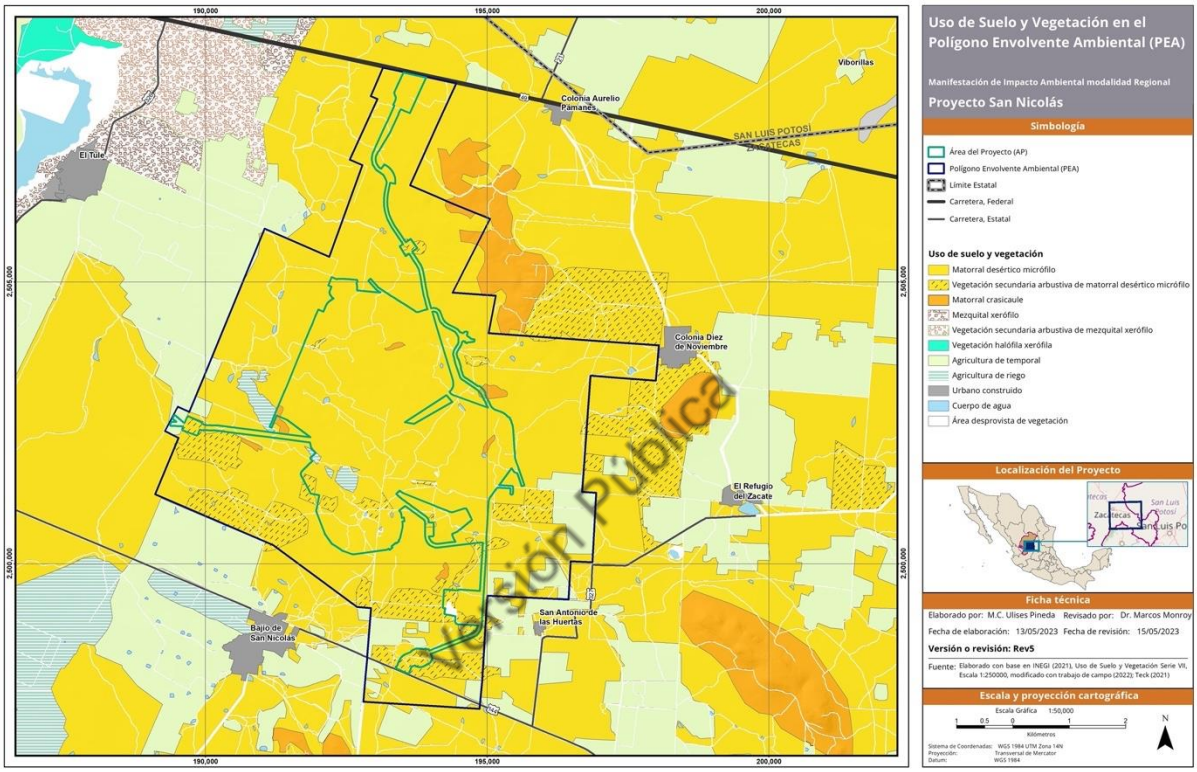


Figura IV.175 Vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto, destacando la amplia cobertura vegetal en su estado de línea base.

El SAR carece de escurrimientos superficiales importantes, salvo en periodos de lluvia extraordinarios, en los cuales se forman arroyos torrenciales que escurren desde las zonas más elevadas hacia los lagos de la planicie, que ocasionalmente almacenan agua durante la temporada de lluvias (Lago El Tule, El Sapo, El Salado, Las Adjuntas), que tienen poca profundidad, variables niveles de agua y en el periodo de sequía tienden a perder agua por evaporación, hasta quedar prácticamente secos favoreciendo la formación de sales. En el mes de junio (mes final del periodo de sequía), solo el 18% de los aprovechamientos antropogénicos presentan agua, porcentaje que se va incrementando durante los meses de julio y agosto hasta llegar a un máximo del 64% de cuerpos con agua durante el mes de septiembre (periodo de lluvias), para volver a descender en los meses de octubre y noviembre. Basándose en el comportamiento hídrico de la región, los

arroyos presentarían agua solo durante eventos de lluvia durante un tiempo limitado. La tendencia general del flujo superficial es en dirección al límite occidental del AI, donde los lagos El Tule y El Sapo son Los receptores finales de los caudales.

Se realizó un estudio para conocer el comportamiento de los escurrimientos superficiales en el SAR y AI. A partir de la simulación del modelo hidráulico del SAR, se pudo observar que las zonas de inundación se mantienen alrededor de los arroyos principales y los lagos donde descargan los arroyos. El tirante de la máxima inundación se calculó en 4.5m en una zona topográficamente baja, pero en general son menores de 1 m, y en promedio de 0.4m. Las zonas de inundación más profundas se identificaron en la zona que se localiza entre los lagos El Sapo y el Tule y en un área que se localiza al este de la comunidad de Bajío de San Nicolás. En el AP, se calcularon zonas de inundación restringidas a los cauces al suroeste del AI, pero con profundidades muy limitadas, menores de 10 cm, sin representar condiciones de riesgo para comunidades o áreas con hábitats sensibles. De hecho, el Municipio de Villa González Ortega es clasificado como de vulnerabilidad alta al cambio climático, entre otros ante el potencial a inundación en eventos de precipitación extraordinaria, aunque estas áreas estarías limitadas a las señaladas por el modelo identificado en este estudio (**Figura IV.176**).

Versión Pública

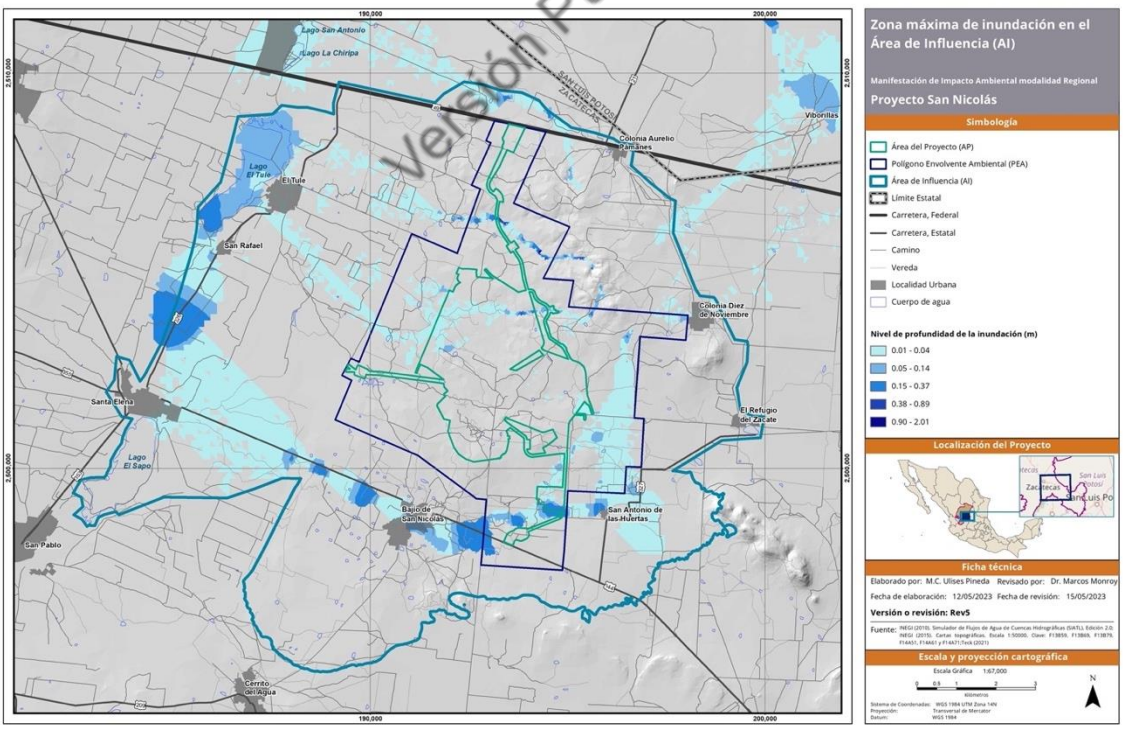


Figura IV.176 Zonas de inundación máximas en el Área de Influencia y en el Área del Proyecto.

De esta **Figura IV.176** se puede apreciar que las áreas susceptibles a la inundación en el AP afectarían únicamente el denominado arroyo Hondo que atravesaría el camino de acceso norte, así como el arroyo el Tepezán que atraviesa el AP en el área destinada parcialmente a la Tepetatera. En ambos casos, se han diseñado obras hidráulicas para permitir la libre escorrentía en el arroyo Hondo, mientras que en el caso del arroyo Tepozán se ha diseñado aguas arriba un canal para la captación y desvío del agua pluvial, por lo que la precipitación extraordinaria que podría provocar una inundación en el AP, no afectaría las obras y actividades del Proyecto.

En el caso de las principales áreas susceptibles de inundación en el AI, se encuentran al este y sur del AI, fuera del AP, por lo que no afectarían las áreas destinadas a la presa de jales y al tajo, por lo que no son áreas susceptibles a un riesgo de afectación por la implementación del Proyecto.

A partir de los resultados reportados del análisis de la calidad del agua superficial en el SAR y AI, se calcularon los valores de la media de los elementos analizados en el SAR para los periodos de lluvias y secas del año 2019 y de lluvias 2020, esto para calcular sus concentraciones de línea base en agua superficial, previas actividades del Proyecto. De los resultados obtenidos sobresale que entre el 11 y 20% de las muestras analizadas, se encuentran por arriba del correspondiente valor de la media calculada, de las cuales, las concentraciones altas se encontraron principalmente en el área sur del AP, al sur del AI en un sitio cercano del poblado de Bajío de San Nicolás, en el lago El Tule, en el arroyo La Presita (al este del poblado de General Pánfilo Natera) y al oeste de los lagos El Tule y El Sapo. De estas, sobresale la concentración media de arsénico (0.0312 mg/L).

Versión Pública

La alta concentración del arsénico en el lago El Tule, tanto en temporada de secas como de lluvias, se atribuye a que este cuerpo de agua es el receptor final de escorrentías de tres microcuencas hidrológicas (La Presita, El Sapo y El Tule), con aportes de fuentes naturales y antropogénicas: [i] en la microcuenca La Presita y noroeste de la microcuenca El Tule, se reconoce las fuentes del distrito minero de La Tesorera; [ii] en la microcuenca El Sapo, se reconoce al oeste los aportes del distrito de la unidad minera San José, mientras que al este los aportes de la mineralización de El Salvador; y [iii] en la microcuenca el Tule, con el aporte en metales del distrito minero La Tesorera al oeste de esta microcuenca. A partir de la distribución y concentración de los metales (arsénico, cobre y zinc) en sedimentos activos reportados por el SGM, así como de la distribución y concentración de los mismos metales en el agua superficial del SAR, se asume que las altas concentraciones de línea base son producto de manera natural a la presencia de las anomalías geoquímicas asociadas a las mineralizaciones de La Tesorera, San José y El Salvador, así como el aporte del pasivo ambiental minero de El Salvador. Un estudio geoquímico de detalle en suelo superficial que será realizado como estudio línea base previo inicio de las actividades del Proyecto, confirmará el supuesto del origen del arsénico, cobre y zinc asociado a la anomalía geoquímica de las mineralizaciones polimetálicas de El Salvador y San Nicolás.

Por otro lado, la distribución y concentración de los coliformes fecales, del DBO, del nitrógeno total y del fósforo total, parece estar asociada a las actividades antrópicas que prevalecen actualmente en el SAR, esto es, actividades agrícolas y pecuarias, y en menor medida a descargas residuales por las comunidades alrededor del AI, dentro del SAR.

Con relación al agua subterránea, el SAR se ubica en el acuífero administrativo (3228) La Blanca, que ocupa la parte occidental y centro del SAR, y al sur en el acuífero administrativo (3229) Loreto. Además, se encuentra el SAR sin mayor influencia en partes de los acuíferos administrativos (3212) El Barril, (2404) Santo Domingo, (2403) Salinas de Hidalgo, (3230) Villa Hidalgo y (3212) Ojocaliente. El AI y el sitio de Proyecto se encuentran en los acuíferos La Blanca y Loreto. La fuente de agua considerada para la operación minera es el agua producto del agua de laboreo de las obras del minado superficial, las cuales se encuentran ubicadas específicamente en el acuífero La Blanca.

Se determinó que en la región existe un sistema acuífero estratificado compuesto por uno superior, uno intermedio y otro profundo. El acuífero superior es de tipo libre y está constituido por sedimentos aluviales y fluviales, de granulometría variada (gravas, arenas y limos) con un espesor máximo del orden de 35 m, que presenta permeabilidad primaria. En las temporadas de lluvia se infiltra el agua y recarga el acuífero. Hacia la porción central de la llanura, el acuífero está compuesto por un conglomerado semiempacado a bien compactado en un cementante calcáreo, cuyos depósitos pueden alcanzar espesores de algunos cientos de metros y funciona como medio rocoso fisurado. En donde los pequeños espesores de sedimentos fluvio-aluviales le sobreyacen, trabajan como un solo acuífero libre. Los acuíferos intermedio y profundo son acuíferos en medios rocosos fisurados. El intermedio está compuesto por una alternancia de lutitas y limolitas que sobreyacen al inferior y le sirven de capa semiconfinante dada su baja conductividad hidráulica. En el acuífero inferior, los paquetes de rocas son una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias altamente fracturadas, su permeabilidad es secundaria por fisuras y su respuesta hidráulica es amplia; a mayor profundidad las calizas y areniscas representan un acuífero potencial que puede presentar condiciones de semiconfinamiento. Estas rocas representan el acuífero regional, es de amplia extensión, espesor y composición variable y es convencionalmente denominado aquí acuífero profundo por su posición estratigráfica local.

Versión Pública

La configuración de la profundidad del nivel estático en la zona varió de 20 a 100 metros, obteniendo las menores profundidades hacia el este del área del SAR. Mientras que, en la porción sur se observan profundidades de 40 a 70 metros. Finalmente, las mayores profundidades se obtienen por la configuración de niveles en el acuífero La Blanca, donde los valores son de 30 a 100 metros.

Para los parámetros hidráulicos en el acuífero Loreto se obtuvieron valores de transmisividad de $2.0x10^{-5}$ a $1.0x10^{-3}$ m^2/s; considerando un espesor saturado promedio de 60 m, los valores de conductividad hidráulica varían de $3.3x10^{-7}$ a $1.7x10^{-5}$ m/s (0.03 a 1.4 m/d). En el caso del acuífero La Blanca se establecieron los valores de transmisividad obtenidos varían de $2.0x10^{-5}$ a $2.7x10^{-3}$ m^2/s; y los valores de conductividad hidráulica, considerando un espesor saturado de 100 m, entre $2.7x10^{-7}$ y $2.7x10^{-5}$ m/s (0.02 a 2.3 m/d). Ambos acuíferos presentan un déficit en la disponibilidad del agua subterránea por lo cual no existe volumen favorable para otorgar concesiones. Además, a partir del análisis de la vulnerabilidad mediante el método GOD (NOM-141-SEMARNAT-2003). Para el caso del acuífero La Blanca, se ha obtenido un valor de 0.216 en el índice de vulnerabilidad, por lo que el acuífero no se considera vulnerable. Por otra parte, el acuífero de Loreto presenta un valor de 0.336 en el índice de vulnerabilidad, por lo que este acuífero es clasificado como vulnerable.

Si bien estas son las condiciones hidrogeológicas del SAR, se revisaron las condiciones hidrogeológicas específicas en el AI y AP para generar un modelo de flujo que represente las condiciones hidráulicas en el AP durante las actividades del Proyecto. Se estimaron las condiciones hidráulicas de las unidades geológicas que constituyen a los acuíferos. El depósito de sulfuros masivos volcanogénicos de San Nicolás, en conjunto con el domo riolítico adyacente y la alteración por silicificación forman un acuífero oblongo en forma de cono de alta permeabilidad, inclinándose hacia el suroeste con dimensiones de 1,400 m x 800 m x 650 m. Este acuífero homogéneo está delimitado por el sistema de fallas La Panza, que incluye la falla inclinando al NE. Las dos fallas son altamente permeables. Sobreyaciendo y encajando el acuífero se localizan las unidades geológicas compuestas de sedimentos, rocas volcanosedimentarias y volcánicas como conglomerados, tobas y rocas volcánicas de baja a moderada conductividad. Se estima que existe un contacto hidráulico del sistema de fallas La Panza con el sistema de fallas Tamara (la cual se interpreta que se inclina hacia el sureste), lo cual posiblemente proporciona una conexión hidráulica hasta un área que comprende el margen oriental de Bajío de San Nicolás hasta la falla, alrededor de 2 km de distancia. Esto hace que en el AP se localiza un material de baja a moderada conductividad de los conglomerados terciarios y de las rocas volcánicas del Jurásico-Cretácico. El nivel de agua se encuentra entonces a una profundidad entre 10 m and 30 m, la cual se inclina hacia el oeste-suroeste.

Versión Pública

Las profundidades de los niveles más representativas en los aprovechamientos censados, se registraron en un rango de 50 a 100 metros de profundidad. Por otra parte, el 26% de los pozos presentaron niveles dentro de los primeros 50 metros de profundidad, mientras que las mayores profundidades al nivel estático, medidas en campo, se encontraron en un rango de 100 a 155 metros. Hasta el momento se han otorgado en el área del SAR según la base de REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) títulos de concesión, asignación y permisos de descarga

que suman una cantidad de 383 aprovechamientos con una descarga total de 31,705,285 m^3 anuales. Las aguas extraídas se destinan en el SAR al uso doméstico (0.001%), agrícola/pecuario (92.39%) y público/urbano (7.61%). En el SAR, los 328 aprovechamientos registrados se distribuyen en 223 norias y 105 pozos, donde el 55% de las norias son para uso doméstico o público urbano y el 45% son para uso agrícola-pecuario. En el AI, de 191 aprovechamientos registrados, el 62% de las norias son para uso doméstico o público urbano y el 27% son para uso agrícola pecuario. Estos registros indican que en el SAR y AI, la mayoría del agua para uso doméstico o público urbano proviene de las norias, representando solo el 7.6% de la descarga con registro de aprovechamiento en el SAR.

La distribución de las profundidades reportadas del nivel estático es importante, aunque no representa un comportamiento particular, donde la presencia de aprovechamientos con niveles menores a los 10 m (norias), genera una isolínea cuyo trazo pasa cerca del contorno del AP. Las profundidades entre 10 y 50 metros se ubican principalmente en los límites y cercanías de las áreas donde se localizan los lagos El Tule y El Sapo. Con ello, la distribución del nivel estático hace que aparezcan tres conos de abatimiento del agua subterránea en el SAR, dos al sureste del AI, con profundidades de 80 m y 150 m, y uno al norte dentro del AI con una profundidad de 80 m. Estos conos son resultado de la extracción intensiva en los pozos de uso agrícola y por la cercanía entre sí de estos pozos de aprovechamiento agrícola, lo que hace que se interfieran y potencie el abatimiento, sobre todo al occidente del SAR.

Versión Pública

El análisis químico del agua subterránea en 19 pozos, 13 norias y un grifo durante campañas en temporadas de secas y lluvias 2019 y lluvias 2020, indicaron que los elementos analizados que en la línea base ambiental presentaron una concentración de su media en agua subterránea superior al correspondiente LP de la NOM-127-SSA1-1994, fueron: arsénico, flúor, aluminio, hierro, sodio y coliformes fecales, tanto en el SAR, como en el AI. La concentración media del arsénico es mayor en el AI del Proyecto, respecto al SAR, en norias y pozos. Este resultado puede ser atribuido a la mayor concentración de arsénico reportada en los sitios al sur del AI. En cambio, la concentración del flúor rebasa el límite normativo permisible tanto en el SAR como en el AI, en pozos y en norias, sin embargo, en los pozos los niveles de concentración son menores respecto a las norias.

Al observar la distribución de las concentraciones del arsénico y flúor en el SAR y el AI, destaca la distribución espacial de la concentración en línea base de estos elementos, que se concentra en valores arriba de los límites permisibles por la NOM-127-SSA1-1994, sobre todo al sur del AI, concentraciones distribuidas en ambos acuíferos (La Blanca y Loreto), cuya diferenciación es puramente administrativa, por lo que debe existir una distribución de la anomalía geoquímica en la concentración que obedece seguramente a factores naturales, como puede ser la presencia de

las mineralizaciones polimetálicas de San Nicolás y El Salvador, y posiblemente también el enriquecimiento bajo condiciones hidrotermales, características ambos del agua subterránea en acuíferos granulares característicos del centro de México, tal como ha sido reportado previamente en varias áreas mineralizadas del altiplano y norte de México.

De acuerdo con los resultados obtenidos para determinar la calidad del agua subterránea en los aprovechamientos que parcialmente son utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable, se resume que en gran parte del agua subterránea en el área no presenta una calidad óptima para ser utilizada como fuente de abastecimiento de agua potable, riego agrícola o uso pecuario, puesto que incumplen en uno o más de los límites máximos permisibles de los distintos parámetros analizados. Esto es importante ya que los usuarios de estos aprovechamientos actualmente los utilizan para estos fines, muchos de ellos argumentando que tienen una buena percepción de la calidad del agua (IDEAS,2019; AOSocial,2020), sin embargo, los resultados de las evaluaciones demuestran lo contrario en la evaluación de la línea base ambiental realizada por el Proyecto. A pesar de estas concentraciones que rebasan los LP de la NOM-127-SSA1-1994, el agua es comúnmente utilizada en los aprovechamientos, tanto en uso de agua potable, para riego agrícola o uso pecuario en el SAR y AI.

Versión Pública

En el Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por fuente para los municipios donde se ubica el SAR, se reportan emisiones de fuentes móviles que provienen de autos particulares (compuestos volátiles), de maquinaria agrícola, y de tractocamiones y vehículos (>3.8t). Para la fuente fija reportan para el Municipio Ojocaliente la metalurgia como causante de la contaminación. En la contaminación proveniente de una fuente de área se reporta la labranza y la ladrillera para las partículas suspendidas y las quemas agrícolas, la combustión doméstica para los compuestos volátiles. El amoniaco se registró por las emisiones de la ganadería y de la aplicación de las fertilizantes.

Para el análisis de línea base de polvo de alto volumen de PM_{10} y $PM_{2.5,}$ se realizaron muestreos en los años 2017 a 2022. La mayoría de los valores medidos de PM_{10} y $PM_{2.5}$, se encuentran dentro de los límites permisibles de la norma de referencia (NOM-025-SSA1-2021), sin embargo, estos valores se encuentran dentro del rango superior cercano del correspondiente límite normativo, sobre todo en la temporada seca. La deposición de polvos es de gran importancia en la formación de suelos e influye en la caracterización de horizontes, así como en la textura y la facilitación de nutrientes. La tasa de deposición de polvos se ve afectada por las actividades de carácter antropogénico como lo son las zonas agrícolas, así como la eliminación de la cobertura vegetal y el incremento de la desertificación en el SAR. La concentración de polvos y partículas en línea base cercana a los valores límites normativos, obliga a no incrementar estas concentraciones

por las actividades del Proyecto, de manera directa o indirecta, más aún ante el incremento continuo de las áreas sin cobertura vegetal.

Para el estudio de ruido se midió la presión sonora en el entorno del SAR, AI y AP. Este estudio concluyó que las ondas sonoras se encuentran dentro de un rango de 35.08 y 47.24 dBA, con lecturas anómalas asociadas a la Carretera Federal 49, sobre todo en los meses de junio, julio y agosto, debido al aumento del tránsito en estos meses. También se detectaron lecturas anómalas en las vialidades locales y en los poblados y localidades de Estancia de Ánimas y Villa González Ortega dentro del SAR.

En el SAR, la mayoría de las áreas originalmente con cobertura vegetal han sido transformadas a áreas agrícolas, el uso inadecuado de este recurso ha provocado varios problemas ambientales e influye de manera importante en la calidad del SAR, que se muestra con suelos degradados, pérdida de biodiversidad, ausencia de especies nativas y presencia de especies invasoras. Sin embrago aún siguen áreas conservadas con cobertura vegetal primaria, las cuales registran presencia de hábitats para la fauna silvestre, lo cual es un indicador de la calidad del hábitat.

Versión Pública

Las comunidades vegetales que se distribuyen en el SAR son típicas de la provincia florística de la Altiplanicie, siendo los matorrales xerófilos las comunidades con mayor superficie en el AI y AP, presentando variaciones florísticas y fisonómicas derivadas de gradientes ambientales. En el SAR, la mayor superficie lo ocupa la agricultura (51.4%), le siguen las comunidades vegetales de Matorral Desértico Micrófilo (34.5%), Matorral Crasicaule (2.3%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (1.2%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Crasicaule (0.9%), Mezquital Xerófilo (1.1%), Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo (1%), Pastizal Natural (0.9%) y Vegetación Halófila (0.4%). La mayor parte de la vegetación mantiene una condición primaria. Como resultado del muestreo y caracterización de la vegetación en campo, se registraron dentro del SAR, 24 órdenes, 49 familias, 154 géneros y 215 especies de plantas vasculares. Dentro del AI, se incluyen 19 órdenes, 38 familias y 165 especies de plantas vasculares; mientras que en el AP, 40 familias y 167 especies de plantas vasculares.

La mayor superficie en el SAR y AI, lo ocupa las zonas de agricultura de riego y temporal, en donde los principales cultivos son los granos, avena, forrajera, calabaza, maíz, frijol, alfalfa, chile y trigo. En el AP, la mayor superficie está compuesta por matorral xerófilo (Matorral Desértico Micrófilo), el cual, en su mayoría se mantiene bien conservado. La cobertura vegetal en el AP representa el 95% de su superficie (**Figura IV.175**), mientras que en el AI solo el 66.3% y en el SAR el 44.9%. En los sitios más cercanos a las áreas urbanas, se observó una degradación provocada por el pastoreo, que ha incrementado los procesos de erosión, compactación de suelo y

modificación de la estructura del ecosistema, sobre todo en la vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo.

El Matorral Crasicaule, lo compone principalmente especies de *Opuntia streptacantha, Opuntia hyptiacantha, Jatropha dioica, Yucca decipiens, Mimosa aculeaticarpa* y *Chloris virgata*. Manteniendo en su mayoría vegetación primaria y un buen estado de conservación. El Matorral Desértico Micrófilo está formado por *Prosopis laevigata, Yucca decipiens, Jatropha dioica, Dalea bicolor, Larrea tridentata, Mimosa aculeaticarpa* y *Eragrostis intermedia*, esta comunidad ocupa mayor superficie dentro del AP, se mantiene bien conservada, teniendo un equilibrio equitativo entre las especies. Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo, en esta comunidad se observó cambios es su fisonomía, como la presencia de especies invasoras como *Erioneuron pulchellum*, esto se debe a la práctica de pastoreo y a la cercanía de las zonas rurales. En la comunidad de Mezquital Xerófilo, se registró pequeños manchones dentro del SAR y AI, formado principalmente por estrato arbóreo y arbustivo con especies de P*rosopis laevigata, Vachellia schaffneri* y *Acacia neovernicosa*, a pesar de que tiene poca superficie, se mantiene conservado. En los cuerpos de agua presentes se registró la Vegetación Halófila dentro del SAR y AI, este pequeño ecosistema está formado por *Brickellia laciniata, Aristida adscensionis, Portulaca oleracea, Oputia cantabrigiensis*, en su mayoría especies de porte pequeño, por lo que el estrato herbáceo es dominante. En las laderas y partes altas de los cerros dentro del SAR, se registraron pequeños manchones de Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino, el cual está formado por *Quercus cordifolia, Yucca decipiens, Dalea bicolor, Dodonaea viscosa* y *Muhlenbergia rigida.*

Versión Pública

La superficie con cobertura vegetal en el AP representa el 9.7% de la superficie con cobertura vegetal en el SAR y el 38.7% en el AI. En el AP, el matorral desértico micrófilo se encuentra conservada y mantiene un alto grado de vegetación primaria, donde la dominancia son árboles de las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens*. En el estrato arbustivo domina *Larrea tridentata*, *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*, mientras que en el estrato herbáceo sobresale la especie *Sanvitalia procumbens*. En el caso del matorral crasicaule en el AP, a pesar de que se encuentra dentro de zonas rurales y áreas agrícolas, se ha mantenido conservada, presentando algunos manchones con perturbación moderada. Las especies dominantes son: *Opuntia streptacantha, Acacia neovernicosa, Larrea tridentata, Muhlenbergia rigida, Yucca decipiens,* y *Mimosa aculeaticarpa*. En ambos tipos de vegetación, los estratos arbustivo y herbáceo son los dominantes; en el estrato arbustivo predominan las especies *Dalea bicolor* y *Mimosa aculeaticarpa*, que presentan un elevado valor de densidad de individuos por hectárea y dominancia en cobertura, que resulta excesiva en el AP. En la superficie con cobertura vegetal del AP, se han identificado hasta 14 especies diferentes en el estrato arbóreo de los tres tipos de vegetación y más de 50 especies en el estrato arbustivo, distribuidas en superficies de vegetación primaria bien conservada.

En el SAR, se registró la presencia de siete especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Dasylirion acrotrichum* y *Echinomastus unguispinus subsp* bajo la categoría de Amenazada (A), *Coryphantha echinoidea, Mammillaria crinita subsp. crinita, Mammillaria jaliscana, Ferocactus histrix* y *Stenocactus coptonogonus* bajo la categoría de Sujetas a Protección especial (Pr), de las cuales solo dos de estas especies, se registraron en el AP: *Coryphantha echinoidea* (Pr) y *Ferocactus histrix* (Pr). Estas dos especies son consideradas dentro del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, junto con especies de interés biológico, clasificadas así por ser nativas y endémicas de México, además de ser de lento crecimiento y difícil reproducción.

En el contexto de la estabilidad ecológica, la **resistencia** es propiedad de las comunidades o poblaciones de permanecer "esencialmente sin cambios", cuando están sujetas a perturbaciones. La **r**esistencia es uno de los principales aspectos de la estabilidad ecológica. Los ecosistemas que se presentan en el AP, son tres: matorral desértico micrófilo, el cual se encuentra conservado y mantiene un alto grado de vegetación primaria, donde la dominancia son árboles de las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens.* En el estrato arbustivo se tiene *Larrea tridentata*, *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*. En el estrato herbáceo sobresale la especie *Sanvitalia procumbens.* La segunda vegetación primaria que cubre gran parte del AP, es el matorral crasicaule, a pesar de que se encuentra dentro de zonas rurales y áreas agrícolas, se ha mantenido conservada, presentando algunos manchones con perturbación moderada. Las especies dominantes son: *Opuntia streptacantha, Acacia neovernicosa, Larrea tridentata, Muhlenbergia rigida, Yucca decipiens,* y *Mimosa aculeaticarpa.* El área con menor vegetación es la vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, está formada por varias especies que se han ido desarrollando después de haber presentado una perturbación por pastoreo o agrícola. Las especies que se desarrollan son por lo general invasoras o de vegetación aledaña a esta comunidad, sin embargo, la comunidad presente en el AP conserva especies de vegetación primaria, siendo los individuos más sobresalientes: *Dalea bicolor, Prosopis laevigata, Buddleja scordioides* y *Opuntia streptacantha*. Entre las especies invasoras se encuentra *Bothriochloa barbinodis.* La resistencia de los tres ecosistemas es alta debido a que comparten varias especies (como se explicó anteriormente) y la riqueza es media, lo cual es común en este tipo de ecosistemas semiáridos y que resisten y se adaptan a cualquier tipo de cambio o perturbación, por la cercanía de los tipos de vegetación, ya que, la dispersión se realiza constantemente y, por tanto, el establecimiento de plántulas se desarrolla muy fácilmente, incluso bajo condiciones de limitada humedad y precipitación pluvial.

En cuanto a la **resiliencia**, que es la capacidad de un ecosistema, está directamente relacionada con la riqueza de especies y el traslado de las funciones del ecosistema. Como se explicó anteriormente, los tres ecosistemas tienen una riqueza media, lo que corresponde a un ecosistema semiárido y que la densidad y valor de importancia de las especies claves que forman los tres ecosistemas y principalmente en el matorral desértico micrófilo y matorral crasicaule, con

Versión Pública

sus principales especies: *Dalea bicolor, Prosopis laevigata, Buddleja scordioides, Opuntia streptacantha*, *Yucca decipiens, Larrea tridentata*, *Jatropha dioica*, *Mimosa aculeaticarpa*. *Sanvitalia procumbens y algunas cactáceas.* En el ecosistema de vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo, la riqueza más importante se presenta en el estrato arbustivo y herbáceo, debido a que, ha sido perturbado por pastoreo y actividades de agricultura y este ecosistema se ha recuperado con especies invasoras como *Bothriochloa barbinodis, Bouteloua curtipendula, Aristida divaricata,* entre otras*;* de igual manera, se desarrollan especies de los ecosistemas circundantes como *Yucca decipiens, Larrea tridentata, Larrea tridentata* y Opuntias *sp,* siendo las especies con mayor densidad y clave de estos ecosistemas*,* por lo que, la resistencia es estable y estos tres ecosistemas tienen la capacidad de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad; pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado.

El análisis de diversidad por los grupos faunísticos determinó que, para el SAR, AI y AP, el grupo de las aves fue el que presentó mayor diversidad con un valor de: 3.50 para el SAR; 3.33 para el AI y 3.30 para el AP, lo que se ha asociado a que las aves presentan un mayor rango de distribución, además de compartir diferentes tipos de ambientes entre especies, por lo que muy pocas especies son específicas para algún tipo de hábitat. El grupo menos diverso fue el de los anfibios con valores de 1.59 para el SAR, 0.88 para el AP y 0.92 para el AI; mientras que los reptiles, reportaron valores de 2.14 en el SAR, 2.22 en el AP y 2.12 en el AI. Cabe destacar que ambos grupos presentan baja movilidad y desplazamiento, además de que muchas especies son específicas para cada hábitat y requieren de condiciones óptimas para su sobrevivencia y reproducción.

Versión Pública

En el AP, el grupo de anfibios registró un total de 4 especies, representadas por dos órdenes, cuatro familias y cuatro géneros, donde todas las familias están representadas por una especie cada una; todas únicamente distribuidas en las áreas con alta humedad en el AP. Para los reptiles, se registraron un total de 15 especies, donde la familia mejor representada fue la Colubridae con cinco especies, seguido de la Phrynosomatidae y la Viperidae con tres especies cada una. En cuanto al grupo de las aves, se registraron 73 especies, donde el orden mejor representado es Passeriformes con 40 especies, y del cual las familias más numerosas fueron Tyranidae (papamoscas y tiranos) con 10 especies, y las familias Passerellidae (gorriones y zacatoneros) con 6 especies. Se registraron un total de 30 especies de mamíferos, donde el orden mejor representado es el Carnivora con cinco familias y 7 especies, las familias con el mayor número de especies son Muridae y Vespertilionidae, con ocho y cinco especies cada una. El orden más numeroso es el Rodentia, con tres familias (Heteromydae, Muridae y Sciuridae), integrado por 12 especies.

De las 122 especies faunísticas registradas en el AP, 17 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una es anfibio: *Ambystoma velasci*, Pr; nueve son reptiles: *Sceloporus grammicus* Pr, *Hypsiglena jani* Pr, *Crotalus molossus* Pr, *Crotalus lepidus* Pr, *Crotalus scutulatus* Pr, *Kinosternon hirtipes* Pr, *Pituophis deppei* A, *Masticophis flagellum* A y *Thamnophis cyrtopsis* A; seis son aves: *Tachybaptus dominicus* Pr, *Accipiter cooperii* Pr, *Geranoaetus albicaudatus* Pr, *Falco peregrinus* Pr, *Anas diazi* A y *Falco mexicanus* A; y un mamífero: *Taxidea taxus* A.

Adicional, dos especies de anfibios y tres reptiles son de carácter endémico, lo que indica que tienen una distribución restringida a nivel nacional. En el caso de las aves, tres especies son semiendémicas: *Cynanthus latirostris*, *Tyrannus vociferus* y *Empidonax wrightii,* las cuales son especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año; y una especie es endémica: *Anas diazi*, la cual es aquella cuya distribución geográfica se encuentra restringida a México. En el caso de los mamíferos. Solo una especie es endémica: *Peromyscus melanotis*.

Para los anfibios y reptiles, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES. Para el grupo de las aves que se registraron (73 especies), se tiene que 69 especies tienen una categoría de "Preocupación menor" (LC-*Least Concern*) dentro de la lista roja del IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y cuatro especies se ubican dentro de la categoría "Casi Amenazada" (NT-Near threatened): *Selasphorus rufus, Contopus cooperi*, *Lanius ludovicianus* y *Sturnella magna*. En el caso de los mamíferos, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN.

Versión Pública

Trece especies se ubican dentro de los apéndices del CITES, de las cuales, doce se ubican dentro del apéndice II, pertenecientes diez al grupo de las aves: *Selasphorus rufus, Cynanthus latirostris, Circus hudsonius, Accipiter cooperii, Geranoaetus albicaudatus, Buteo jamaicensis, Caracara cheriway, Falco sparverius, Falco mexicanus* y *Bubo virginianus*; y dos mamíferos: *Pecari tajacu* y *Lynx rufus*; y una especie se ubica dentro del Apéndice I: *Falco peregrinus.*

La distribución de la fauna silvestre en el SAR, AI y AP, es mayor principalmente a las áreas con cobertura vegetal y las áreas en los márgenes de los cauces y cuerpos de agua (naturales y antropógenos), donde han desarrollado sus hábitats y han encontrado sitios de alimentación y anidación; así como los cauces representan las principales rutas de desplazamiento, aunque no se reconocen propiamente corredores biológicos en el SAR.

En el SAR, AI y AP, no se reconocen áreas que por sus condiciones sean más vulnerables a los impactos ambientales, en el caso de ecosistemas frágiles o de alta biodiversidad; ni tipos de vegetación amenazada; ni áreas de distribución de especies amenazadas con alto nivel de

endemismo o en peligro de extinción; o bien, zonas en proceso de deterioro por sobreexplotación de recursos, que presenten aislamiento o fragmentación por cambios en el uso del suelo, con presencia de tipos de vegetación de difícil regeneración, con cuerpos de agua que presenten tendencias a la eutrofización.

Si se reconocen áreas más vulnerables a los impactos ambientales en el AI y AP, los cuales corresponden a:

- Áreas vulnerables a procesos erosivos provocados por su mayor pendiente, que en eventos de precipitación extraordinaria favorecen la erosión hídrica y la formación de cárcavas (**Figura IV.177**). Bajo estas condiciones, será previsto la aplicación de acciones de restauración y conservación de suelo, construyendo obras de retención de suelo que eviten su erosión en las áreas de mayor pendiente, en particular al noreste del AI y AP;

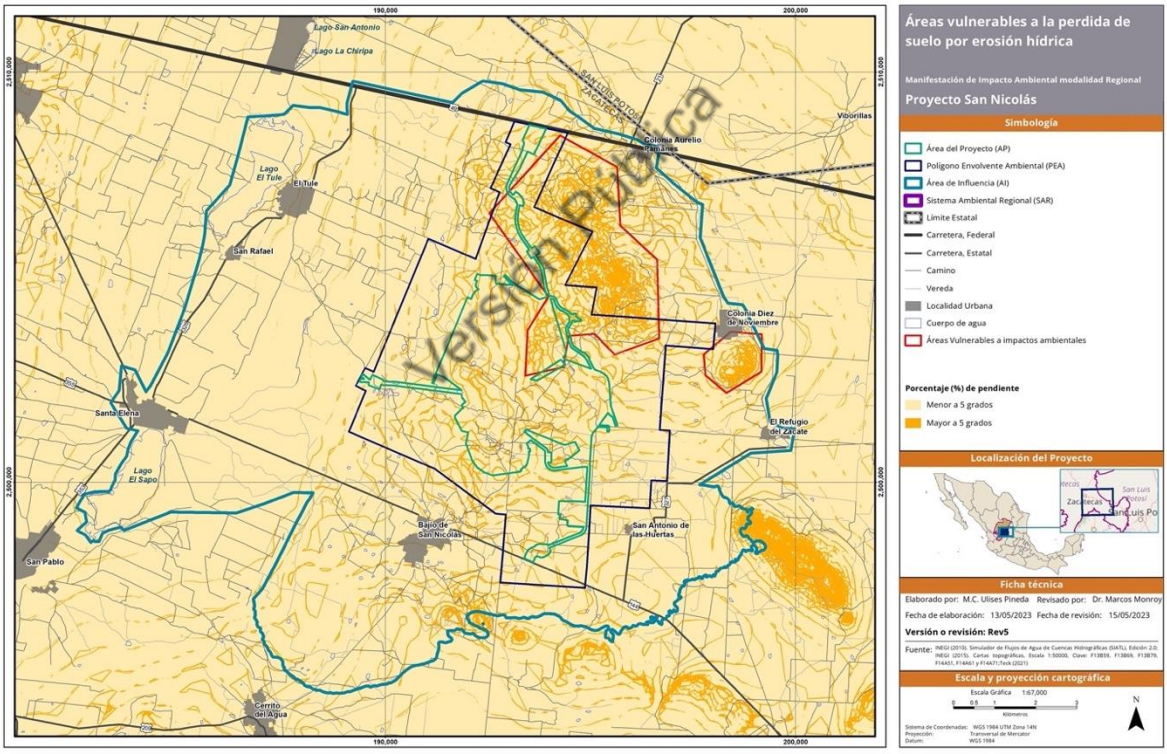


Figura IV.177 Áreas vulnerables a impactos ambientales asociados a procesos de erosión hídrica provocada por la pendiente del terreno en el Área de Influencia y Área del Proyecto.

- Áreas vulnerables a procesos de inundación durante eventos extraordinarios de precipitación, las cuales se desarrollan en particular al este y sur del AI, y en áreas limitadas

que atraviesan el AP al norte y noreste a lo largo de los arroyos Hondo y El Tepezán (**Figura IV.178**);

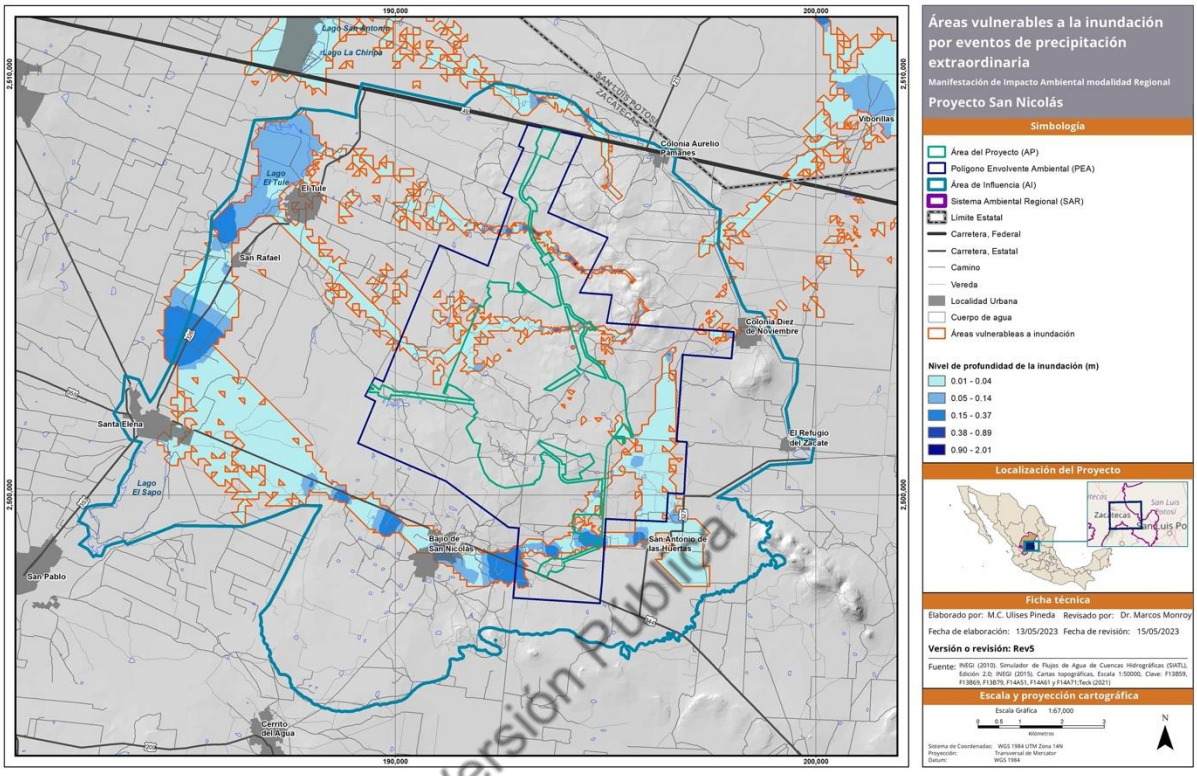


Figura IV.178 Áreas vulnerables a impactos ambientales asociados a procesos de inundación por eventos de precipitación extrema en el Área de Influencia y Área del Proyecto.

- Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por contaminación de agua superficial por procesos naturales y antropógenos que incrementan las concentraciones de metales (arsénico), DBO, fósforo y nitrógeno en los receptores finales de las microcuencas que controlan las escorrentías en el AI y AP, que corresponden en este caso a los lagos El Sapo y El Tule (**Figura IV.179**);
- Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por la fragmentación de hábitats y de rutas de desplazamiento de fauna silvestre en el AI y AP, provocada por la eliminación de su cobertura vegetal (**Figura IV.180**). Estas áreas predominan a lo largo de los cauces intermitentes, que se ven ocasionalmente interrumpidos por la construcción de cuerpos de agua artificiales (la mayoría de carácter artesanal) para favorecer la actividad pecuaria.

Con relación al paisaje, la calidad del paisaje es subjetiva; condicionada por la época del año y la visión del observador, pero de acuerdo con los criterios que se tomaron, se determinó que el

Versión Pública

sitio donde se llevará a cabo el Proyecto tiene una calidad paisajística baja-media, por lo que cualquier cambio en el SAR este podrá ser disimulado por la vegetación y la topografía.

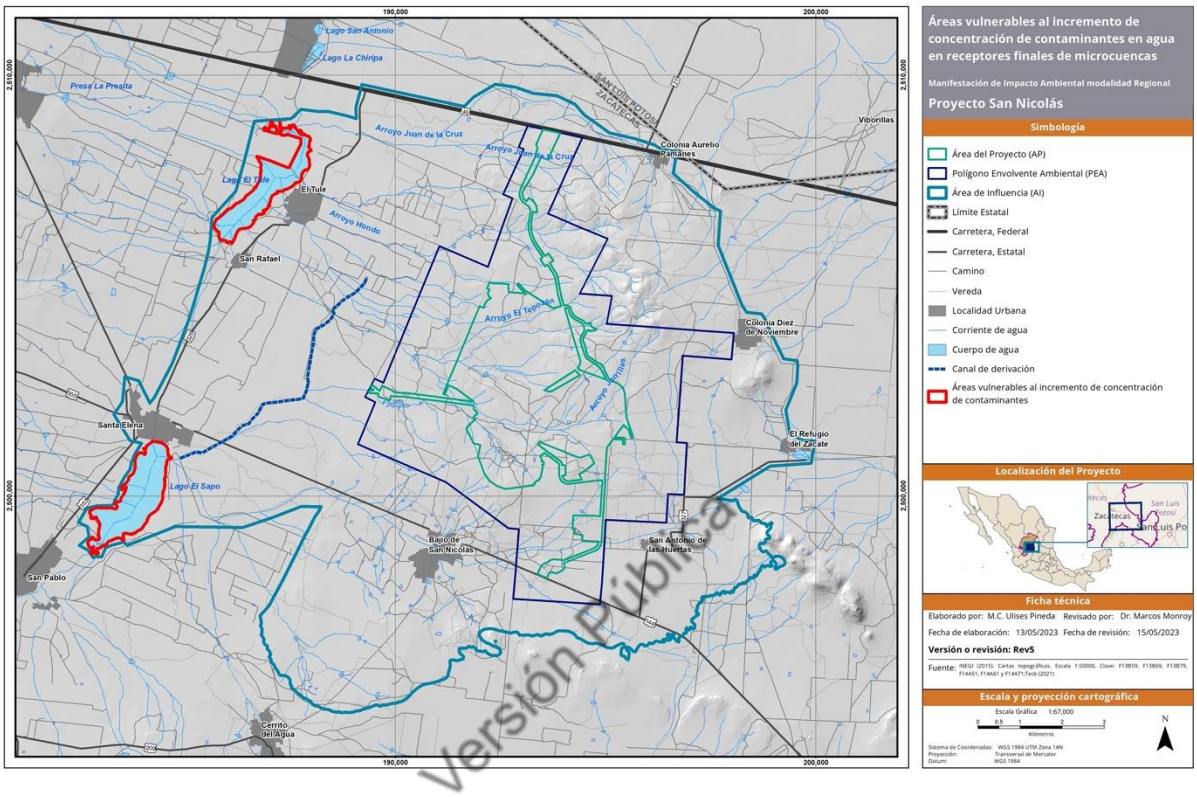
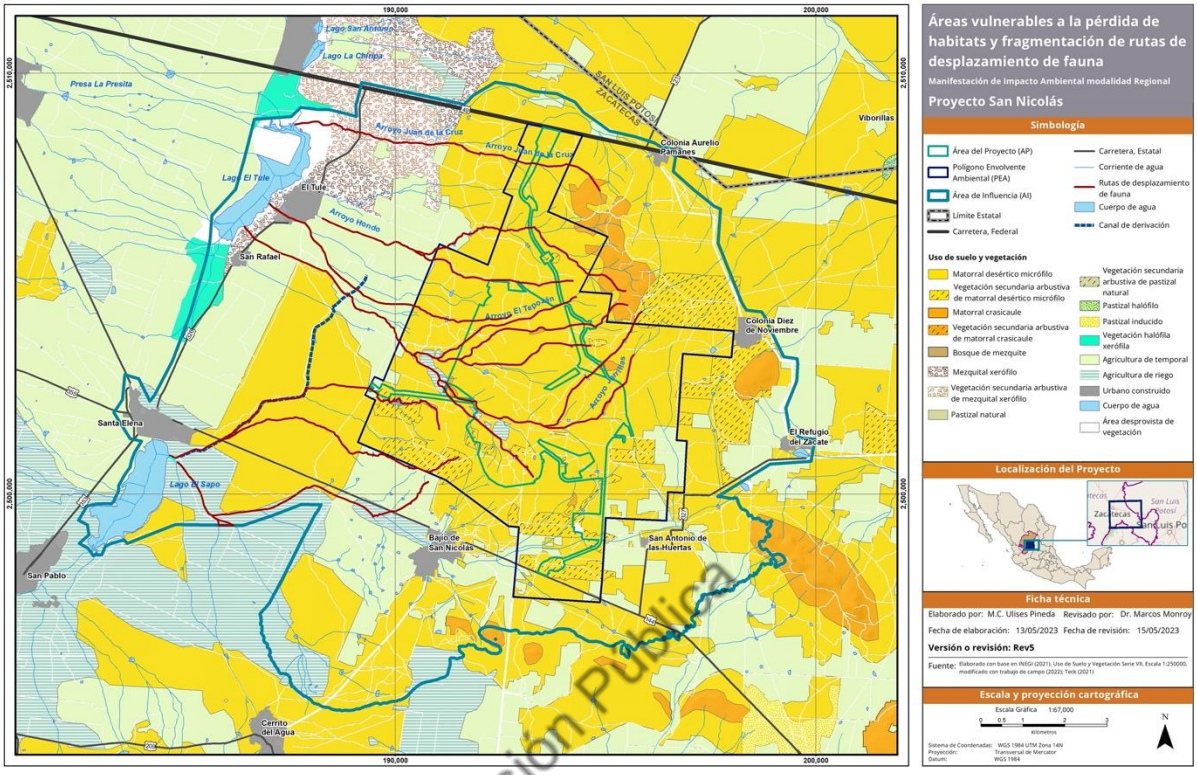


Figura IV.179 Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por procesos de contaminación natural y antropógena de agua superficial en el Área de Influencia y Área del Proyecto.

Analizando los elementos por separado, y de acuerdo a las condiciones que prevalecen en el sitio, las acciones que ejercen las actividades humanas son las que más influyen en la calidad paisajística, principalmente la actividad agrícola y la apertura y desarrollo de caminos y carreteras.

La deforestación y el sobrepastoreo han ampliado la cuenca visual, pero también se puede reducir en ciertos puntos debido a los fragmentos o manchones de vegetación natural y secundaria que se presenta, sobre todo en el AI y AP. El Proyecto será poco visible dentro de la cuenca visual debido a los factores biofísicos (densidad y altura de vegetación, topografía) y visualización (compacidad), aunque dependiendo del punto de vista del lugar. Se analizaron el punto de visibilidad en 10 zonas rurales que se encuentran dentro del SAR, en 8 zonas serán apenas visibles desde algún punto y sobre todo de las zonas más cercanas al AP, aunque será solo visible en sus estructuras más altas (> 60 m de altura).



Versión Pública

Figura IV.180 Áreas vulnerables a los impactos ambientales provocados por la fragmentación de hábitats y de rutas de desplazamiento de fauna silvestre, provocada por la eliminación de cobertura vegetal en el Área de Influencia y Área del Proyecto.

De manera general el paisaje dentro del SAR, AI y AP presenta una calidad paisajística media-baja, donde los elementos de origen natural son los más sobresalientes a la escala del AP, mientras que los de origen antrópico sobresalen a la escala del SAR, lo cual, propicia vulnerabilidad en la fragilidad visual. La cuenca visual en general es moderada, delimitado por la vegetación y la topografía del lugar. En contexto general, el paisaje general del SAR y AP presenta una transición que evidencia la entrada de elementos urbanos (tal como carreteras y líneas eléctricas) y elementos agrícolas dominantes. El SAR representa un área donde las zonas agrícolas van creciendo de acuerdo a las necesidades de los habitantes o que también, por lo que el paisaje está sujeto a la modificación del entorno por las actividades antrópicas.

En el componente socioeconómico, se tienen cuatro grupos de factores fundamentales: sociodemográficos, socioculturales, socioeconómicos y servicios de salud. Estos factores interactúan constantemente y algunas de sus repercusiones se ven reflejadas en la satisfacción de las necesidades básicas, la alimentación, uso del suelo, salud, vivienda, trabajo, educación, cultura

infraestructura, entre otros. Alteraciones de este componente están vinculadas con los medios bióticos y abióticos; comportándose al mismo tiempo como sistema receptor.

El SAR tiene una población de 38,416 habitantes, distribuidos en 36 núcleos de población dentro de los municipios de General Pánfilo Natera (15 localidades), Ojocaliente (5 localidades) y Villa González Ortega (12 localidades) en el Estado de Zacatecas (32 localidades), y dentro de los municipios de Salinas (3 localidades) y Villa de Ramos (1 localidad) en el Estado de San Luis de Potosí (4 localidades). El 88.95% de esta población vive en núcleos poblacionales de los municipios de General Pánfilo Natera y Villa González Ortega, que además contienen los dos únicos núcleos poblacionales categorizados como urbanos dentro del SAR; los otros 34 centros se consideran principalmente rurales. La población está dividida en 52% mujeres y 48% hombres y creció 9% entre 2000 y 2020. En cuanto a la distribución de la población por grupos de edad, según los datos obtenidos, el mayor porcentaje corresponde al grupo de 15 a 64 años (59.77%), seguido por la población infantil con edades entre los 0 y 14 años (31.16%) y por último el grupo de los adultos mayores representa el 9.06% de la población.

Versión Pública

Dentro del SAR, de acuerdo con los resultados del último Censo de Población y Vivienda, publicado por INEGI en 2020, 14 personas (0.035%) fueron identificadas en hogares donde la persona de referencia o su cónyuge hablaba una lengua indígena. La presencia de localidades con población indígena en la zona no es significativa, pues de acuerdo a INEGI (2020), solo 4 de las 36 localidades del SAR tiene presencia indígena (Santa Elena, El Saucito, Estancia de Ánimas y Villa González Ortega) y por ende los municipios están catalogados como municipio con población indígena dispersa. El estudio línea base constató la inexistencia de comunidades indígenas dentro del SAR, y únicamente la identificación de 3 individuos, en algunas de las localidades, que reconocieron hablar alguna lengua indígena, estas son: Colonia Diez de Noviembre (El Campamento) una persona; San Antonio de las Huertas, una persona; y San José el Saladillo (El Saladillo) una persona.

El AI definida se compone de 11 centros de población, pertenecientes a Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, las cuales están distribuidas en el Municipio de Villa González Ortega; Bajío de San Nicolás, Colonia Aguiña, Colonia Los Rivera, San Antonio de las Huertas, San Martín, Refugio del Zacate, Colonia Diez de Noviembre, Colonia Aurelio Pámanes Escobedo; y en el Municipio de General Pánfilo Natera: El Tule, San Rafael y Santa Elena. La población económicamente activa las ocupa las zonas urbanas como la localidad General Pánfilo Natera y Villa Gonzales Ortega la mayor parte se enfoca en el sector agropecuario, comercio, servicios y albañilería. Por lo que, con el actual desarrollo de la actividad minera se verá una alta expectativa en el empleo y el desarrollo de las comunidades, los beneficios económicos que podría generar el Proyecto.

De acuerdo con los estudios realizados para la línea de base social, tanto dentro del SAR como en el AI, la población reconoce diversos niveles de acceso al agua y al saneamiento, así como a fuentes alternativas de suministro: el 98% de la población cuenta con agua potable entubada, el 94% de las viviendas tienen acceso a un sistema de drenaje. Además, es importante destacar que el 82% de las viviendas dentro del área de estudio cuentan con un tinaco para depósito y almacenamiento de agua. Al mismo tiempo, el 8% del total de las viviendas cuentan con acceso a una noria pública o bien cuenta con noria de traspatio. La diferencia entre el AI y el SAR, en lo que se refiere a la disponibilidad de agua entubada en los domicilios es únicamente del 1.3%, mientras que el AI cuenta con acceso el 98.5% del total de las viviendas, el SAR cuenta con cobertura del 97.2%. Dentro del AI, la comunidad con el menor porcentaje de acceso a agua entubada es San Martín, con el 33% del total de viviendas, esto es 1 de las 3 existentes cuenta con agua entubada. Para el caso del SAR, la localidad con menor porcentaje de viviendas con agua entubada es Zumpango (Colonia Hidalgo) con 84.2%. Como resultado del estudio línea base, el 84% de la población considera que el suministro del agua es suficiente para la población. Con relación a la calidad, el 83% de la población entrevistada asegura que el agua no presenta impurezas como turbiedad o color que signifique una mala calidad del recurso. Además, el 57% de los encuestados afirmó que utiliza el agua extraída para beber o para cocinar. Como última pregunta se cuestionó si la población entrevistada contaba con otra fuente de suministro de agua, a lo que el 86% contesto que sí, siendo las norias las principales fuentes de abastecimiento en caso de que el agua llegará a faltar o escasear por diversos motivos, tales como la falta de energía eléctrica o la imposibilidad del pago de las facturas por falta de recursos económicos.

Versión Pública

La Población Económicamente Activa (PEA) dentro del SAR y AI está conformada por 14,050 personas, las que representan el 36.6% del total de la población. Es destacable señalar que la Población Económicamente Activa (PEA) corresponde al 37.5% del total de las personas que habitan el SAR, mientras que, para el AI, esto equivale a 32.1% de las personas que habitan en esta zona. La ventana de ocupación de la PEA se extiende en un rango que va del 21% en la Colonia Aurelio Pámanes Escobedo, hasta el 75% en San Martin. De las 14,050 personas que se encuentran económicamente activas de acuerdo con el censo de INEGI (2020), el 97.16% se encuentra ocupada, es decir, 13,651. La actividad económica dentro del SAR se caracteriza fundamentalmente como la realización de prácticas asociadas con medios de vida tradicionales en la zona, tales como la agricultura y la ganadería. Además, el empleo dentro de la industria de la construcción, los bienes y los servicios, también representa un importante elemento de sustento para las actividades económicas. En referencia a los ingresos de la población, de acuerdo con la información obtenida directamente en el SAR, hasta el 74% de las familias dentro del SAR dependen del ingreso del principal proveedor familiar, es decir una persona. Tomando como base la información obtenida en el trabajo de campo, el promedio de ingresos mensuales oscila entre $2,400 y $4,700 por

persona ocupada dentro del AI, y un alto porcentaje de la población, por el tipo de ocupación, no cuenta con servicios de seguridad social producto de la actividad laboral.

En el SAR se identifica que el promedio del IDH (Índice de Desarrollo Humano) en los municipios de estudio es de 0.642 (lo que equivale a desarrollo humano medio). Sin embargo, este índice no es homogéneo en los municipios que conforman el SAR, por ejemplo, se observa que Villa de Ramos tiene el IDH más bajo (0.564) de este grupo de municipios, como consecuencia fundamental por su bajo índice de educación, mientras que Ojocaliente (0.676) tiene el nivel más alto impulsado por su alto índice en salud, seguido por Villa González Ortega (0.673), Salinas (0.658) y General Pánfilo Natera (0.635).

El Proyecto ha comisionado la realización de tres estudios de opinión en los años 2019, 2020 y 2021. En estos estudios se pudo constatar el grado de aceptación y percepción en las localidades dentro del SAR, sobre el proyecto minero. Como parte de los resultados obtenidos luego del proceso de investigación en campo, la población expresó que los principales motivos de interés relacionados con el eventual desarrollo del proyecto minero son: la alta expectativa en el empleo y el desarrollo de las comunidades, los beneficios económicos que podría generar el Proyecto, el interés de las personas por contar con más información sobre el Proyecto, en algunos casos también se expresaron preocupaciones sobre posible incremento de la población en la zona y el posible incremento del flujo vehicular en las cercanías del Proyecto. Asimismo, fueron recabadas menciones relativas a la preocupación por la continua presencia del crimen organizado en la región, riesgos por el aumento en el consumo de alcohol y otras sustancias nocivas para la salud, relacionado con posibles incrementos de la población, así como también posibles afectaciones en el agua, el medio ambiente y en la salud de la población.

Versión Pública

En relación con la aceptación del Proyecto resultante de los tres ejercicios, en promedio, el 67% de la población encuestada dentro del SAR expresó estar de acuerdo con el desarrollo de un proyecto minero en la zona.

Mediante la implementación de los diversos estudios de opinión realizados, se identificó que la mayoría de las personas entrevistadas tuvieron una postura positiva (31%), y neutral con tendencia a positiva (38%), con respecto al desarrollo del Proyecto, lo que en suma arroja el 69% de aceptación en el desarrollo. Destacándose que, en opinión de la población, será una fuente de empleo y contribuirá de manera favorable al desarrollo de las comunidades a partir de los beneficios compartidos. Por otro lado, existen personas que tuvieron una postura negativa (3%) y/o neutral con tendencia negativa (19%), que en total representa el 22% de la población entrevistada, habiendo mencionado principalmente su preocupación por los potenciales impactos en la salud y en el agua que el desarrollo del Proyecto podría ocasionar. El resto de la población

mantuvo una postura neutral (9%), es decir, fueron indiferentes ante la puesta en marcha o no del Proyecto.

Bajo estas condiciones, se cuenta ya con un diagnóstico ambiental línea base del SAR, AI y AP tanto en los componentes ambientales bióticos ya bióticos, así como en el componente socio económico, para ahora analizar y valorizar los impactos asociados al desarrollo del Proyecto, asumiendo que de principio, las condiciones ambientales y sociales actuales, no presentan condiciones de impactos críticos para la implantación del proyecto minero. En el **Anexo IV.62** se presenta el plano general del Diagnóstico ambiental.

Versión Pública

Capítulo V

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

V. Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional 5

V.1. Identificación de impactos 6

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 6

V.1.1.1. Lista de verificación para la identificación de acciones del Proyecto susceptibles de producir impactos 6

V.1.1.2. Selección de factores y componentes susceptibles de recibir impactos 13

V.1.1.3. Identificación de interacciones 14

V.2. Caracterización de los impactos 22

V.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático 22

V.3. Valoración de los impactos 28

V.3.1. Obtención del Valor de la Importancia 29

V.3.2. Obtención del Valor del Impacto 37

V.3.3. Descripción de los Impactos 42

V.3.3.1. Impactos Positivos 42

V.3.3.2. Impactos Adversos No Severos 45

V.3.3.3. Impactos Adversos Severos 79

V.3.4. Confianza e incertidumbre en la evaluación de impactos 89

V.4. Impactos residuales 90

V.5. Impactos acumulativos 96

V.6. Resumen y conclusiones 103

Versión Pública

Índice de Figuras

Figura V.1 Metodología para la identificación, evaluación y descripción de impactos del Proyecto. 6

Figura V.2 La zona de disminución del nivel estático al último año de la operación de la mina. 81

Figura V.3 Cuenca visual en su estado de línea base (previo inicio del Proyecto). 86

Figura V.4 Modelo de cuenca visual con la implementación del Proyecto. 87

Figura V.5 Variación de la cuenca visual con la implantación del Proyecto respecto a la línea base. 88

Índice de Cuadros

Versión Pública

Cuadro V.1 Lista de verificación de las actividades del Proyecto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación). 7

Cuadro V.2 Actividades del Proyecto que son acciones concretas que pueden provocar un impacto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación). 11

Cuadro V.3 Factores ambientales propensos a ser afectados por la implementación del Proyecto. 13

Cuadro V.4 Matriz de identificación de interacciones (relación causa-efecto). 16

Cuadro V.5 Interacciones adversos y benéficos identificados por actividad y para cada una de las etapas del Proyecto. 20

Cuadro V.6 Interacciones identificadas por factor ambiental por la implementación del Proyecto 21

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto. 23

Cuadro V.8 Categorización de la Importancia de los Impactos según Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010). 29

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto. 31

Cuadro V.10 Escala ordinal y valores de Calidad Ambiental utilizados en las valoraciones estimativas de la Magnitud. 37

Cuadro V.11 Categorías de la significancia a partir del cálculo del valor del impacto. 38

Cuadro V.12 Cálculo del Valor y Significancia de los impactos adversos generados por el Proyecto. 39

Cuadro V.13 Descripción de los impactos positivos (benéficos), que serían producidos por las actividades del Proyecto. 42

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto. 46

Cuadro V.15 Evolución modelada de la amplitud en superficie de la disminución del agua subterránea a una profundidad estimada de 5 m, en diferentes periodos del ciclo de vida operativo del Proyecto. 82

Cuadro V.16 Valoración del Impacto Residual por la disminución del nivel freático durante el desarrollo del Proyecto. 83

Cuadro V.17 Impactos adversos que tendrán un carácter residual por la implementación del Proyecto. 92

Cuadro V.18 Análisis de las actividades realizadas en el SAR en cuanto a temporalidad y los impactos acumulativos que podrían ser generados por el Proyecto. 99

Cuadro V.19 Descripción de los impactos ambientales registrados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente. 104

Cuadro V.20 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Preparación del Sitio, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto. 107

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto. 111

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto. 117

Cuadro V.23 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Cierre, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto. 125

Versión Pública

Listado de Anexos

Anexo V.1 Metodología de evaluación y valorización de los impactos ambientales

Anexo V.2 Análisis y procesamiento de la información de línea base para la calidad del aire

Anexo V.3 Escenarios de impacto en la cuenca visual y calidad visual por el Proyecto

Anexo V.4 Informe del Modelo de Ruido (RWDI Air Inc., 2022)

V. Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso de análisis de la interacción de un proyecto con su entorno, en particular en el Área del Proyecto (AP), en un Área de Influencia (AI), y en su Sistema Ambiental Regional (SAR), en el cual se pretende ubicar el Proyecto. La EIA incluye la identificación, caracterización, evaluación y valorización de los impactos ambientales que podrían producirse o estar asociados durante el desarrollo del proyecto sobre los componentes ambientales susceptibles de ser afectados, como lo sería en este caso, el proyecto minero **San Nicolás** (enseguida también referido como el Proyecto), con pretendida ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas, México.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/?De=IGOBMX), el AP se encuentra dentro de uno de los 1,448 municipios a nivel nacional que presentan al menos una alta a muy alta vulnerabilidad para una de los seis vulnerabilidades específicas; y en el caso específico del Municipio de Villa González Ortega presenta cuatro vulnerabilidades en índice muy alto o alto, de las cuales solo una tiene potencial vinculación con el Proyecto: *la vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones*. Considerando que esta vulnerabilidad depende de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático, en la realidad, el Municipio de Villa González Ortega reporta una exposición baja a esta vulnerabilidad, así como una alta capacidad adaptativa al cambio climático, que favorece el bajo grado de vulnerabilidad climática de este municipio, como ya ha sido demostrado en el Capítulo IV de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R).

Versión Pública

Dentro del proceso de la EIA, el pronóstico y el análisis de los impactos ambientales se realizan y presentan en este capítulo con el fin de valorar los impactos identificados, poniendo especial atención sobre los que resulten con un mayor nivel de significancia.

A partir de lo mencionado, y una vez que se conocen las características, obras y actividades del Proyecto (descritas en el Capítulo II de esta MIA-R) y el estado de línea base ambiental en el AP, AI y SAR donde se pretende ubicar el Proyecto (descrito en el Capítulo IV de esta MIA-R), la EIA identifica inicialmente las acciones o actividades generadoras de los impactos, para enseguida predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales, de manera cualitativa a través del análisis de las interacciones causa-efecto, y cuantitativa a través de la determinación de las magnitudes de cada impacto.

V.1. Identificación de impactos

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

La metodología que se utilizó para la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales asociados al Proyecto está basada en el método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010,http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html). Está diseñada para la identificación, descripción y evaluación de impactos, se representa de manera general en la **Figura V.1**. La aplicación de esta metodología de EIA se llevó a cabo mediante un análisis interdisciplinario, con la intervención de especialistas, quienes participaron en la identificación, descripción, y evaluación de los impactos.

En el **Anexo V.1** se presenta una descripción de la metodología aplicada, así como una descripción de los criterios utilizados conforme a la metodología de Conesa Fernández-Vitora (1995,2010;http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html).

Versión Pública

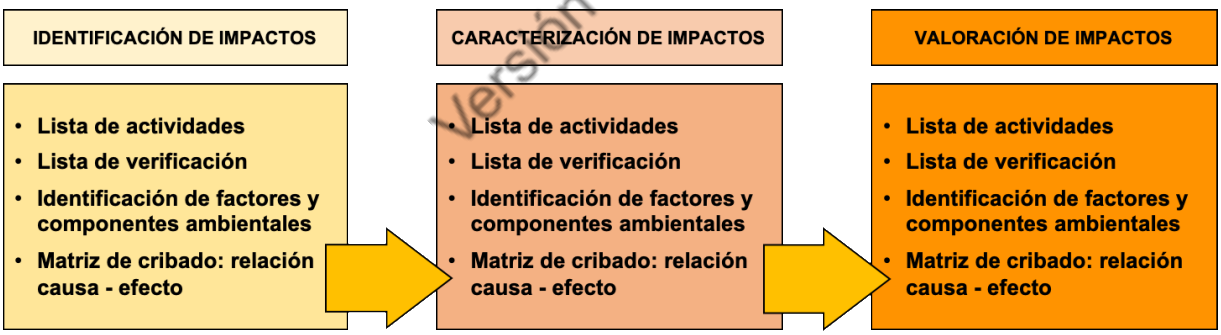


Figura V.1 Metodología para la identificación, evaluación y descripción de impactos del Proyecto.

V.1.1.1. Lista de verificación para la identificación de acciones del Proyecto susceptibles de producir impactos

La lista de verificación[1] de actividades del Proyecto representa a la identificación y enumeración de las acciones o actividades asociadas con el desarrollo del Proyecto (descritas en el Capítulo II de esta MIA-R) que pueden crear un impacto en los factores y componentes que representan el SAR, el AI y el AP. En este análisis, se identifican las actividades por etapa del Proyecto, los elementos que las definen (en dos niveles) y, como por sí mismas, la actividad puede representar una medida:

Primer nivel: se refiere a la estructura vertical del desarrollo del Proyecto; esto es, las Etapas del Proyecto: [i] Etapa de Preparación del Sitio; [ii] Etapa de Construcción; [iii] Etapa de Operación y Mantenimiento; [iv] Etapa de Cierre (Abandono); y [v] Etapa de Post-Cierre;

Segundo nivel: se refiere a las acciones concretas; esto es, a causas simples, concretas, bien definidas y localizadas por la generación de un impacto, llamadas Actividades.

En el **Cuadro V.1**, se presenta la lista de verificación de actividades propuesta para el Proyecto, donde se identifican aquellas actividades que representan la aplicación de una medida de mitigación (M).

Versión Pública

Cuadro V.1 Lista de verificación de las actividades del Proyecto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
Etapa de preparación del Sitio	**A1**	Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	**M**
	A2	Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada	**M**
	A3	Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre	**M**
	A4	Instalación del sistema para desagüe del agua de laboreo durante la etapa de preparación del sitio	
	A5	Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme)	
	A6	Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto	**M**

[1] La lista de verificación o de chequeo es un listado de cada una de las actividades incluidas en el Proyecto, así como de los indicadores ambientales identificados, de acuerdo con el posible impacto y posible efecto identificado, además de su valoración por la implementación del Proyecto.

Cuadro V.1 Lista de verificación de las actividades del Proyecto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
	A7	Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente	**M**
	A8	Descapote del área de minado superficial	
	A9	Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera	
	A10	Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado	
	A11	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio	**M**
	A12	Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	**M**
Etapa de Construcción	**A13**	Construcción del cerco perimetral de seguridad	
	A14	Construcción del campamento y almacenes	
	A15	Construcción de los caminos de acceso	
	A16	Construcción de la planta de beneficio de minerales	
	A17	Construcción de la cortina contenedora de jales	
	A18	Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua	
	A19	Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica	
	A20	Construcción de edificios e instalaciones auxiliares	
	A21	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción	**M**
	A22	Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción	**M**
	A23	Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	**M**
Etapa de Operación y Mantenimiento	**A24**	Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado	
	A25	Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto)	**M**

Versión Pública

Cuadro V.1 Lista de verificación de las actividades del Proyecto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
	A26	Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera	
	A27	Minado superficial del cuerpo mineralizado	
	A28	Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio	
	A29	Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración)	
	A30	Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales	
	A31	Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel)	
	A32	Conservación y mantenimiento del suelo orgánico	**M**
	A33	Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales	**M**
	A34	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento	**M**
	A35	Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento	**M**
	A36	Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	**M**
Etapa de Cierre (Abandono)	**A37**	Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones	**M**
	A38	Remediación y restauración de suelo	**M**
	A39	Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales	**M**
	A40	Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua	**M**
	A41	Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera	**M**
	A42	Restauración y revegetación con especies nativas	**M**
	A43	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre	**M**

Versión Pública

Cuadro V.1 Lista de verificación de las actividades del Proyecto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
	A44	Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre	**M**
	A45	Implementación del Programa de Vigilancia Ambiental	**M**
Etapa de Post-Cierre	**A46**	Monitoreo Ambiental Post-Cierre	**M**

Como fue descrito en el Capítulo II de esta MIA-R, el Proyecto tiene como objetivo el minado superficial de un yacimiento con valores de cobre (Cu) y zinc (Zn), para procesarlos en una planta de beneficio por flotación selectiva y obtener concentrados de cobre y de zinc. El Proyecto incluirá un conjunto de obras y actividades integrado por: minado superficial, una tepetatera, un depósito de jales, una planta de beneficio que consiste en trituración, molienda, concentración por flotación de minerales de cobre y de zinc, espesadores de concentrado y de jales, filtros, y área de carga de camiones. Se contará, además, con infraestructura de servicios de apoyo a mina, tal como: áreas para apilamiento de suelo orgánico, caminos de acceso con casetas para su control, subestaciones eléctricas y líneas de transmisión eléctrica, sistema de manejo para agua de laboreo, sistema de manejo de aguas de contacto y no-contacto (pileta y canales de derivación), edificios auxiliares y permanentes para la operación como polvorines, almacén de refacciones, oficinas, laboratorio de ensayos, instalaciones sanitarias que incluyen plantas de tratamiento móviles y sistemas de biodigestores, vestidores, clínica, comedor, talleres de mantenimiento, área para almacén y manejo de reactivos, despacho de combustibles y campamentos para personal.

Versión Pública

Las actividades asociadas al desarrollo del Proyecto en todas sus etapas son agrupadas y cuantificadas en un número de 46; sin embargo, por la técnica seleccionada, se realizó un cribado para llegar a la definición de las acciones o actividades relevantes, excluyentes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables. Estos conceptos fueron asumidos como atributos de cada acción, adjudicando un valor adimensional a cada uno de ellos y estableciendo una expresión máxima de 1.0 a la acción más destacada (análisis en **Anexo V.1**). A partir del cribado, se obtuvieron 40 actividades que pueden provocar o mitigar un impacto. En el **Cuadro V.2** se muestran las actividades del Proyecto que se han considerado acciones concretas a las cuales se asocian los impactos.

Cuadro V.2 Actividades del Proyecto que son acciones concretas que pueden provocar un impacto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
Etapa de preparación del Sitio	A1	Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	M
	A2	Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada	M
	A3	Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre	M
	A5	Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme)	
	A6	Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto	M
	A7	Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente	M
	A8	Descapote del área de minado superficial	
	A9	Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera	
	A10	Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado	
	A11	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio	M
Etapa de Construcción	A14	Construcción del campamento y almacenes	
	A15	Construcción de los caminos de acceso	
	A16	Construcción de la planta de beneficio de minerales	
	A17	Construcción de la cortina contenedora de jales	
	A18	Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua	
	A19	Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica	
	A20	Construcción de edificios e instalaciones auxiliares	
	A21	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción	M
	A22	Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción	M

Versión Pública

Cuadro V.2 Actividades del Proyecto que son acciones concretas que pueden provocar un impacto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
Etapa de Operación y Mantenimiento	A24	Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado	
	A25	Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto)	M
	A26	Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera	
	A27	Minado superficial del cuerpo mineralizado	
	A28	Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio	
	A29	Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración)	
	A30	Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales	
	A31	Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel)	
	A32	Conservación y mantenimiento del suelo orgánico	M
	A33	Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales	M
	A34	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento	M
	A35	Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento	M
Etapa de Cierre (Abandono)	A37	Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones	M
	A38	Remediación y restauración de suelo	M
	A39	Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales	M
	A40	Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua	M
	A41	Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera	M
	A42	Restauración y revegetación con especies nativas	M

Versión Pública

Cuadro V.2 Actividades del Proyecto que son acciones concretas que pueden provocar un impacto (A = Actividad; M = Actividad que representa una Medida de Mitigación).

Etapa	No. de Actividad	Descripción de la Actividad	Tipo de Medida
	A43	Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre	**M**
	A44	Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre	**M**
Etapa de Post-Cierre	**A46**	Monitoreo Ambiental Post-Cierre	**M**

V.1.1.2. Selección de factores y componentes susceptibles de recibir impactos

Los *factores ambientales* son los elementos del ambiente susceptibles de recibir impactos, mientras que los *componentes* son las características específicas del factor ambiental que son susceptibles de mostrar una variación positiva o negativa producto del impacto. Bajo el análisis del Proyecto, se seleccionaron los factores considerados como relevantes, medibles y que ofrecen información del estado y funcionamiento del ambiente. En el caso de los indicadores de impacto, permiten evaluar la dimensión del impacto por el desarrollo del Proyecto y/o de una actividad. Para ser de utilidad, los *indicadores* cumplen con criterios de representatividad, relevancia, son excluyentes y de fácil identificación, proporcionan información para establecer una comparación del antes y después de la ejecución del Proyecto y permiten dimensionar los impactos producidos. Basado en el método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), en el **Cuadro V.3,** se presentan los factores y componentes sobre los que podría ocurrir algún impacto ambiental relacionado con el desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro V.3 Factores ambientales propensos a ser afectados por la implementación del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor
Físico-Natural	**Abiótico**	Atmósfera	Calidad del aire
			Ruido y Vibraciones
		Rocas y Geoformas	Relieve
		Suelo	Calidad del Suelo
			Cobertura del Suelo
			Estabilidad
		Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)

Cuadro V.3 Factores ambientales propensos a ser afectados por la implementación del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor
			Calidad
		Agua Subterránea	Recarga
			Acuífero
			Calidad
	Biótico	Flora	Cobertura Forestal
			Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas
			Abundancia de especies
		Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas
			Abundancia y composición de especies
			Hábitat y Movilidad de especies
	Percepción	Paisaje	Visibilidad
			Calidad paisajística
Socioeconómico	**Población**	Social	Salud
			Bienestar Social y Calidad de Vida
			Servicios Públicos e Infraestructura
			Acceso a la tierra
			Acceso al agua
			Educación
			Vivienda
		Economía	Empleos
			Suministro de Servicios Comerciales

Versión Pública

V.1.1.3. Identificación de interacciones

Una vez realizada la lista de verificación de actividades del Proyecto, así como la identificación de los factores y componentes susceptibles de afectación, se procedió a identificar las interacciones mediante la construcción de una matriz de identificación de relación causa-efecto (**Anexo V.1**). La matriz de identificación de interacciones presenta columnas que muestran las actividades del Proyecto por etapa y filas con los factores y componentes ambientales (**Cuadro V.4**). Esta matriz servirá únicamente para identificar las interacciones y su origen, sin proporcionarles un valor;

cuando una acción provoque un cambio en un factor o componente ambiental, se registrará en la intersección correspondiente para el Proyecto. Asimismo, se señalan las interacciones potenciales de provocar impactos negativos (deterioro de los componentes ambientales) y las interacciones potenciales que pueden provocar impactos benéficos. En el caso de aquellas casillas que no presentan valor, se debe entender que esa estructura o actividad no generó alguna interacción en el factor o componente respectivo. Cabe señalar que, la metodología utilizada permite considerar todas las actividades del Proyecto que involucran un impacto en el ambiente, así como identificar y describir las interacciones con los correspondientes factores que han sido definidos como susceptibles de recibir un impacto. De esta manera, se asegura una alta confiabilidad del procedimiento aplicado en la evaluación de impactos. Especialistas interdisciplinarios participaron en la definición y evaluación de las interacciones.

Como se aprecia en el **Cuadro V.4**, se identificó un total de 306 interacciones, de las cuales 114 interacciones son adversas y 192 interacciones son benéficas. Cabe señalar que, el número importante de interacciones benéficas depende de la planeación de gestión social del Promovente prevista con las comunidades en el área de influencia del Proyecto, así como las acciones y actividades proyectadas en las etapas de cierre y de post-cierre. Esto se confirma con el análisis del **Cuadro V.4**, ya que las etapas de cierre y post-cierre concentran 104 de las 192 interacciones benéficas, que representan el 54% (**Cuadro V.5**); mientras que el Factor Socioeconómico (Estructura de la Población - Economía) suma 81 de las 199 interacciones benéficas, que representan el 42% de esta categoría (**Cuadro V.6**).

Versión Pública

Con relación a las interacciones adversas, la mayoría de ellas (98%) se concentra en las etapas de preparación del sitio (27 interacciones, 24%), construcción (35 interacciones, 31%) y operación/mantenimiento (50 interacciones, 44%) (**Cuadro V.5**).

Cuadro V.4 Matriz de identificación de interacciones (relación causa-efecto).

Actividades: A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada; A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente; A8: Descapote del área de minado superficial; A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera; A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado; A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio; A14: Construcción del campamento y almacenes; A15: Construcción de los caminos de acceso; A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales; A17: Construcción de la cortina contenedora de jales; A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua; A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica; A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares; A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción; A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción; A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado; A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto); A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera; A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado; A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio; A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración); A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales; A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel); A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico; A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales; A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento; A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento; A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones; A38: Remediación y restauración de suelo; A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales; A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua; A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera; A42: Restauración y revegetación con especies nativas; A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre; A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre; A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre.

Apartados	Factor ambiental	Etapa →	Preparación del Sitio										Construcción										Operación y Mantenimiento																	Cierre (Abandono)								Post-Cierre
		ID Actividad →	A 1	A 2	A 3	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 14	A 15	A 16	A 17	A 18	A 19	A 20	A 21	A 22	A 24	A 25	A 26	A 27	A 28	A 29	A 30	A 31	A 32	A 33	A 34	A 35	A 37	A 38	A 39	A 40	A 41	A 42	A 43	A 44	A 46
		Componente																																												
Abiótico	Atmósfera	Calidad				-1			-1	-1	-1			-1	-1	-1			-1		1			-1	-1	-1	-1	-1					1	-1				1	1		1	1
		Ruido y vibraciones							-1	-1	-1				-1	-1								-1	-1		-1							-1									
	Rocas y Geoformas	Relieve							-1	-1	-1					-1								-1	-1			-1						1		1							
	Suelo	Calidad del Suelo				-1						1								1				-1	-1			-1	-1	1		1		1	1			1	1	1		1
		Cobertura del suelo				-1				-1				-1	-1	-1			-1					-1	-1			-1		1				1	1			1	1			
		Estabilidad							-1		-1					-1								-1	-1			-1							1	1						
	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)					1	1		-1						-1	1						-1	-1				-1						1	1		1					
		Calidad					1					1					1			1			1	-1				-1	-1			1			1		1	1		1		1
	Agua subterránea	Recarga				-1	1	1		-1	-1			-1	-1	-1	1		-1			-1	-1	-1				-1							1		1	1				
		Acuífero															1					-1	-1		-1												1					
		Calidad										1					1			1		-1	1	-1	-1			-1	-1			1			1		1	1		1		1

Versión Pública

Cuadro V.4 Matriz de identificación de interacciones (relación causa-efecto).

Actividades: A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada; A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente; A8: Descapote del área de minado superficial; A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera; A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado; A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio; A14: Construcción del campamento y almacenes; A15: Construcción de los caminos de acceso; A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales; A17: Construcción de la cortina contenedora de jales; A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua; A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica; A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares; A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción; A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción; A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado; A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto); A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera; A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado; A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio; A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración); A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales; A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel); A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico; A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales; A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento; A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento; A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones; A38: Remediación y restauración de suelo; A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales; A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua; A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera; A42: Restauración y revegetación con especies nativas; A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre; A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre; A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre.

Apartados	Factor ambiental	Etapa →	Preparación del Sitio										Construcción											Operación y Mantenimiento															Cierre (Abandono)								Post-Cierre
		ID Actividad →	A 1	A 2	A 3	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 14	A 15	A 16	A 17	A 18	A 19	A 20	A 21	A 22	A 24	A 25	A 26	A 27	A 28	A 29	A 30	A 31	A 32	A 33	A 34	A 35	A 37	A 38	A 39	A 40	A 41	A 42	A 43	A 44	A 46
		Componente																																											
Biótico	Flora	Cobertura forestal	1	1		-1																								1	1			1	1			1	1			1
		Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	1	1																											1			1	1			1	1			1
		Abundancia de especies	1	1		-1										-1															1			1	1			1	1			1
	Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas			1																																						1
		Abundancia y composición de especies			1	-1								-1		-1		-1																1	1				1			1
		Hábitat y movilidad de especies			1	-1								-1		-1		-1																1	1				1			1

Versión Pública

Cuadro V.4 Matriz de identificación de interacciones (relación causa-efecto).

Actividades: A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada; A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente; A8: Descapote del área de minado superficial; A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera; A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado; A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio; A14: Construcción del campamento y almacenes; A15: Construcción de los caminos de acceso; A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales; A17: Construcción de la cortina contenedora de jales; A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua; A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica; A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares; A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción; A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción; A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado; A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto); A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera; A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado; A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio; A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración); A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales; A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel); A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico; A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales; A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento; A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento; A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones; A38: Remediación y restauración de suelo; A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales; A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua; A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera; A42: Restauración y revegetación con especies nativas; A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre; A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre; A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre.

| Apartados | Factor ambiental | Etapa → | Preparación del Sitio | | | | | | | | | | Construcción | | | | | | | | | |

Cuadro V.4 Matriz de identificación de interacciones (relación causa-efecto).

Actividades: A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada; A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente; A8: Descapote del área de minado superficial; A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera; A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado; A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio; A14: Construcción del campamento y almacenes; A15: Construcción de los caminos de acceso; A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales; A17: Construcción de la cortina contenedora de jales; A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua; A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica; A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares; A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción; A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción; A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado; A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto); A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera; A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado; A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio; A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración); A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales; A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel); A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico; A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales; A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento; A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento; A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones; A38: Remediación y restauración de suelo; A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales; A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua; A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera; A42: Restauración y revegetación con especies nativas; A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre; A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre; A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre.

Apartados	Factor ambiental	Etapa →	Preparación del Sitio										Construcción											Operación y Mantenimiento															Cierre (Abandono)								Post-Cierre
		ID Actividad →	A 1	A 2	A 3	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 14	A 15	A 16	A 17	A 18	A 19	A 20	A 21	A 22	A 24	A 25	A 26	A 27	A 28	A 29	A 30	A 31	A 32	A 33	A 34	A 35	A 37	A 38	A 39	A 40	A 41	A 42	A 43	A 44	A 46
		Componente																																												
		Suministro de Servicios Comerciales	1	1	1						1	1	1		1			1	1	1						1	1	1	1	1	1	1		1	1		1		1	1				
N° total de Interacciones		306	5	5	5	10	4	3	6	8	7	7	3	8	8	13	6	6	7	7	3	4	6	14	10	3	5	15	4	4	4	7	3	20	20	5	11	14	14	7	3	12
Interacciones adversas (-1)		-114																																										
Interacciones benéficas (+1)		192																																										

Versión Pública

Cuadro V.5 Interacciones adversos y benéficos identificados por actividad y para cada una de las etapas del Proyecto.

Etapa →		Preparación del Sitio										Construcción									Operación y Mantenimiento																			Cierre								Post-Cierre	Total
Actividad →		A 1	A 2	A 3	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 14	A 15	A 16	A 17	A 18	A 19	A 20	A 21	A 22	A 24	A 25	A 26	A 27	A 28	A 29	A 30	A 31	A 32	A 33	A 34	A 35	A 37	A 38	A 39	A 40	A 41	A 42	A 43	A 44	A45	
Totales por actividad		5	5	5	10	4	3	6	8	7	7	3	8	8	13	6	6	7	7	3	4	6	14	10	3	5	15	4	4	4	7	3	20	20	5	11	14	14	7	3	12	**306**
Totales por etapa		60										61									79												94								12	**306**
Totales por actividad	**Adversos**	0	0	0	9	0	0	6	7	5	0	1	7	6	12	0	4	5	0	0	4	4	13	9	1	3	13	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**114**
	Benéficos	5	5	5	1	4	3	0	1	2	7	2	1	2	1	6	2	2	7	3	0	2	1	1	2	2	2	1	4	4	7	3	18	20	5	11	14	14	7	3	12	**192**
Totales por etapa	**Adversos**	27										35									50												2								0	**114**
	Benéficos	33										26									29												92								12	**192**

Actividades: A1: Ejecución del Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; A2: Mantenimiento de sobrevivencia y monitoreo de la flora silvestre rescatada y reubicada; A3: Implementación del Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme); A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no contacto; A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente; A8: Descapote del área de minado superficial; A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera; A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado; A11: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales, generados por actividades de preparación del sitio; A14: Construcción del campamento y almacenes; A15: Construcción de los caminos de acceso; A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales; A17: Construcción de la cortina contenedora de jales; A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua; A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica; A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares; A21: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de construcción; A22: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de construcción; A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado; A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no contacto); A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera; A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado; A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio; A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración); A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales; A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel); A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico; A33: Reproducción de especies forestales para el mantenimiento, revegetación y conservación de áreas forestales; A34: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de operación y mantenimiento; A35: Control de emisiones atmosféricas asociadas a actividades de la etapa de operación y mantenimiento; A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones; A38: Remediación y restauración de suelo; A39: Reconfiguración para estabilización física de taludes del minado superficial, de la tepetatera y de la presa de jales; A40: Cierre y adecuación de las instalaciones para el manejo de agua; A41: Instalación de cubiertas diseñadas sobre presa de jales y tepetatera; A42: Restauración y revegetación con especies nativas; A43: Manejo integral de residuos sólidos y de aguas residuales generados por actividades de cierre; A44: Control de emisiones atmosféricas asociadas a las actividades de la etapa de cierre; A46: Monitoreo Ambiental Post-Cierre.

Versión Pública

Cuadro V.6 Interacciones identificadas por factor ambiental por la implementación del Proyecto

Apartado	Factor ambiental	Subfactor	Número de Impactos		
			Adversos	Benéficos	Total
Abiótico	Atmósfera	Calidad	-14	6	20
		Ruido y vibraciones	-9	0	9
	Rocas y Geoformas	Relieve	-7	2	9
	Suelo	Calidad del Suelo	-5	10	15
		Cobertura del Suelo	-9	5	14
		Estabilidad	-6	2	8
	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	-5	6	11
		Calidad	-3	11	14
	Agua subterránea	Recarga	-11	6	17
		Acuífero	-3	2	5
		Calidad	-5	10	15
Biótico	Vegetación	Cobertura forestal	-1	9	10
		Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	0	8	8
		Abundancia de especies	-2	8	10
	Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas	0	2	2
		Abundancia y composición de especies	-4	5	9
		Hábitat y movilidad de especies	-4	5	9
Percepción	Paisaje	Visibilidad	-7	5	12
		Calidad paisajística	-11	9	20
Población	Estructura de la población	Salud	0	13	13
		Bienestar Social y Calidad de Vida	0	11	11
		Servicios Públicos e Infraestructura	0	7	7
		Acceso a la tierra	-4	3	7
		Acceso al agua	-4	4	8
		Educación	0	0	0
		Vivienda	0	0	0
	Economía	Empleo	0	21	21
		Suministro de Servicios Comerciales	0	22	22
TOTAL			**-114**	**192**	**306**

Versión Pública

Las interacciones adversas influyen con una distribución casi similar (entre 16% y 18%) en los factores atmósfera (21 interacciones adversas), suelo (20 interacciones adversas), agua subterránea (19 interacciones adversas) y paisaje (18 interacciones adversas), **Cuadro V.6**. En una segunda categoría, se encuentran las interacciones adversas en agua superficial y fauna silvestre, representando cada el 7% de las interacciones adversas. Los resultados reportados en el **Cuadro V.4** al **Cuadro V.6**, sobre las interacciones identificadas son consistentes con las características del Proyecto, que se confirman con la caracterización y descripción de los impactos.

Las interacciones benéficas no solo incluyen aquellas que se ejecutarán al cierre, asociadas al cierre del sitio, sino también aquellas medidas que se aplicarán desde el inicio del Proyecto, tal como el Programa de Acceso Social al Agua (medida de compensación) y el Plan de Gestión Social del Proyecto (ver Anexo VI.8 y Anexo VI.9, respectivamente). La interacción con las comunidades a través de acciones de inducción y capacitación, también son incluidas como parte de las interacciones positivas, además de las medidas descritas en el Capítulo VI para atender los impactos positivos que se describen enseguida.

Versión Pública

V.2. Caracterización de los impactos

Con lo anterior, se han identificado las interacciones que podría generar el desarrollo del Proyecto sobre los distintos factores y componentes. Enseguida, se procedió al análisis para describir los impactos resultantes de las interacciones identificadas y para evaluar aquellos impactos que, por sus características podrían ser **significativos**. Se toma como referencia la definición de impacto significativo que establece la fracción IX del artículo tercero del Reglamento de la LGEEPA en materia de EIA:

> IX. **Impacto ambiental significativo o relevante:** Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

V.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático

A partir de la matriz de interacciones, se ha realizado un proceso de cribado para identificar los impactos que podrían relacionarse con el desarrollo del Proyecto. Se realizó una depuración de los impactos, para proceder a su valoración. Con este análisis, se conoce la fragilidad de los factores y componentes ambientales frente al desarrollo del Proyecto y la magnitud de los impactos por las acciones del Proyecto sobre su entorno. En el **Cuadro V.7** se presentan los resultados del análisis, que identificó 30 impactos, 25 negativos o adversos y 5 positivos o benéficos, asimismo se definieron los indicadores de impacto para la evaluación y valoración de estos impactos.

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Indicador	Etapa del Proyecto en la que se presenta
Físico-Natural	**Abiótico**	Atmósfera	Calidad del aire	Variación en la calidad del aire	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia o de concentraciones de LBA	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre, Post-Cierre
			Ruido y Vibraciones	Incremento del ruido ambiental	-	Ruido ambiental por arriba de valores normativos de referencia o de concentraciones de LBA	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
				Percepción en el incremento de vibraciones que provoque impacto en la infraestructura	-	Incremento de vibraciones que pudieran provocar afectaciones patrimoniales (número de afectaciones)	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
		Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve o modificación de las geoformas	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
		Suelo	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre, Post-Cierre
				Degradación del suelo: capacidad de desarrollo y sostener vegetación	-	Fertilidad potencial del suelo	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre, Post-Cierre
			Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el Área del Proyecto	Preparación del Sitio, Construcción

Versión Pública

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Indicador	Etapa del Proyecto en la que se presenta
			Estabilidad	Aumento de la erosión del suelo	-	Potencial del incremento en la erosión del suelo (toneladas/ha/año)	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre, Post-Cierre
		Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	-	Caudal (m^3/año)	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Calidad	Variación en la calidad del agua superficial	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
		Agua Subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	-	Disminución en la captación del agua por infiltración (m^3/año) en las áreas objeto del CUSTF	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre, Post-Cierre
			Acuífero	Nivel freático	-	Profundidad del nivel freático (m)	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
			Calidad	Variación en la calidad del agua subterránea	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
	Biótico	Vegetación	Cobertura Forestal	Pérdida de cobertura vegetal	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el Área del Proyecto	Preparación del Sitio

Versión Pública

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Indicador	Etapa del Proyecto en la que se presenta
			Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de flora clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y de interés biológico	-	Número de especies protegidas (y de interés biológico) en relación a las especies protegidas (y de interés biológico) en el SAR, ponderadas según la importancia de conservación	Preparación del Sitio
			Abundancia de especies	Variación en la abundancia de especies de vegetación forestal	-	Número de especies presentes en el Área del Proyecto que son susceptibles de afectación	Preparación del Sitio
		Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de fauna clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas	-	Número de especies de fauna (terrestres y voladoras) en riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Abundancia y composición de especies	Variación en la composición de la fauna	-	Número de especies presentes en el Área del Proyecto que son susceptibles de afectación por grupo faunístico	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Hábitat y movilidad de especies	Pérdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el Área del Proyecto	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
	Percepción	Paisaje	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	-	Extensión de la cuenca visual (ha)	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	-	Índice de la calidad del paisaje	Preparación del Sitio, Construcción,

Versión Pública

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Indicador	Etapa del Proyecto en la que se presenta
							Operación-Mantenimiento, Cierre
Socioeconómico	**Población**	Social	Salud	Incremento en el número de habitantes en el área de influencia local con acceso a servicios de salud	+	Número de personas con acceso a servicios de salud	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Bienestar Social Calidad de Vida	Variación en la calidad de vida de la población asociado a la implantación del Proyecto	+	Índice de Desarrollo Humano y Rezago Social municipal en los municipios de Villa González Ortega y Pánfilo Natera	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Servicios Públicos e Infraestructura	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento del tráfico	-	Contribución del proyecto al incremento del índice medio diario anual (IMDA) de tráfico en las carreteras federales y estatales	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
			Acceso a la tierra	Cambios y modificaciones en los patrones de usos de la tierra	-	Porcentaje de afectación de tierra ejidal respecto del total de dotación del ejido	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua	-	Porcentaje de hogares con acceso a agua entubada; Porcentaje de hogares con acceso a agua de norias; Porcentaje de bordos en uso	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
			Educación	Variación en el nivel promedio de educación formal de la población en el	+	Número de años de escolaridad promedio en el área de influencia	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre

Versión Pública

Cuadro V.7 Caracterización de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Subsistema	Apartado	Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Indicador	Etapa del Proyecto en la que se presenta
				área de influencia del proyecto			
			Vivienda	Incremento en la demanda de vivienda	-	Tendencia del costo de alquiler promedio por metro cuadrado	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento
		Economía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos	+	Número de empleos directos e indirectos generados en las diferentes etapas del Proyecto San Nicolás y el porcentaje de personal contratado originario de las comunidades del área de influencia	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre
			Suministro de Servicios Comerciales	Variación de las actividades económicas, y proveeduría local y regional	+	Número de unidades económicas identificadas en el censo de negocios realizado en los municipios de Villa González Ortega y Pánfilo Natera relacionadas con el Proyecto San Nicolás mediante contratación de servicios	Preparación del Sitio, Construcción, Operación-Mantenimiento, Cierre

NOTAS. **LBA** = Línea Base Ambiental; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales; **SAR** = Sistema Ambiental Regional.

Versión Pública

Algunos de los indicadores consideran e incluyen la evaluación de los impactos que pueden producirse por el desarrollo del Proyecto, clasificado con cuatro altas vulnerabilidades al cambio climático (vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones, vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones, vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a estrés hídrico y la vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico), como se señaló en el Capítulo I de esta MIA-R. En la descripción de los impactos, se hace referencia a esta relación respecto a la vulnerabilidad al cambio climático.

Una vez identificados los impactos adversos que podrían ser generados por el Proyecto, se procedió a identificar su significancia con base a lo descrito por el REIA en su artículo 3, fracción IX, a partir de la definición de un impacto significativo: [i] las alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales; [ii] las alteraciones en la salud de las comunidades en el AI del Proyecto; [iii] la obstaculización de la existencia del hombre y de los demás seres vivos; y [iv] la continuidad de los procesos naturales.

Después de analizar cada uno de los impactos adversos identificados en el **Cuadro V.7**, se tiene que todos los impactos están asociados o son consecuencia de las acciones o actividades del Proyecto, y no son producto del entorno mismo, por lo tanto, los impactos cumplen con el supuesto de la definición para impacto adverso. Para desarrollar una primera aproximación de la selección de aquellos impactos que, por sus características pudieran considerarse significativos, se procedió a la caracterización de los impactos adversos identificados. Con la metodología empleada, se realiza la definición de los atributos para determinar la importancia de cada impacto adverso.

Versión Pública

V.3. Valoración de los impactos

Se aplicó la metodología para la evaluación de los impactos ambientales relacionados con el desarrollo del Proyecto. Mediante el análisis y valoración de atributos con el método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), se estimó la dimensión de los impactos y se determinaron las afectaciones y modificaciones que presentarán sobre los factores y componentes ambientales. De acuerdo con esto, el impacto que la actividad produce sobre un componente está en función de la cantidad de factor alterado (MAGNITUD) y del grado de manifestación de variables, tales como la intensidad de la acción, la extensión, la persistencia y la reversibilidad, que se han conjugado por medio de la IMPORTANCIA. El valor del impacto ambiental (acotado entre cero y uno) es, por tanto, una función de la Magnitud y de la Importancia, y se obtiene mediante la siguiente relación de Conesa Fernández-Vitora (1995):

$$Vij = (Iij \times M^2ij)^{1/3}$$

Donde:

V = Valor del impacto
I = Importancia
M = Magnitud

Conesa Fernández-Vitora (1995) hace notar que Vij adopta el mismo signo que el del valor de importancia, esto es, si el impacto es adverso (-) o benéfico (+).

V.3.1. Obtención del Valor de la Importancia

En el método para determinar la importancia de los impactos, según Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), se evalúan por once atributos: [i] Naturaleza del Impacto (benéfico o adverso); [ii] Intensidad del Impacto (grado de afectación del factor); [iii] Extensión del Impacto (área de influencia del impacto); [iv] Momento (plazo de la manifestación del impacto); [v] Persistencia (permanencia del efecto); [vi] Reversibilidad (reconstrucción por medios naturales); [vii] Sinergia (potenciación de la manifestación); [viii] Acumulación (incremento progresivo de impactos); [ix] Efecto (relación causa–efecto); [x] Periodicidad (regularidad de la manifestación); y [xi] Recuperabilidad (reconstrucción por medios antropógenos). Los criterios usados para clasificar cada uno de estos atributos y el método para determinar la valoración del impacto a través de su Importancia, se describe en detalle en el **Anexo V.1**. El cálculo de importancia se llevó a cabo mediante el uso de indicadores cuantitativos en cada atributo para la determinación de la intensidad de cada impacto ambiental; lo cual permitió obtener la categoría de cada impacto en función de la valoración de su importancia (**Cuadro V.8**).

Versión Pública

Cuadro V.8 Categorización de la Importancia de los Impactos según Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010).

Valor de la Importancia	Calificación	Significado
< 25	**BAJO**	La afectación del impacto es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto.
25 ≥ < 50	**MODERADO**	La afectación del impacto no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50 ≥ < 75	**SEVERO**	La afectación del impacto, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctivas o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es un periodo prolongado.
≥ 75	**CRÍTICO**	La afectación del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Con base a esta metodología, se obtuvo el valor de la importancia para los treinta impactos identificados (**Cuadro V.9**), a lo cual se atribuye una categoría conforme al **Cuadro V.8**, resultado de la atribución del valor de la importancia. A partir de los valores de importancia determinados, 25 de los 30 impactos evaluados son adversos. De los 25 impactos adversos; solo 2 impactos tienen un nivel de importancia severa, 22 moderada y 1 baja. No se presentan para el Proyecto impactos críticos (**Cuadro V.9**). Cabe señalar que, en esta valoración, se considera ya la aplicación de las medidas de mitigación que evitan la afectación a los factores ambientales.

Una vez determinada la Importancia del Impacto, se calculó el Valor del impacto, el cual se relaciona con la Magnitud de cada impacto conforme a la relación descrita anteriormente, y a partir de esto, se determina su Significancia.

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
Atmósfera	Calidad del aire	Variación en la calidad del aire	-	2	8	4	2	2	1	4	4	2	2	**-43**
	Ruido y Vibraciones	Incremento del ruido ambiental	-	2	2	4	3	1	2	4	4	4	1	**-33**
		Percepción en el incremento de vibraciones que provoque impacto en la infraestructura	-	1	2	4	3	3	2	1	4	4	1	**-29**
Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve	-	4	2	4	4	4	4	1	4	4	8	**-49**
Suelo	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos	-	1	1	3	1	1	2	1	4	1	2	**-20**
		Degradación del suelo: capacidad de desarrollo y sostener vegetación	-	2	2	2	3	3	2	1	4	4	4	**-33**

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
	Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	-	2	2	4	3	3	2	1	4	4	4	**-35**
	Estabilidad	Aumento de la erosión del suelo	-	2	2	4	3	3	2	1	4	4	2	**-33**
Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	-	1	4	4	á	2	2	4	4	4	2	**-36**
	Calidad	Variación en la calidad del agua superficial	-	1	2	4	4	4	2	1	4	4	2	**-32**
Agua Subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	-	2	2	4	3	3	4	4	4	2	3	**-37**
	Acuífero	Nivel freático	-	2	8	3	4	4	2	4	4	4	4	**-51**
	Calidad	Variación en la calidad del agua subterránea	-	2	4	2	4	3	2	1	4	4	2	**-36**

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
Vegetación	Cobertura Vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	-	2	2	4	4	3	2	4	4	4	3	**-38**
	Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de flora clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y de interés biológico	-	1	1	4	2	2	2	1	4	4	3	**-27**
	Abundancia de especies	Variación en la abundancia de especies de vegetación forestal	-	2	1	4	4	3	2	1	4	4	3	**-33**

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de fauna clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas	-	1	2	4	4	3	2	1	4	4	3	**-32**
	Abundancia y composición de especies	Variación en la composición de la fauna	-	1	2	4	4	3	2	1	4	4	3	**-32**
	Hábitat y movilidad de especies	Pérdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	-	1	4	4	4	3	2	1	4	4	3	**-36**
Paisaje	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	-	2	8	2	4	4	1	1	4	4	8	**-50**
	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	-	2	8	2	3	4	1	1	4	4	4	**-45**

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
Social	Salud	Incremento en el número de habitantes en el área de influencia local con acceso a servicios de salud	+	2	12	4	3	1	2	4	4	4	1	**53**
	Bienestar Social Calidad de Vida	Variación en la calidad de vida de la población asociado a la implantación del Proyecto	+	2	12	4	3	1	2	4	4	4	1	**53**
	Servicios Públicos e Infraestructura	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento del tráfico	-	1	4	4	3	1	2	1	4	2	4	**-32**
	Acceso a la tierra	Cambios y modificaciones en los patrones de usos de la tierra	-	2	4	4	3	4	2	1	4	4	8	**-44**

Versión Pública

Cuadro V.9 Determinación del valor y de la categoría de importancia de los impactos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Atributo	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	IMPORTANCIA
		NOTA: criterios de clasificación de la valoración de la importancia.		**1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total**	**1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico**	**1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico**	**1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante**	**1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible**	**1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico**	**1 Simple 4 Acumulativo**	**1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario**	**1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo**	**1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable**	
	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua	-	2	4	3	4	4	2	4	4	4	1	**-40**
	Educación	Variación en el nivel promedio de educación formal de la población en el área de influencia del proyecto	+	2	12	4	3	1	2	1	4	2	1	**48**
	Vivienda	Incremento en la demanda de vivienda	-	4	4	4	2	2	2	1	4	4	1	**-40**
Economía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos	+	2	12	4	3	3	2	4	4	4	4	**58**
	Suministro de Servicios Comerciales	Variación de las actividades económicas, y proveeduría local y regional	+	2	12	4	3	3	2	4	4	4	4	**58**

Versión Pública

Impacto adverso de Importancia Baja

Impacto adverso de Importancia Moderada

Impacto adverso de Importancia Severa

Impacto Positivo (Benéfico)

V.3.2. Obtención del Valor del Impacto

Una vez determinada la Importancia de los impactos, se calculó su valor, el cual se relaciona con la Magnitud de cada impacto conforme a la relación descrita anteriormente, y a partir de esto, se determina su Significancia. De acuerdo con el método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), la valoración estimativa de la Magnitud se realiza definiendo la calidad ambiental del factor en las situaciones "sin" y "con" proyecto, utilizando una escala ordinal de 1 a 10 (**Cuadro V.10**, tomado de http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html#_Toc24377536). Cuantitativamente, para obtener valores de calidad comparables, al extremo óptimo de calidad ambiental se le asigna el 1 y al más desfavorable el 0, quedando comprendidos entre ambos extremos los valores intermedios para definir estados de calidad del factor ambiental.

Cuadro V.10 Escala ordinal y valores de Calidad Ambiental utilizados en las valoraciones estimativas de la Magnitud.

Escala Ordinal	Valores de Calidad Ambiental (CA)
0	0
1	0.1
2	0.2
3	0.3
4	0.4
5	0.5
6	0.6
7	0.7
8	0.8
9	0.9
10	1.0

Versión Pública

Por **Magnitud del Impacto** se entiende la modificación en cantidad y calidad del componente ambiental afectado, en donde también se toma en consideración la aplicación y eficiencia de las medidas de mitigación propuestas. La magnitud se corrige por la importancia, que a su vez depende de la caracterización del efecto. El resultado es el Valor del Impacto.

De acuerdo con Conesa (1995), el impacto o valor real del efecto que la actividad produce sobre un componente determinado, además de la cantidad de factor alterado (MAGNITUD), es función del grado de manifestación de otras variables tales como intensidad de la acción,

extensión, persistencia y reversibilidad, que se han conjugado anteriormente mediante el atributo de la IMPORTANCIA. El **valor del impacto ambiental,** o valor real del efecto, es una función de estas dos características de los impactos: MAGNITUD e IMPORTANCIA, mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{Vij = (Iij \times M^2ij)^{1/3}}$$

Donde: **V** = Valor del impacto; **I** = Importancia; **M** = Magnitud

Así se obtiene de manera cuantificada y en una escala de 0 a 1, el valor total del impacto Vij por cada factor, consecuencia del conjunto de las acciones o actividades sobre el factor considerado. Nótese que Vij, adopta el mismo signo que el del valor de importancia. Una vez calculado el valor del impacto, su Significancia se determina a partir de la categoría obtenida del valor, según se muestra en el **Cuadro V.11**.

Cuadro V.11 Categorías de la significancia a partir del cálculo del valor del impacto.

Versión Pública

Categorías de la significancia	Símbolo	Valor	Significado
Muy Baja	**MBj**	0 a 0.2	Son impactos considerados como compatibles, no se compromete la integridad del factor ambiental.
Baja	**Bj**	0.21 a 0.4	La recuperación inmediata del componente ambiental tras el cese de la actividad.
Media	**Md**	0.41 a 0.6	La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo después del cese de la actividad.
Alta	**A**	0.61 a 0.8	La recuperación de las condiciones del medio, requiere la ejecución de medidas eficientes de control ambiental.
Muy Alta	**MA**	0.81 a 1.0	La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable.

En el **Cuadro V.12**, se reportan los valores calculados para la Magnitud (escala ordinal de 1 a 10) y el Valor del Impacto (escala ordinal de 0 a 1) y, a partir de ello, la categoría de la Significancia que corresponda conforme al **Cuadro V.11**.

El **Cuadro V.12** muestra que, para los 25 impactos adversos evaluados, se obtuvieron los siguientes niveles de significancia: uno (1) de significancia Alta; dos (2) de significancia Media; dieciséis (16) de significancia Baja; y seis (6) de significancia Muy Baja. **Ningún impacto adverso asociado al Proyecto presenta una significancia muy alta o de importancia crítica**.

Cuadro V.12 Cálculo del Valor y Significancia de los impactos adversos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Importancia	Importancia	Magnitud	Valor del impacto	Significancia
Atmósfera	Calidad del aire	Variación en la calidad del aire	43	0.43	0.70	0.5951	Md
	Ruido y Vibraciones	Incremento del ruido ambiental	33	0.33	0.30	0.3097	Bj
		Percepción en el incremento de vibraciones que provoque impacto en la infraestructura	29	0.29	0.30	0.2966	Bj
Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve	49	0.49	0.70	0.5608	Md
Suelo	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos	20	0.20	0.10	0.1260	MBj
		Degradación del suelo: capacidad de desarrollo y sostener vegetación	33	0.33	0.10	0.1489	MBj
	Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	35	0.35	0.40	0.3826	Bj
	Estabilidad	Aumento de la erosión del suelo	33	0.33	0.20	0.2363	Bj
Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	36	0.36	0.40	0.3862	Bj
	Calidad	Variación en la calidad del agua superficial	32	0.32	0.10	0.1474	MBj
Agua Subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	37	0.37	0.20	0.2455	Bj
	Nivel freático	Disminución del nivel freático	51	0.51	0.70	0.6299	A

Versión Pública

Cuadro V.12 Cálculo del Valor y Significancia de los impactos adversos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Importancia	Importancia	Magnitud	Valor del impacto	Significancia
	Calidad	Variación en la calidad del agua subterránea	**36**	**0.36**	**0.20**	**0.2433**	**Bj**
Vegetación	Cobertura Vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	**38**	**0.38**	**0.40**	**0.3932**	**Bj**
	Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de flora clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y de interés biológico	**27**	**0.27**	**0.10**	**0.1392**	**MBj**
	Abundancia de especies	Variación en la abundancia de especies de vegetación forestal	**33**	**0.33**	**0.20**	**0.2363**	**Bj**
Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de fauna clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas	**32**	**0.32**	**0.10**	**0.1474**	**MBj**
	Abundancia y composición de especies	Variación en la composición de la fauna	**32**	**0.32**	**0.20**	**0.2339**	**Bj**
	Hábitat y movilidad de especies	Pérdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	**36**	**0.36**	**0.20**	**0.2433**	**Bj**
Paisaje	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	**50**	**0.50**	**0.20**	**0.2714**	**Bj**
	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	**45**	**0.45**	**0.20**	**0.2621**	**Bj**

Versión Pública

Cuadro V.12 Cálculo del Valor y Significancia de los impactos adversos generados por el Proyecto.

Factor	Subfactor	Impacto	Importancia	Importancia	Magnitud	Valor del impacto	Significancia
Social	Servicios Públicos e Infraestructura	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento del tráfico	**32**	**0.32**	**0.10**	**0.1474**	**MBj**
	Acceso a la tierra	Cambios y modificaciones en los patrones de usos de la tierra	**44**	**0.44**	**0.20**	**0.2601**	**Bj**
	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua	**40**	**0.40**	**0.20**	**0.2520**	**Bj**
	Vivienda	Incremento en la demanda de vivienda	**40**	**0.40**	**0.40**	**0.4000**	**Bj**

Impacto adverso de Importancia Baja

Impacto adverso de Importancia Moderada

Impacto adverso de Importancia Severa

Impacto Positivo (Benéfico)

Impacto adverso de Significancia Muy Baja

Impacto adverso de Significancia Baja

Impacto adverso de Significancia Media

Impacto adverso de Significancia Alta

Versión Pública

V.3.3. Descripción de los Impactos

V.3.3.1. Impactos Positivos

A continuación, previo al análisis de los impactos, en el **Cuadro V.13**, se presenta una descripción sintética de los impactos positivos (benéficos) asociados al desarrollo del Proyecto.

Cuadro V.13 Descripción de los impactos positivos (benéficos), que serían producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Descripción del Impacto
Social	Salud	Incremento en el número de habitantes en el área de influencia local con acceso a servicios de salud	Severa (I = 53)	Impacto de atributo benéfico, de intensidad media, extensión más allá del AI, puesto que se prevé impacte al SAR, de momento inmediato conforme inicia el Proyecto y efecto directo. Si bien en el SAR, el 97.16% de las personas que se encuentran económicamente activas de acuerdo con el censo de INEGI (2020), están ocupadas, es decir, 13,651, su ocupación se concentra en actividades relacionadas con el campo (agricultura, ganadería, trabajo jornal) o a servicios (albañilería, comercio) y comercio informal, por lo que el acceso a servicios de salud y de seguridad social, es limitado. Se destaca que aproximadamente solo el 10% de la población que labora, cuenta con un empleo asalariado con acceso a servicios de salud. Con el desarrollo del Proyecto se tendrá la contratación entre 1,000 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años), y un promedio de 800 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación y mantenimiento. Este número de empleos directos representa el incremento del número de familias con acceso a servicios de salud. Además, este impacto positivo puede prolongarse al incrementar las habilidades técnicas, dándoles nuevas oportunidades de empleo, diferentes a las labores dedicadas a las actividades relacionadas con el campo.

Versión Pública

Cuadro V.13 Descripción de los impactos positivos (benéficos), que serían producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Descripción del Impacto
	Bienestar Social Calidad de Vida	Variación en la calidad de vida de la población asociado a la ejecución del Proyecto	Severa (I = 53)	Impacto benéfico asociado a la mejora en la calidad de vida de la población por los empleos directos e indirectos que el desarrollo del Proyecto generará. Con el desarrollo del Proyecto se contratarán alrededor de 1,000 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años) y un promedio de 800 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación y mantenimiento. A este número de empleos directos, se asocian los empleos indirectos en una tasa de al menos 4 empleos indirectos por cada empleo directo. Con el empleo directo se incrementarán los beneficios por el salario neto que recibirán los empleados, lo cual será de mayor beneficio que el ingreso promedio por las labores relacionadas en el campo. Tomando como base la información obtenida en el trabajo de campo, durante el año 2019, el promedio de ingresos mensuales oscila entre $2,400 y $4,700 por persona ocupada. Debe señalarse que, en referencia a los ingresos de la población, las fuentes de ingresos responden a diversas actividades y medios de vida, principalmente como producto del trabajo en el campo, con el 58% de las familias dentro del SAR dependientes del ingreso del principal proveedor familiar, es decir una persona. Cabe destacar que el Índice de Rezago Social (IRS) en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera, se ha mantenido en un nivel bajo a muy bajo durante los últimos 20 años, lo cual expresa un grado de pobreza bajo, coincidiendo con el porcentaje de población en situación de pobreza y de pobreza extrema, que ha disminuido en cerca de 5 puntos porcentuales durante los últimos 15 años. Específicamente haciendo referencia a los municipios ubicados en el SAR, para el año 2015, los porcentajes de la población que se ubicaban por debajo de la línea de la pobreza fue: 85% en Villa Ramos; 72% en General Pánfilo Natera; 69% en Villa González Ortega; 66% en Salinas; y 63% en Ojocaliente. Además de la mejora de la calidad de vida por el incremento del ingreso económico mensual por familia, se podrá contar con la adscripción a la seguridad social y, con ello, a servicios de salud oficiales.

Versión Pública

Cuadro V.13 Descripción de los impactos positivos (benéficos), que serían producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Descripción del Impacto
				Se considera que este impacto benéfico es de intensidad media, de extensión a escala incluso más allá del AI del Proyecto. El impacto benéfico es a corto plazo, de efecto directo y reversible a largo plazo, considerando el ciclo de vida del Proyecto.
	Educación	Variación en el nivel promedio de educación formal de la población en el AI del Proyecto	Moderado (I = 48)	Los años promedio de escolaridad en los municipios de Villa González Ortega y Pánfilo Natera son 5.8 y 5.3, respectivamente, que equivalen exclusivamente a la educación primaria básica. Con la implementación del Proyecto no se pretende incidir en el incremento del nivel promedio de educación formal en la población del AI, pero cabe destacar que como parte del Plan de inversión y desarrollo comunitario del Promovente, se promoverán oportunidades colaborativas con las comunidades del AI, para consolidar una relación de respeto mutuo, apoyando el desarrollo y la sostenibilidad de las comunidades, promoviendo el fortalecimiento de las capacidades y habilidades de las personas, y generando oportunidades para la contratación de personal local y proveeduría. Al respecto, destacan dos de los pilares estratégicos de este plan: [i] Cultura de Salud y Seguridad Comunitaria (CASCO); y [ii] Promoción de Oportunidades Educativas Comunitarias (PECAS); con lo que se pretende incrementar las capacidades de conocimiento de la población y habilidades para fortalecer sus capacidades productivas. Este impacto benéfico es de intensidad media, con extensión a escala del SAR.
Economía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos	Severa (I = 58)	Con el desarrollo del Proyecto se tendrá la contratación de alrededor de 1,000 empleados en las etapas de preparación del sitio y de construcción (durante aproximadamente 2 años) y un promedio de 800 empleados durante un periodo de 15 años de la etapa de operación y mantenimiento. A este número de empleos directos, se asocian los empleos indirectos en una tasa de al menos 4 empleos indirectos por cada empleo directo, lo que equivale hasta 4,000 empleos indirectos en las etapas de preparación del sitio y construcción, y hasta 3,200 empleos indirectos en la etapa de operación y mantenimiento. Se considera que este impacto benéfico es de intensidad media, de extensión a escala incluso más allá del AI del Proyecto. El impacto benéfico es a corto plazo, de efecto directo y reversible a largo plazo, considerando el ciclo de vida del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro V.13 Descripción de los impactos positivos (benéficos), que serían producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Descripción del Impacto
	Suministro de Servicios Comerciales	Variación de las actividades económicas y proveeduría local y regional	Severa (I = 58)	Este impacto benéfico está asociado, por un lado, al incremento de requerimiento de servicios y bienes de proveedores locales y regionales (a escala del Estado de Zacatecas, e incluso de los Estados de San Luis Potosí y Aguascalientes); y, por otro lado, al incremento del flujo de efectivo con el incremento del ingreso mensual neto por familia asociada a un empleo directo por el Proyecto. Aspecto que incrementará el consumo local de bienes y enseres y, a su vez, incrementará las actividades económicas, en particular a escala local en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera. Cabe destacar que, en cuanto a la proveeduría local y regional, el Promovente privilegiará la contratación de estos servicios, sobre aquellos disponibles de otras regiones del país. Para ello, se contará con un catálogo de registro de proveedores locales y regionales. Se considera que este impacto benéfico es de intensidad media, de extensión a escala incluso más allá del AI del Proyecto. El impacto benéfico es a corto plazo, de efecto directo y reversible a largo plazo, considerando el ciclo de vida del Proyecto.

Versión Pública

V.3.3.2. Impactos Adversos No Severos

Previo al análisis particular de los impactos adversos clasificados como severos, con significancia media a alta, en el **Cuadro V.14**, se presenta una descripción sintética de los impactos moderados, incluidos los clasificados de significancia muy baja a baja.

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
Atmósfera	Calidad del aire	Variación en la calidad del aire	Moderado (I = -43)	Media (0.5951)	El indicador seleccionado para la caracterización y valoración de este impacto es la concentración de los parámetros normados PM_{10}, $PM_{2.5}$, NO_2, SO_2, y CO. La caracterización del impacto en la calidad de aire en el SAR, ha sido realizada considerando campañas de muestreo de material particulado con equipos Hi-Vol entre los años 2017 y 2022, en conjunto con un ejercicio de modelación de dispersión atmosférica desarrollada para el Proyecto y cuyos resultados se presentan en el Capítulo IV de esta MIA-R, así como un resumen en el **Anexo V.2**. Del análisis de la LBA sobresale que los percentiles 90 para PM_{10} y $PM_{2.5}$, en condiciones de 24 horas, están por encima de los límites de la norma de referencia (NOM-025-SSA1-2021), esto es, que el aire tiene actualmente concentraciones altas de material particulado, las cuales son marcadamente más elevadas durante la época seca y disminuyen en la época húmeda. Las condiciones de línea base muestran que las concentraciones de material particulado, durante la temporada de secas, son significativamente mayores comparadas con las de la temporada de lluvias. Por ejemplo, para el Percentil 50, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante la temporada de secas son más del doble de las concentraciones durante la temporada de lluvias. Además, debe considerarse que, en los escenarios a mediano y largo plazo de cambio climático, estas diferencias pueden incrementarse por la disminución estimada en la precipitación pluvial. El impacto del Proyecto en la calidad de aire fue evaluado mediante: [i] el cálculo de las emisiones en la atmósfera por el Proyecto a escala de Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto; [ii] la modelación de la dispersión de las emisiones asociadas al Proyecto, con alcance a ambas escalas (SAR y AI); [iii] el cálculo de frecuencias para PM_{10} y $PM_{2.5}$; y [iv] el cálculo de las concentraciones esperadas en la atmósfera, considerando las condiciones de línea base y las contribuciones del Proyecto. Se seleccionaron seis comunidades receptoras en el SAR y ocho en el Área de Influencia (**Anexo V.2**). Se identificó al Año 5 del Proyecto como el año durante el cual las emisiones atmosféricas del Proyecto alcanzarán sus valores máximos. Las emisiones atmosféricas fueron estimadas utilizando

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					el modelo de dispersión atmosférica AERMOD (Versión 19191) desarrollado por USEPA y con aceptación por SEMARNAT, para estimar las contribuciones del Proyecto en parámetros regulados dentro de un dominio de modelación que incluyó la totalidad del SAR. Las principales actividades generadoras de emisiones atmosféricas incluyen al minado del tajo, el transporte de mineral y tepetate a través de los caminos de acarreo, la disposición de tepetate en la Tepetatera, el almacenamiento de jales en la presa de jales, y el transporte de vehículos pesados a lo largo de los caminos de acceso Norte y Sur. Se estima que el Proyecto generará 1,365 tpa de PM_{10} y 168 tpa de $PM_{2.5}$. Las actividades de minado ejecutadas en el tajo representan aproximadamente el 50% de las emisiones de material particulado; mientras que, las actividades de transporte de material a lo largo de los caminos de acarreo fuera del tajo representan la segunda fuente más importante de las emisiones de material particulado. El modelo de dispersión atmosférica pronosticó las contribuciones del Proyecto a las concentraciones de los parámetros regulados dentro del Área de Influencia: • Para material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, ninguna de las contribuciones del Proyecto sobre los receptores seleccionados sobrepasa los valores establecidos por la NOM-025-SSA1-2021, que es considerada únicamente de referencia y no de aplicación directa al Proyecto. • Para material particulado, las contribuciones del Proyecto sobre los receptores seleccionados representan entre el 13% y el 69% de las concentraciones de línea base para PM_{10} y entre el 6% y 21% para $PM_{2.5}$. La intensidad del impacto se determinó comparando las contribuciones del Proyecto con las concentraciones de línea base a la escala de Sistema Ambiental Regional y del Área de Influencia. La persistencia del impacto ha sido clasificada como transitoria porque el escenario corresponde a condiciones de operación pico, que persistirán por un periodo no mayor de 4 años. Según la valoración de la importancia del impacto por elemento contaminante en las emisiones atmosféricas, se tiene una clasificación de impacto moderado para las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2;

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					incrementándose el impacto exclusivamente para las emisiones de 1 hora (por operaciones y voladuras) de NO_2, así como para las emisiones de CO en 8 horas. El impacto asociado a la generación de gases de efecto invernadero, está asociado al empleo de diésel como combustible para vehículos, equipos y maquinaria, estimando una producción de 3,724,551 Ton de CO_2eq, como se describió en el apartado correspondiente del Capítulo II, aun cuando el diésel no es de manera directa un generador de GEI.
	Ruido y vibraciones	Incremento del ruido ambiental	Moderado (I = -33)	Baja (Vi = 0.3097)	El Proyecto emitirá ruido, en particular, durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación. El ruido será provocado principalmente por el empleo de maquinaria, por las voladuras en el área de mina (un evento de voladura por día), y por el beneficio del mineral en la planta (trituración, molienda y concentración). Con el objetivo de cuantificar las emisiones de ruido, se preparó un modelo numérico predictivo utilizando el software CadnaA, el cual cumple con el estándar ISO 9613-2 (**Anexo V.4**). El modelo consideró condiciones de operación pico durante las cuales las emisiones alcanzarían sus magnitudes más altas y se determinó que, en los límites del PEA, estas emisiones de ruido estarían por debajo de los límites normativos tal como se presenta en el cuadro a continuación. El modelo predictivo también indica que las emisiones de ruido del Proyecto serían percibidas en las comunidades de Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Los Fernandez y, en menor medida, en San Antonio de las Huertas, aun cuando esto sea en emisiones por debajo de los límites normativos permisibles.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

<table>
<tr><th>Factor</th><th>Componente</th><th>Impacto</th><th>Importancia (Valor de Importancia)</th><th>Categoría de Significancia (Valor Impacto)</th><th>Descripción del Impacto</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><th>Polígono Envolvente Ambiental (PEA)</th><th>Emisión Bajo Condiciones de Operación Pico (dBA)</th><th>Límite Diurno (dBA)</th><th>Límite Nocturno (dBA)</th></tr>
<tr><td>Sur</td><td>45.5</td><td rowspan="4">55</td><td rowspan="4">50</td></tr>
<tr><td>Norte</td><td>39.0</td></tr>
<tr><td>Este</td><td>38.0</td></tr>
<tr><td>Oeste</td><td>37.7</td></tr>
</table>
El impacto será persistente con efecto directo, pero recuperable a corto plazo, una vez se terminen las acciones que lo provocan, así como por la aplicación de medidas de mitigación, tal como la construcción y operación de instalaciones para la planta de beneficio para reducir las emisiones de ruido al medio ambiente. En este escenario, la ubicación de la planta concentradora, la tepetatera y la presa de jales actuarán como barreras que mitigarán la propagación del ruido desde las principales fuentes, que corresponden a la planta de beneficio y al tajo.
Habrá acciones cuyo control del incremento del ruido ambiente es poco mitigable, tal como el empleo de maquinaria, por ejemplo, durante la etapa de construcción.
Se propone realizar monitoreos de ruido para evaluar su conformidad respecto a los límites normativos (NOM-081-SEMARNAT-1994), así como respecto a la línea base ambiental, previo inicio de cualquier actividad del Proyecto. Resultados de monitoreos de LBA realizados conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994 en el PEA y el AI del Proyecto, reportan valores consistentes con los previamente reportados en el Informe de Modelado de Nivel Sonoro (**Anexo V.4**)</td></tr>
<tr><td>Percepción en el incremento de vibraciones que provoque</td><td>Moderado
(I = -29)</td><td>Baja
(Vi = 0.2966)</td><td>Para el análisis de la percepción de las vibraciones asociadas a los eventos de voladuras, se utilizó la ecuación para predecir los niveles de vibración (ISEE Technical Literature Blasters Handbook 2011), y se aplicó a los cuatro sitios de uso activo con presencia de población receptora (humana y fauna) como más cercanos al sitio del tajo, utilizando la distancia más corta posible entre estos sitios y el</td></tr>
</table>

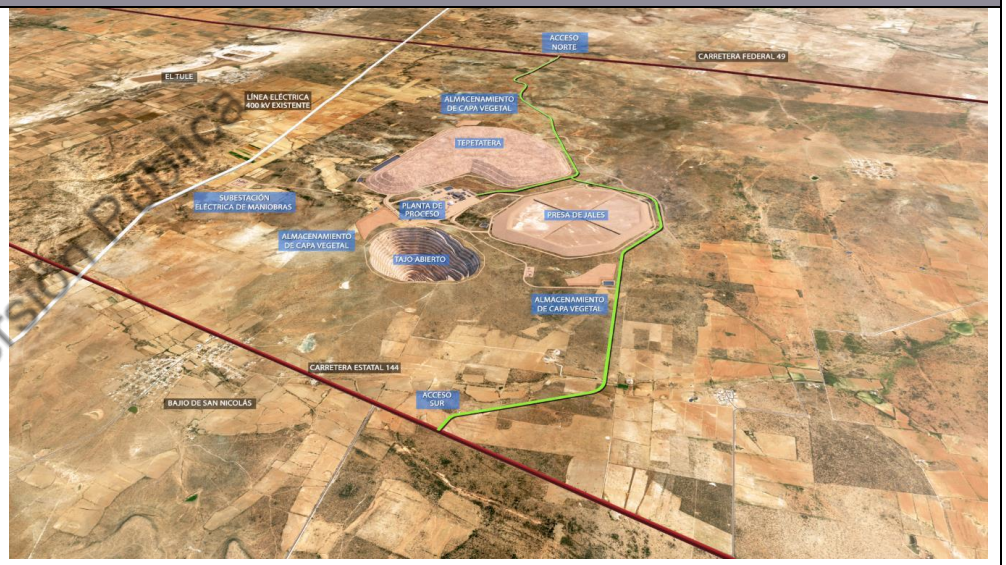
Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
		impacto en la infraestructura			borde del tajo (entre 1,135 y 1,380 m de distancia). Ninguna de las estimaciones de vibración excede los criterios aplicables para daños estructurales y molestias, lo cual confirma la significancia muy baja para este impacto. Con relación a las voladuras, la principal medida de mitigación está basada en el diseño de la voladura, a través del uso de microrretardos, por lo que ninguna medida de mitigación específica adicional es propuesta para mitigar este impacto. Aun así, se contará con un sistema de monitoreo mediante un método sísmico, el cual llevará el registro de los eventos de voladuras durante el minado. Se prevé un evento de voladura por día. Por ello, su periodicidad se considera como continuo durante las etapas de preparación del sitio (descapote) y operación (minado).
Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve	Moderado (I = -49)	Medio (Vi = 0.5608)	La afectación a las geoformas en el AP, que resulta en una variación de las características del relieve, se ha identificado como un impacto ambiental con categoría de Importancia moderado y Categoría del valor del Impacto de significancia Media, considerando el indicador seleccionado para valorar este impacto en el número de hectáreas que serán afectadas por un cambio en la pendiente natural que prevalece en el AP, respecto al SAR. El relieve del SAR se clasifica como una planicie con pendientes menores de 5%, mientras que en el AP el porcentaje de pendiente es menor de 10%, y en las áreas donde se instalarán las estructuras mayores del Proyecto (mina, tepetatera y presa de jales), la pendiente se encuentra en un rango de 1 a 4.5°. Las afectaciones al relieve por el Proyecto estarán asociadas al desarrollo del tajo, de la tepetatera y de la presa de jales (ver imagen enseguida). Es por ello que se ha privilegiado la optimización de sus dimensiones y de su ubicación, asegurando una estricta estabilidad estructural.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					 Se estima que, en su etapa final, el tajo formará una depresión con una superficie aproximada de 128 ha. La profundidad aproximada del tajo, en su configuración final, será de 550 m. Las características geotécnicas de su ubicación obligan a utilizar diferentes pendientes para distintos sectores del tajo. La inclinación negativa promedio, asociada a los taludes, estará entre 42° y 45°. Los criterios de diseño, asociados a los taludes de los bancos y del tajo, se validan con los factores de seguridad resultantes de los análisis de estabilidad geotécnica desarrollados. Con ello se atiende al riesgo principal, identificado en el Atlas Nacional de Riesgos, para la región ocupada por el SAR.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					La presa de jales almacenará de manera definitiva 101 Mt de jales potencialmente generadores de ácido y 0.8 Mt de roca estéril (tepetate) generadora de ácido. La configuración final de esta estructura comprende una forma, prácticamente, circular con una altura máxima de 70 m. La cortina de enrocamiento está diseñada con un talud externo de 2.5H/1V y un talud interno de 2H/1V. La superficie que ocupará será aproximadamente 250 ha. El talud externo equivale a una inclinación positiva aproximada de 22°. La tepetatera está diseñada para ser construida desde la base hasta su cresta, mediante bancos de 30 m de altura, con el ángulo de reposo que asegure su estabilidad estructural, hasta alcanzar una altura máxima de 120 m en la elevación 2,255 msnm. El ángulo de pendiente general de la estructura será de 2H/1V, que equivale a una inclinación positiva promedio de 26°. En su desarrollo final, este depósito ocupará una superficie de aproximadamente 425 ha. Su capacidad de almacenamiento será de aproximadamente 360 millones de m^3. Las actividades del Proyecto modificarán fuertemente las características geomorfológicas del AP al generar una depresión y dos elevaciones mayores que alterarán la configuración topográfica del lugar con un alto contraste, en relieve y pendiente, con el entorno natural, sin embargo, sin significancia con relación al SAR, ya que las tres mayores estructuras representan apenas el 0.8% de su superficie. La más significativa de las depresiones generadas lo constituyen la mina (tajo) que, al final de la vida útil del Proyecto, se constituirá en un sumidero de escurrimientos superficiales y de flujos subterráneos (un reservorio en el tajo). El desarrollo paulatino de la presa de jales y de la tepetatera conformará elevaciones que tendrán implicaciones progresivas en la cuenca visual y la calidad del paisaje a escala del AP, sin embargo, sin representar una alta significancia a la escala del SAR, que apenas serán perceptibles a escala del área de influencia y del SAR.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
Suelo	Calidad del suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos	Moderado (I = -20)	Muy Baja (Vi = 0.1260)	El impacto potencial al suelo se limitaría al AP provocado por derrames accidentales de pulpas minerales, derrames o fugas puntuales de hidrocarburos desde vehículos y maquinarias. Se considera un impacto que ocurre a corto plazo, persistente y reversible a largo plazo, pero recuperable a corto plazo una vez se apliquen las medidas de mitigación, que en este caso corresponden a las acciones de remediación, comúnmente limitadas a la limpieza y recuperación del suelo contaminado, y disposición como material peligroso, conforme lo establece el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Los niveles de limpieza del suelo serán aplicados conforme a lo establecido por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, sea con el criterio del límite permisible (para el caso de hidrocarburos) o criterio de referencia total propuesto por la concentración de Línea Base Ambiental (LBA) que se ha establecido por una caracterización geoquímica del suelo en el AP y en el AI para el caso de los metales. Un análisis exploratorio de la calidad geoquímica del suelo, determinó concentraciones de elementos normados (arsénico y vanadio) ya en valores por arriba de sus Concentraciones de Referencia Total (CR_T) para suelo de uso residencial y comercial establecidas por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en algunos sitios dentro del AI del Proyecto, lo cual puede estar asociado a pasivos mineros o a anomalías geoquímicas - relacionadas con la mineralización. Un estudio geoquímico de detalle en suelo superficial será realizado para confirmar valores de LBA de los elementos normativos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que pueda ser utilizado como referencia al Cierre del Proyecto o ante eventuales derrames incidentales.
		Degradación del suelo: capacidad de desarrollo y	Moderado (I = -33)	Muy Baja (Vi = 0.1489)	Durante el desarrollo del Proyecto, se afectará el suelo exclusivamente en el AP. Este impacto se limitará principalmente a lo relacionado con el cambio de uso de suelo en los terrenos forestales, que representan 1,406 ha. Fuera de los polígonos donde se retirará la cubierta de suelo vegetal, no se provocará alteración del suelo, pero en caso ocurriera, se considera que su intensidad será baja, así como persistente y reversible a largo plazo a las condiciones iniciales de sostener la vegetación.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
		sostener vegetación			La degradación del suelo bajo estas condiciones pudiera ser consecuencia de la saturación o, al contrario, de deshidratación al modificar el régimen hídrico en el AI del Proyecto. En el caso de la saturación, podría ser consecuencia de la descarga no controlada del agua de laboreo excedente. En el caso de la deshidratación del suelo, como posible escenario consecuente de la disminución del nivel freático por el desagüe del área del tajo, y que pudiera traer como afectación asociada el disminuir su capacidad de soporte para el desarrollo y sobrevivencia de la vegetación forestal, el análisis de la disponibilidad de agua en eventos de precipitación aporta el requerimiento hídrico de las especies que predominan en los matorrales crasicaule y desértico micrófilo en el AI y AP.
	Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	Moderado (I = -35)	Baja (Vi = 0.3826)	El AP representa una superficie total de 1455.492 ha, de las cuales 1,406.854 ha representan los polígonos con cobertura vegetal donde se ejecutará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF). Con el desarrollo del Proyecto, 96.6% de la superficie con cobertura de suelo orgánico y cobertura vegetal del AP será objeto del CUSTF desde la etapa de preparación del sitio. Sin embargo, toda la cobertura de suelo que sea retirado por acciones del CUSTF en el AP, será mantenida en el área dedicada al almacenamiento de suelo orgánico, hasta su reincorporación en actividades de restauración de suelo. Al final de la etapa de cierre, una vez aplicadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, solo permanecerán 520 ha sin restitución de la cobertura de suelo, que corresponden a las superficies de las obras permanentes que representan el tajo, el talud de la tepetatera, el talud de la presa de jales y algunas obras permanentes como canales de derivación, caminos y piletas para la recuperación y manejo de agua al cierre, lo que hará que solo el 37% de la superficie con cobertura de suelo orgánico y cobertura vegetal, se pierda al cierre por la ejecución del Proyecto. Bajo este escenario, se considera que el impacto será de intensidad moderada, de una extensión parcial (limitada a una fracción del AP), Inmediato, Persistente y Reversible a largo plazo, si no son aplicadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos. Su efecto es directo

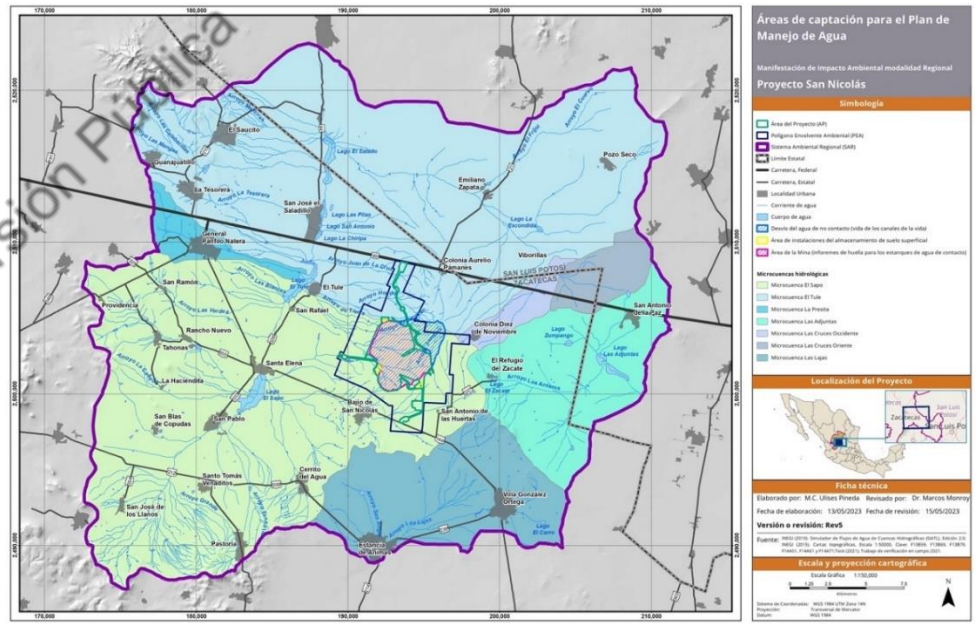
Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					y es recuperable a corto plazo si se aplican las acciones del citado Programa de Restauración y Conservación de Suelos.
	Estabilidad	Aumento de la erosión del suelo	Moderado (I = 33)	Baja (Vi = 0.2363)	En el SAR se presenta con mayor distribución suelo con un grado moderado de erosión, con pérdidas anuales de 10 a 50 ton/ha/año. Los suelos que se identificaron con mayor riesgo a la erosión son aquellos que presentan baja o nula cobertura vegetal y que son utilizados principalmente para actividades agrícolas o pecuarias. En el AI, la erosión dominante es moderada, en zonas con actividades agrícolas o en sitios con remoción de cobertura vegetal, sobre todo al W del AI. Solo se presentan áreas con erosión fuerte (50 a 200 ton/ha/año) en áreas al sur del AI. En cambio, en el AP predomina la baja erosión del suelo (< 10 ton/ha/año), como consecuencia de la dominancia de suelo con cobertura vegetal, que representa casi el 95% de la superficie del AP, así como por su topografía relativamente plana. Al retirar la cobertura de suelo en 1,406.854 ha, por el CUSTF del Proyecto, se incrementa el riesgo a la erosión del suelo y pasa de grado de erosión bajo a erosión moderada. La dinámica de erosión en el SAR y AI se mantendrán sin cambio alguno con el Proyecto, a menos que incremente la superficie agrícola. La erosión en el AP por la eliminación de la cobertura vegetal relacionada con el Proyecto, tendrá un grado moderado.
Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	Moderado (I = -36)	Baja (Vi = 0.3862)	En la parte alta de la microcuenca El Sapo, se ejecutará y desarrollará el Proyecto. Debido a la ejecución del Proyecto, las escorrentías en esta microcuenca se verían afectadas para los arroyos que atraviesan el AP. El Proyecto afectará la carga de agua superficial de manera distinta en cada etapa. Durante la etapa de Operación, las escorrentías aguas arriba del AP serán captadas y desviadas para restituirse a la cuenca hidrológica aguas abajo del AP, mientras que el agua de contacto será utilizada, tal como ha sido descrito en el Capítulo II de esta MIA-R. Durante las etapas de Cierre y Post-Cierre, se rehabilitará una porción del AP para que su escorrentía descargue al

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					medio ambiente, se continuará manejando el agua de contacto originada desde la tepetatera y la presa de jales; y se favorecerá la inundación del tajo.  La integración del agua superficial de contacto que caerá directamente por precipitación sobre las obras e instalaciones en el AP, representará una disminución de la carga de agua superficial en la microcuenca, por lo que se valoró la magnitud de este impacto utilizando la referencia de la

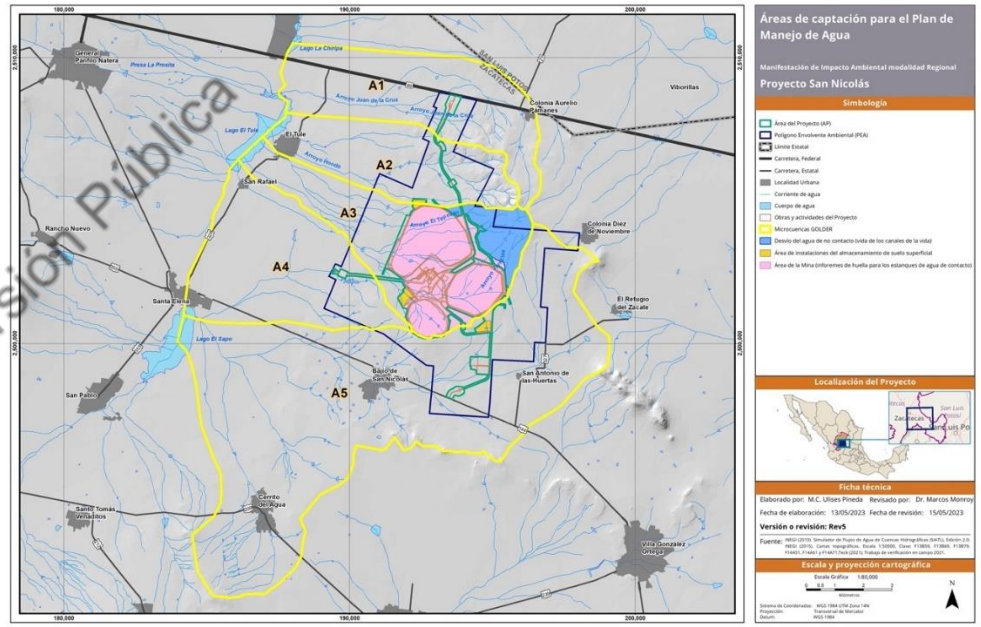
Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					NOM-011-CONAGUA-2015 que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Durante la etapa de Operación, el Proyecto causará una disminución del escurrimiento en la nanocuenca A3 que será capturado al ser agua de contacto para su uso en el proceso. El agua de no-contacto será derivada a nanocuencas adyacentes (A2 y A5), y el excedente de agua de laboreo será descargado aguas abajo del Proyecto, dentro de la misma nanocuenca A3, por lo que el impacto es limitado, como se describe enseguida.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					 Los cambios en las descargas promedio anuales de agua superficial en las nanocuencas A2, A3 y A5 durante la etapa de Operación fueron calculados. Las descargas de las nanocuencas A1 y A4 no son afectadas por el manejo de agua del Proyecto, ya que son derivadas aguas arriba desde los canales de captación y desvío de agua pluvial.

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					Considerando la descarga del agua de laboreo excedente, se tiene un aumento en las descargas promedio anual durante la etapa de Operación, representando un incremento de 1% para la microcuenca El Tule y de 6% para la microcuenca El Sapo con relación a la condición de línea base. Por otra parte, la descarga del agua de laboreo excedente ocurrirá de manera continua durante la etapa de Operación y Mantenimiento, y podría exacerbar la magnitud de las inundaciones que ocurren durante eventos extremos en la temporada de lluvias, sobre todo considerando la vulnerabilidad a las inundaciones debido al cambio climático. La población de la zona en especial donde se ubica el lago El Sapo muestra preocupaciones por las inundaciones que se han presentado en los últimos años. La comunidad de Santa Elena al norte del lago se encuentra solamente a unos metros sobre el nivel de agua del lago El Tule. Cualquier evento extraordinario que ocurra en la región incrementa el nivel del agua. Por lo tanto, una descarga adicional constante de agua por un tiempo considerable aguas arriba del lago podría aumentar el caudal de agua y llenar el lago. En el área que se localiza entre las instalaciones de la mina y de los lagos donde se descargan los escurrimientos (El Sapo y El Tule), se encuentran terrenos agrícolas que pueden ser también afectados por una descarga adicional de agua; aunque a lo largo de estos cauces intermitentes, existen bordos utilizados principalmente para fines de abrevadero. Se realizó un análisis hidrológico del arroyo principal que será afectado por el Proyecto, bajo un escenario extremo que asume que toda la descarga del agua en exceso se vierte en este arroyo, con lo cual también se incluye el escenario de un evento de precipitación extrema considerada en los escenarios de cambio climático. El estudio demostró que la cantidad de descarga de agua de exceso es mínima y que no ocurrirá ninguna alteración del ambiente. Con la posibilidad de utilizar los tres bordos del Ejido La Blanquita existe una opción adicional para controlar el agua aún más en eventos extraordinarios y evitar inundaciones aguas abajo en la zona agrícola; además de que estos bordos, bajo condiciones adecuadas, podrían favorecer condiciones de infiltración del agua de laboreo así descargada.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					Los cambios en las descargas promedios anuales de agua superficial en las nanocuencas A2, A3, A5 durante las etapas de Cierre y Post-Cierre fueron también evaluadas. Las descargas de las nanocuencas A1 y A4 no son afectadas por el manejo de agua del Proyecto durante estas etapas. El estudio hidrológico demostró que a nivel de microcuencas, los cambios en las descargas promedio anuales ocasionadas por el Proyecto durante las etapas de Cierre y Post-Cierre representan una disminución de apenas un 3% para la microcuenca El Tule y un aumento de 1% para la microcuenca El Sapo, con relación a la condición de línea base.
	Calidad	Variación en la calidad del agua superficial	Moderado (I = -32)	Muy Baja (Vi = 0.1474)	En el AP, el agua superficial de no-contacto, no tendrá interacción con obras o actividades del Proyecto. En las microcuencas hidrológicas donde será emplazado el AP, se dispondrán de obras aguas arriba para la captación y derivación del agua superficial, de tal manera que pueda reintegrarse a las escorrentías naturales de la misma microcuenca sin contacto con el Proyecto. En el caso de las escorrentías que atraviesan, al Norte y al sureste del AP, caminos de acceso, tampoco habrá interacción con las obras del Proyecto (en este caso caminos) ya que se construirán obras de drenaje que permitirán la libre escorrentía durante eventos de precipitación pluvial. Al no entrar en contacto con las obras y actividades del Proyecto, no se alterará la calidad química del agua superficial clasificada como de no-contacto. El agua superficial clasificada como de contacto formará parte del flujo de agua que se integrará para uso en el Proyecto, manteniéndose en circuito cerrado, sin descargas durante la vida operativa del Proyecto. Esta agua de contacto podría modificar su calidad química por su contacto con la fracción soluble de los minerales con contenidos metálicos durante el beneficio o en el agua recuperada de la presa de jales; sin embargo, su manejo será permanentemente en circuito cerrado. En el caso del agua recuperada por contacto con los almacenes temporales de suelo orgánico, podrá ser descargada como agua de no-contacto, por su naturaleza de interacción únicamente con el suelo orgánico.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					La calidad química del agua de contacto con la presa de jales y con la tepetatera podría alterarse por la generación de Drenaje Ácido de Roca (DAR) y la movilidad de metales solubles asociados al DAR. Podría esperarse la alteración de la calidad química del agua superficial si no se controlan los efluentes o lixiviados superficiales desde la presa de jales y la tepetatera. Por ello, se diseñaron en ambos depósitos de residuos mineros, sistemas para la captación y contención de efluentes y lixiviados que pudieran acompañar eventos de precipitación con periodos de retorno de 100 años, y dejando incluso un bordo libre de 3 m en las obras de contención, para evitar descargas y contaminación de agua superficial. Con relación al agua de laboreo proveniente del desagüe del área del tajo, toda fracción excedente que no sea integrada al plan de manejo de agua, será descargada a cauces para reintegrarse a la misma cuenca hidrológica, sin haber entrado en contacto con alguna obra o actividad del Proyecto, por lo que su calidad química no se alterará. La intensidad del impacto es mínima, y la importancia es moderada, considerando las medidas de control que serán aplicadas en el manejo del agua superficial. Adicionalmente, se prevé el establecimiento de un programa de monitoreo anual de la calidad química del agua superficial que incluye el muestreo en bordos aguas abajo del AP donde podría retenerse agua de no-contacto, sitios de descarga de agua de no-contacto y de agua de laboreo excedente que haya sido descargada y por tanto son sitios susceptibles para el monitoreo de su calidad química, comparando además con sitios ubicados aguas arriba del AP.
Agua subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	Moderado (I = -37)	Baja (Vi = 0.2455)	El AP se ubica en el límite administrativo de los acuíferos La Blanca y Loreto tal como están definidos por CONAGUA y representa aproximadamente el 2% de la superficie total de ambos acuíferos combinados. Sin embargo, la infraestructura que será desarrollada para el Proyecto dentro del AP se ubica casi en su totalidad (97%) dentro del límite administrativo del acuífero La Blanca. El Proyecto propone la construcción de infraestructura dentro del AP sobre una superficie de aproximadamente 1,041 ha donde se ubicarán instalaciones mineras de mayores dimensiones incluyendo el tajo, la

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					presa de jales, la tepetatera y la planta concentradora. La precipitación directa sobre las instalaciones del Proyecto será manejada como agua de contacto y almacenada para su utilización por el Proyecto. La captación de la precipitación que se produzca sobre la infraestructura del Proyecto generará una disminución en los volúmenes de lluvia que contribuyen a la recarga de los acuíferos, bajo las condiciones de línea base actuales. Se estimó que los valores de recarga en el AP se encuentran entre 10 y 30% de la Precipitación Promedio Anual, la cual se infiltra principalmente por los cauces permeables de los arroyos o de los depósitos aluviales durante la temporada de lluvias. Esta recarga rápida y reciente se muestra en la calidad de agua que generalmente contiene pocos solutos y una conductividad eléctrica baja. En una simulación hidráulica superficial, se estimó una recarga anual promedio de 42 mm (11.5% de la PPA), con contribuciones mayores en los cauces, donde la recarga anual alcanza 60 a 75 mm. Estos cálculos son consistentes con las observaciones hechas en el campo sobre los escurrimientos, con las pruebas de bombeo y con las pruebas de la permeabilidad de los sedimentos de los arroyos, por lo que se concluye que la tasa de recarga es sustancialmente más alta en los arroyos. Para estimar el impacto del Proyecto en la recarga de los acuíferos, se realizó una comparación de la recarga existente en el AP bajo condiciones de línea base con la pérdida de la recarga producida por la implementación del Proyecto. El cálculo del cambio de la recarga una vez implementado el Proyecto, considera la captación vigente en las superficies del AP que no son afectadas por obras e instalaciones, la captación por infiltración en áreas permeables aun cuando existan instalaciones (como es el caso de la tepetatera), y las superficies donde se asume de manera conservadora la pérdida de toda la recarga por el desarrollo del Proyecto. El estudio demostró a partir de la comparación de la recarga bajo condiciones de línea base y la recarga con el Proyecto, que existe una pérdida promedio de 41% durante la etapa de Operación del Proyecto equivalente a 6,955,983 m^3 de agua durante 17 años; lo cual representa apenas el 2% de la recarga del Acuífero La Blanca, de acuerdo a los datos publicados en el Diario Oficial de la Federación (2019), para el

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					ACUERDO por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales subterráneas del acuífero La Blanca, clave 3228, en el Estado de Zacatecas, Región Hidrológico-Administrativa VII, Cuencas Centrales del Norte.
	Calidad	Variación en la calidad del agua subterránea	Moderado (I = -36)	Baja (Vi = 0.2433)	Durante el desarrollo del Proyecto, la posibilidad del impacto por la variación de la calidad química del agua subterránea podría estar asociada a procesos tipo DAR y movilidad de metales solubles desde los depósitos de residuos mineros (tepetatera y presa de jales). Sin embargo, de acuerdo con las pruebas estáticas y cinéticas en muestras de ambos tipos de residuos para los diferentes tipos de roca en el depósito mineral que será beneficiado, solo una fracción de estos tipos de materiales tienen la capacidad de generar condiciones de alterar la calidad química de lixiviados y, por tanto, también con posibilidad de alterar la calidad química del agua subterránea. En el caso de la presa de jales, cualquier infiltración que pudiera alterar la calidad química del agua subterránea, por las condiciones hidrodinámicas del subsuelo y del gradiente hidráulico que el tajo abierto generará, hará que las infiltraciones se dirijan hacia el tajo, donde sería recuperada el agua infiltrada, sin modificar la calidad química del agua subterránea. De acuerdo con el modelo químico de la evolución del agua en el tajo al cierre del Proyecto, se tendrá una calidad química del agua del tajo similar a la calidad de la Línea Base Ambiental (LBA) reportada para el agua subterránea (Capítulo IV de esta MIA-R), la cual ya presenta un valor de la concentración media por arriba de los límites permisibles por la NOM-127-SSA1-2021 para arsénico, flúor, hierro y aluminio. Adicionalmente, se dispondrá como medida de mitigación un sistema para capturar filtraciones. En el caso de infiltraciones desde la tepetatera que pudieran alterar la calidad química del agua subterránea, se propone como medida de manejo adaptativo, la instalación de sistemas de recuperación del agua subterránea en los sitios más próximos a su origen, para su tratamiento, con la finalidad que cumplan con los límites normativos permisibles previa reincorporación al sistema hidrológico del SAR.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					Se contará con un Programa de Monitoreo de agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP, y en particular, de las principales obras y actividades del Proyecto, como lo serán el tajo, la tepetatera y la presa de jales. Se considera que la intensidad del impacto será media, impacto a medio plazo y persistente, reversible a largo plazo por procesos naturales (principalmente atenuación por procesos de dilución, precipitación y adsorción de contaminantes), y recuperable a corto plazo considerando la recuperación de infiltraciones para su tratamiento y cumplimiento de los límites permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-2021.
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	Moderado (I = -38)	Baja (Vi = 0.3932)	De una manera similar a la pérdida de la cobertura de suelo, este impacto es principalmente consecuencia de la ejecución del CUSTF en el AP en relación con el SAR, con una superficie de 102,890.146 ha. El AP representa una superficie de 1,455.492 ha, de las cuales 1,406.8543 representan los polígonos con cobertura vegetal donde se ejecutará el CUSTF lo que a su vez corresponde al 3.1% del total de la superficie forestal del SAR. La cobertura vegetal que será objeto de CUSTF, está caracterizada por vegetación del tipo matorral desértico micrófilo (1,323.3422 ha), matorral crasicaule (9.0596 ha) y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (74.4524 ha). Con el desarrollo del Proyecto, la superficie con cobertura de suelo orgánico y cobertura vegetal será objeto del CUSTF desde la etapa de preparación del sitio, lo que motivará la pérdida de cobertura vegetal de manera gradual durante un periodo de 4 años, con los consecuentes impactos asociados con la pérdida de biodiversidad, pérdida de capacidad de captura de carbono, y pérdida de sitios de alimentación, anidación y hábitat para fauna silvestre. Sin embargo, como parte de las medidas de mitigación, se aplicará el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en las 1,406.8543 ha, objeto del CUSTF, mediante el rescate de la totalidad de los individuos sanos de la especie listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se encuentren en las áreas del CUSTF, así como una fracción (20%) de especies endémicas y de interés biológico, en particular especies que son de lento crecimiento y difícil regeneración (**Anexo VI.2**).

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					Al final de la etapa de cierre, una vez que sean aplicadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, se ejecutarán acciones de revegetación en superficies restauradas del AP, que incluyen las coronas de las cubiertas diseñadas de la presa de jales y de la tepetatera. La revegetación de las áreas restauradas incluirá especies herbáceas y arbustivas características del matorral micrófilo. El impacto será mitigable, aunque podrá ser recuperable a largo plazo para restituir la cobertura vegetal, excepto en 520 ha sin restitución de la cobertura de suelo, puesto que corresponden a las superficies las obras permanentes como el tajo, el talud de la tepetatera, el talud de la presa de jales y canales de derivación, caminos y piletas para la recuperación y manejo de agua al cierre, por lo que solo el 37% de la superficie con cobertura de suelo orgánico y cobertura vegetal se perderá al cierre por la ejecución del Proyecto. Para compensar la pérdida de vegetación y la correspondiente capacidad de captura de carbono, impactos que tienen relevancia por el potencial incremento de los impactos asociados al cambio climático, se prevé la aplicación de acciones de revegetación de áreas degradadas o impactadas dentro del PEA, lo cual será determinado en función de la carga forestal actual, como parte del Estudio Técnico Justificativo para la Autorización del CUSTF del Proyecto.
	Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de flora clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y de	Moderado (I = -27)	Muy Baja (Vi = 0.1392)	El AP representa una superficie de 1,455.492 ha con vegetación forestal de matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo. En los matorrales primarios y en la vegetación secundaria arbustiva del AP, se localizan individuos de una especie de flora silvestre listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Coryphantha echinoidea*, **Pr**), así como individuos sanos de especies endémicas y de interés biológico, representadas principalmente por especies de lento crecimiento y difícil regeneración. El impacto por la remoción de individuos de estas especies en las 1,406.8543.9 ha dentro del AP, será de baja intensidad considerando la amplia distribución de los tipos de vegetación primaria y secundaria en el SAR, así como la amplia distribución de estas especies en la región del Altiplano

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
		interés biológico			Mexicano y en México (ver las fichas técnicas de estas especies en el **Apéndice VI.2.1** del **Anexo VI.2**). La vegetación primaria de ambos tipos de matorrales en el AP representa el 3% de la superficie con el mismo tipo de vegetación primaria en el SAR, por lo que la distribución de estas especies, no se ponen en riesgo con la remoción de la cubierta vegetal y la ejecución del Proyecto en la superficie del AP, superficie a la cual se limitará el impacto. El impacto se considera con una persistencia temporal y reversible a mediano plazo por procesos naturales, así como recuperable también a mediano plazo si se aplican medidas de mitigación, en este caso, la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, diseñado para recuperar el 100% de los individuos sanos de la especie listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010, y 20% de 13 especies endémicas y de interés biológico que tienen lento crecimiento y difícil regeneración. Los individuos rescatados, una vez reubicados, serán mantenidos y se les dará seguimiento y vigilancia durante un periodo de 5 años, para asegurar una sobrevivencia de al menos 80%. En caso de no alcanzar la sobrevivencia, el Proyecto previamente implementará la reproducción de estas especies en el vivero que será operado por el promovente en el AP, a partir de germoplasma nativo del SAR.
	Abundancia de especies	Variación en la abundancia de especies de vegetación forestal	Moderado (I = -33)	Baja (Vi = 0.2363)	Este impacto está asociado a la ejecución del CUSTF que se llevará a cabo en 1,406.8543 ha del AP por el desarrollo del Proyecto. La superficie con cobertura vegetal en el AP representa el 3% de la superficie con cobertura vegetal en el SAR. En el AP, el matorral desértico micrófilo se encuentra conservado y mantiene un alto grado de vegetación primaria, donde la dominancia son árboles de las especies *Prosopis laevigata* y *Yucca decipiens.* En el estrato arbustivo dominan *Larrea tridentata*, *Jatropha dioica* y *Mimosa aculeaticarpa*, mientras que en el estrato herbáceo sobresale la especie *Sanvitalia procumbens.* En el caso del matorral crasicaule en el AP, a pesar de que representa apenas 9 ha, se ha mantenido bien conservado, presentando algunos manchones con perturbación moderada. Las especies dominantes son: *Opuntia streptacantha, Acacia neovernicosa, Larrea tridentata, Muhlenbergia rigida, Yucca decipiens,* y *Mimosa aculeaticarpa.* En ambos tipos de

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					vegetación, los estratos arbustivo y herbáceo son los dominantes. *E*n el estrato arbustivo predominan las especies *Dalea bicolor y Mimosa aculeaticarpa* "Garabatillo" que presentan un elevado valor de densidad de individuos por hectárea y dominancia en cobertura, que resulta excesiva en el AP. En la superficie con cobertura vegetal del AP, se han identificado hasta 14 especies diferentes en el estrato arbóreo de los tres tipos de vegetación y más de 50 especies en el estrato arbustivo, distribuidas en superficies de vegetación primaria bien conservada. La reversibilidad del impacto ocurriría a largo plazo por procesos naturales, así como por el impacto asociado al cambio climático debido al incremento de la aridez asociada a la disminución de la precipitación pluvial y el incremento de la temperatura en los escenarios a mediano y largo plazo, mientras que si bien se considera como recuperable implementando medidas de mitigación, podría no alcanzarse una eficiencia que mantenga la abundancia de especies a mediano plazo, por lo que si bien es un impacto de baja significancia, sí se clasifica como recuperable a largo plazo dependiendo de la influencia del cambio climático. Para su recuperación, en la etapa de cierre se implementará el Programa de Restauración y Conservación de Suelos que incluye la revegetación de las áreas restauradas plantando especies herbáceas y arbustivas características de los matorrales primarios. Para ello, durante la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, se recuperarán semillas y germoplasma de especies características dominantes en los matorrales primarios del AP, para su mantenimiento e implantación como parte de las acciones de revegetación al Cierre del Proyecto. Asimismo, podrá compensarse la pérdida de vegetación mediante la revegetación de áreas degradadas e impactadas y con vegetación secundaria dentro del PEA.
Fauna	Especies de NOM-059 y	Variación en la abundancia de especies de	Moderado (I = -32)	Muy Baja (Vi = 0.1474)	De las 122 especies faunísticas registradas en el AP, 17 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una es anfibio: *Ambystoma velasci*, Pr; nueve son reptiles: *Sceloporus grammicus* Pr, *Hypsiglena jani* Pr, *Crotalus molossus* Pr, *Crotalus lepidus* Pr, *Crotalus*

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
	especies endémicas	fauna clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas			*scutulatus* Pr, *Kinosternon hirtipes* Pr, *Pituophis deppei* A, *Masticophis flagellum* A y *Thamnophis cyrtopsis* A; seis son aves: *Tachybaptus dominicus* Pr, *Accipiter cooperii* Pr, *Geranoaetus albicaudatus* Pr, *Falco peregrinus* Pr, *Anas diazi* A y *Falco mexicanus* A; y un mamífero: *Taxidea taxus* A. Adicionalmente, dos especies de anfibios y tres reptiles son de carácter endémico, lo que indica que tienen una distribución restringida a nivel nacional. En el caso de las aves, tres especies son semiendémicas: *Cynanthus latirostris*, *Tyrannus vociferus* y *Empidonax wrightii*, las cuales son especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año; y una especie es endémica: *Anas diazi*, cuya distribución geográfica se encuentra restringida a México. En el caso de los mamíferos solo una especie es endémica: *Peromyscus melanotis*. Para los anfibios y reptiles, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES. Para el grupo de las aves que se registraron (73 especies), se tiene que 69 especies tienen una categoría de "Preocupación menor" (LC-*Least Concern*) dentro de la lista roja del IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y cuatro especies se ubican dentro de la categoría "Casi Amenazada" (NT-*Near Threatened*): *Selasphorus rufus, Contopus cooperi*, *Lanius ludovicianus* y *Sturnella magna*. En el caso de los mamíferos, todas las especies registradas presentan categoría *Least Concern* en la lista roja de la IUCN. Trece especies se ubican dentro de los apéndices del CITES, de las cuales, doce se ubican dentro del apéndice II, pertenecientes diez al grupo de las aves: *Selasphorus rufus, Cynanthus latirostris, Circus hudsonius, Accipiter cooperii, Geranoaetus albicaudatus, Buteo jamaicensis, Caracara cheriway, Falco sparverius, Falco mexicanus* y *Bubo virginianus*; y dos mamíferos: *Pecari tajacu* y *Lynx rufus*; y una especie se ubica dentro del Apéndice I: *Falco peregrinus.* Todas estas especies se ubican también ampliamente en la cobertura vegetal del AI y del SAR. Considerando que el AP solo representa el 4% de la vegetación forestal del SAR, la intensidad del impacto será baja con una distribución limitada a las áreas CUSTF del AP. Su reversibilidad es a largo

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					plazo por procesos naturales, condicionado a la recuperación de su hábitat por presencia de cobertura vegetal. La recuperabilidad será a mediano plazo y depende de la aplicación de las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, que incluyan acciones eficientes de revegetación para promover e incentivar la restitución de hábitats para la fauna silvestre. El impacto sobre estas especies de fauna silvestre será mitigado por la ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, destinado a todas las especies de fauna silvestre particularmente en las etapas de Preparación del Sitio y de Construcción, asegurando la reubicación y sobrevivencia de la fauna. Medidas de mitigación adicionales serán implementadas para la protección de la fauna silvestre, tal como la instalación de bebederos, la construcción de pasos de fauna en los cauces que atraviesan los caminos de acceso al Proyecto y a lo largo del cerco perimetral de seguridad, la instalación de señalética de reducción de velocidad para disminuir el atropellamiento, y la instalación de dispositivos ahuyentadores.
	Abundancia y composición de especies	Variación en la composición de la fauna	Moderado (I = -32)	Baja (Vi = 0.2339)	El análisis de diversidad por cada grupo faunístico determinó que para el SAR, AI y AP el grupo de las aves fue el que presentó mayor diversidad con un valor de: 3.50 para el SAR; 3.33 para el AI y 3.30 para el AP, lo que se ha asociado a que las aves presentan un mayor rango de distribución, además de compartir diferentes tipos de ambientes entre especies, y muy pocas especies son específicas para algún tipo de hábitat. El grupo menos diverso fue el de los anfibios, seguido de los reptiles, los cuales presentan baja movilidad y lento desplazamiento, además de que muchas especies son específicas para cada hábitat y requieren condiciones óptimas para su sobrevivencia y reproducción, por lo cual se debe implementar medidas de mitigación específicas, tal que el Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, que deberá aplicarse a todos los individuos de especies de fauna silvestre, sea a través del ahuyentamiento para las especies voladoras y mastofauna de rápido desplazamiento; y el rescate y reubicación de especies de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y roedores). La reubicación de las especies rescatadas será ejecutada de manera específica en función del grupo faunístico y/o incluso de especie, en

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					función del hábitat y condiciones para asegurar su sobrevivencia. Esto representa para el AP: 4 especies de anfibios únicamente distribuidas en las áreas con alta humedad en el AP; 15 especies de reptiles, donde la familia mejor representada es la Colubridae con cinco especies, seguida por la Phrynosomatidae y la Viperidae con tres especies cada una; 73 especies de aves, donde el orden mejor representado es Passeriformes con 40 especies, y del cual las familias más numerosas fueron Tyranidae (papamoscas y tiranos) con 10 especies, y las familias Passerellidae (gorriones y zacatoneros) con 6 especies; y 30 especies de mamíferos, donde el orden mejor representado es el Carnívora con cinco familias y 7 especies; las familias con el mayor número de especies son Muridae y Vespertilionidae, con ocho y cinco especies cada una. El orden más numeroso es el Rodentia, con tres familias (Heteromydae, Muridae y Sciuridae), integrado por 12 especies. Al cierre del Proyecto, una vez ejecutadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, con las correspondientes acciones de revegetación de las áreas restauradas en el PEA, así como preservadas las áreas de reubicación de la flora silvestre rescatada, podrá contarse a mediano plazo con condiciones para que la fauna silvestre pueda desplazarse y reinicie la colonización de los hábitats restaurados. Bajo estas condiciones, si bien el impacto es de baja significancia, se considera un impacto residual con recuperación a mediano plazo, dependiente del éxito de las medidas de mitigación relacionadas con flora silvestre y agua superficial.
	Hábitat y movilidad de especies	Pérdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	Moderado (I = -36)	Baja (Vi = 0.2433)	Con la ejecución del CUSTF en el AP, no solo habrá remoción de la cubierta vegetal en 1,406.8543 ha, sino también la pérdida de hábitats para la fauna silvestre y de sitios preferentes para su desplazamiento, considerando que la cubierta vegetal representa el 95% de la superficie del AP. El impacto se clasifica con una intensidad media, considerando que estos hábitats representan 3% de la superficie con cobertura forestal del SAR y el 16% de la superficie con cobertura vegetal en el AI. Su extensión se limita a los polígonos con cobertura forestal en el AP, y su reversibilidad se considera a largo plazo, siendo su recuperabilidad también de medio a largo plazo considerando el tiempo

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					para la restitución de los hábitats para la fauna después de aplicar la restauración y la reconstitución de la cubierta vegetal al cierre del Proyecto. Al cierre del Proyecto, una vez ejecutadas las acciones de restauración y revegetación del AP, así como preservadas las áreas de reubicación de la flora silvestre rescatada, podrá contarse a mediano/largo plazo con las condiciones para que la fauna silvestre pueda desplazarse y reinicie la colonización de los hábitats restaurados. Bajo estas condiciones, si bien el impacto es de baja significancia, se considera un impacto residual con recuperación a mediano plazo, dependiente del éxito de las medidas de mitigación relacionadas con flora silvestre y agua superficial. Medidas de mitigación que serán implementadas para la protección de la fauna silvestre, incluyen: la instalación de bebederos, la construcción de pasos de fauna en los cauces que atraviesan los caminos de acceso al Proyecto y a lo largo del cerco perimetral de seguridad, la instalación de señalética de reducción de velocidad para disminuir el atropellamiento, y la instalación de dispositivos ahuyentadores. Las acciones de mitigación y de compensación se consideran necesarias en el AP y PEA del Proyecto puesto que con ello se mitiga también la influencia que podría tener el cambio climático en el mediano y largo plazo, provocado con el incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación pluvial.
Paisaje	Calidad Paisajística	Variación de la calidad escénica	Moderada (I = -45)	Baja (Vi = 0.2621)	El paisaje dentro del SAR presenta tanto una calidad visual baja y una calidad visual media, mientras que la fragilidad se considera en forma general una baja fragilidad visual y una capacidad de absorción y respuesta del paisaje ante cualquier actividad proyectada en dicha superficie como moderada, debido a que algunos sitios presentan evidencia de actividades antrópicas como las carreteras, infraestructura eléctrica que incluye estructuras de soporte y cableado de baja y alta tensión eléctrica, cercados, áreas agrícolas e infraestructura urbana, pero también se combina, en su mayoría, con zonas sin evidencia antrópicas o modificaciones en menor grado. En general, en el AP el paisaje tiene un impacto moderado por las actividades antrópicas, entre las que dominan se

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					encuentran las grandes áreas agrícolas alrededor del Proyecto, la cubierta vegetal de tipo matorral y las especies que las componen; por lo tanto, la modificación al paisaje dentro del SAR, AI y AP está ya influenciada por actividades antrópicas con infraestructura urbana dominante. En cuanto a la variación de la calidad paisajística, se analizó desde la perspectiva de diferentes observadores que se posicionen en algún punto de referencia respecto al Proyecto, en este caso desde los centros de población en el AI del Proyecto o desde las áreas de mayor desplazamiento, o de frecuencia de las comunidades, en este caso, los caminos y áreas de trabajo agrícola. Se eligieron varios puntos de observación para analizar la calidad paisajística con la implementación del Proyecto. La calidad paisajística, en todos los puntos de observación, está dominada por elementos antrópicos, tales como carreteras, caminos, cercados, estructuras de transmisión eléctrica y campos agrícolas, particularmente los ubicados desde el oeste y sur-sureste del AI. Esto hace que los paisajes no sean monocromáticos, aunque tampoco son dominados por ambientes con vegetación forestal primaria, que hace que la calidad paisajística sea moderada a baja. Las principales topoformas que se presentan en AP, AI y SAR son lomeríos y llanuras, con una altura de la vegetación relativamente baja, así que, los rayos visuales de los observadores fluyen libremente de todas las direcciones con el mínimo de restricciones visuales. La zona Noreste del AP y zona contigua a esta porción, donde se ubica el Cerro Los Carros, es una zona elevada que se considera como barrera ante efectos visuales en direcciones Nor-noreste (NNE), Noreste (NE) y Este-noreste (ENE). Al no apreciarse las estructuras mayores con el desarrollo del Proyecto, o bien únicamente la parte más elevada de la tepetatera, en un horizonte lejano de cada punto de observación, la calidad visual prácticamente no será alterada con el Proyecto. Adicionalmente, terminada la vida útil del Proyecto se buscará mitigar los impactos al paisaje con las medidas establecidas para la restauración y revegetación del AP, incluidas las actividades de limpieza, entre otras, cuyo objetivo será que el ecosistema tenga una

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					recuperación gradual que permita el recobro de los servicios ambientales y que los elementos naturales sean protagonistas.
Social	Servicios públicos e infraestructura	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento del tráfico	Moderado (-32)	Muy Baja (Vi = 0.1474)	La ubicación del Proyecto se caracteriza por tener un buen acceso al transporte terrestre y a diversos centros de población y áreas industriales. La propiedad San Nicolás está ubicada aproximadamente a 60 km al sureste de la ciudad de Zacatecas. La propiedad es fácilmente accesible por carretera desde Zacatecas, la capital del Estado de Zacatecas (75 km), Salinas de Hidalgo en el Estado de San Luis Potosí (25 km), San Luis Potosí (140 km) y Aguascalientes, la capital del Estado de Aguascalientes. (120 km). Se encuentra aproximadamente a 8 km al sur de la Carretera 49, que va de Zacatecas a San Luis Potosí, a unos 3 km al norte de la Carretera 144 y a unos 4 km al noreste de Bajío de San Nicolás. El SAR y el AI del Proyecto se ubican en una zona con dos vías de comunicación relevantes. Estas son: [i] la autopista federal 49, que comunica las ciudades de San Luis Potosí y Zacatecas; y [ii] la carretera estatal 144, que une los municipios de Ojocaliente, General Pánfilo Natera, Villa González Ortega, Noria de Ángeles y Pinos. El principal acceso al Municipio de Villa González Ortega es la carretera estatal 144, que enlaza los centros urbanos municipales de las demarcaciones de Ojocaliente, General Pánfilo Natera, Villa González Ortega, Noria de Ángeles y Pinos, además, por esta ruta se tiene acceso tanto a San Luis Potosí como a Jalisco. Esta vía central que se constituye como la principal arteria que conecta el sureste zacatecano se vincula con dos autopistas federales, las carreteras 45 y 49, que conducen a las ciudades de Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí. La carretera federal 49 registra un índice TDPA de 3,918 vehículos en dirección Salinas de Hidalgo hacia el entronque Arcinas (SE-NW), mientras que en el sentido opuesto, es decir desde el entronque Arcinas hacia Salinas de Hidalgo (NWO-SE) el índice TDPA es de 3,239. La carretera estatal 144 registra un índice TDPA de 1,899 vehículos, en ambos sentidos de la vía. El impacto en la afectación al transporte en las vías de comunicación Federal y Estatal debido al incremento de tráfico resultante de las diversas actividades del Proyecto se ha caracterizado a partir

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					del análisis que implica considerar la contribución que el Proyecto tendrá en el incremento del tráfico dentro del AI a lo largo de la vida del Proyecto, debido principalmente a: [i] la transportación del concentrado desde la planta de proceso y hasta su sitio final de embarque, utilizando como vía de ingreso y salida la autopista federal 49; [ii] la transportación de proveedores y contratistas utilizando como vía de ingreso y salida la autopista federal 49; y [iii] la transportación de trabajadores, utilizando como vía de ingreso y salida la carretera estatal 144. El desarrollo del Proyecto contribuirá con un incremento del 1.4% del Índice de Transporte Diario Promedio Anual (TDPA) en la carretera federal 49, durante el ciclo de la vida del Proyecto, a causa del transporte de carga de concentrados, equivalente a un promedio diario de 48 viajes a lo largo de 15 años estimados para la producción. Tratándose de proveedores, el Proyecto aportará un incremento del 0.5% al Índice de Transporte Diario Promedio Anual (TDPA) en la carretera federal 49, lo que equivale a un promedio diario de 17 viajes, a lo largo de 18 años, incluyendo las etapas de construcción y operación. En lo que se refiere a transporte de trabajadores, el desarrollo del Proyecto contribuirá con un incremento del 3.5% del Índice de Transporte Diario Promedio Anual (TDPA) en la carretera estatal 144, durante el ciclo de la vida del Proyecto, a causa de los desplazamientos de los trabajadores, tanto en vehículos privados como colectivos, a razón de un promedio diario de 66 viajes, a lo largo de 18 años. El transporte de bienes y personas durante el ciclo de vida del Proyecto incrementará el índice TDPA estimado por hora en aproximadamente 1.2% y 1.5% en cada sentido de la carretera federal 49 y en 3.5% en la carretera 144, incluyendo ambos sentidos. Por consiguiente, la intensidad se valora como baja o mínima. Las contribuciones del Proyecto estarán muy localizadas en el tramo de interconexión con la carretera 49, para el transporte de carga, y en la carretera estatal 144, principalmente en el tramo comprendido entre General Pánfilo Natera y Villa González Ortega. Conforme a los criterios de valoración aplicados, se califica como amplio o extenso. Desde la etapa

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					de preparación y construcción será necesario el transporte de bienes y personas, por ambas intersecciones de las carreteras 49 y 144. Las principales contribuciones inician en la carretera estatal 144 y posteriormente en la carretera federal 49. Por ello, se califica como un plazo de manifestación a corto plazo. Las necesidades de transporte tendrán una duración homologada al ciclo de vida del Proyecto, durante las diferentes etapas. Por lo tanto, la permanencia del efecto se estima persistente. Las medidas de mitigación y monitoreo propuestas para la disminución y en su caso eliminación de los potenciales efectos negativos que este impacto podría ocasionar por las contribuciones del Proyecto al tráfico vehicular en las carreteras 49 y 144, dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) se enlistan a continuación: • Diseño y construcción de los entronques y carriles de aceleración y desaceleración de los caminos de acceso con las carreteras 49 y 144. Contribuyen a agilizar el tráfico y a mejorar la seguridad. • Entrenamiento y capacitación en cultura vial y reglamento de tránsito a todo el personal, proveedores y contratistas, conductores y/o usuarios de las vías de comunicación. • Contratación de proveedores de transporte, tanto para bienes como personas, debidamente acreditados y certificados en el cumplimiento de las normativas existentes. • Implementación y utilización del sistema de transporte de personal con rutas y horarios definidos. • Programa de inspección y mantenimiento periódico preventivo. • Control de monitoreo de velocidad y rutas de transporte. • Diseñar e implementar la promoción de campañas que alienten el uso compartido de vehículos ligeros para la reducción de traslados, fomentando la participación y la sensibilización de los trabajadores y proveedores.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					• Implementación de un plan de cultura vial segura y responsable dentro del AI del Proyecto a través del Plan de Gestión Social. • Colaborar institucionalmente con las instancias correspondientes para evaluar, diseñar e implementar acciones compartidas que resulten en tareas de mantenimiento, señalética y mejora de las vías de comunicación compartidas por el Proyecto y las comunidades dentro del AI, particularmente en la carretera estatal 144 y los caminos municipales en el AI.
	Acceso a la tierra	Cambios y modificaciones en los patrones de usos de la tierra	Moderado (I = -44)	Baja (Vi = 0.2601)	Con la ejecución del Proyecto, habrá una modificación en los patrones de uso de la tierra, particularmente en el AP, e incluso en el denominado Polígono Envolvente Ambiental (PEA), donde se contará con la legal posesión de los predios, sea a través de su adquisición total o mediante convenios de ocupación temporal con los propietarios de las tierras. En el caso de las tierras ejidales, una porción del AP y del PEA corresponden a tierras de los Ejidos Pánfilo Natera La Blanca y Bajío de San Nicolás. El Ejido Pánfilo Natera La Blanca cuenta con una superficie total de 2,323 ha, de las cuales 448 ha (19.2%) serán consideradas para acuerdo de ocupación temporal por el Proyecto; mientras que el Ejido Bajío de San Nicolás cuenta con una superficie total de 1,777 ha, de las cuales 185 ha (10.4%) serán consideradas para acuerdo de ocupación temporal por el Proyecto. El uso, previo inicio del Proyecto, de la tierra en el AP corresponde en un 95% a vegetación forestal, con uso de la tierra preferentemente para actividades de agostadero, mientras que la tierra dedicada a actividad agrícola en el AP corresponde únicamente al 2% (53 ha). En el PEA, 92% corresponde a vegetación forestal, con uso de la tierra preferentemente de agostadero, mientras que la tierra dedicada a la actividad agrícola es del 6% (285 ha). Con la ejecución del Proyecto, se hará el cambio del uso de suelo de trámite Municipal a uso industrial con actividad en el sector minero, en una superficie que corresponde al PEA por 4,681.6860 ha; de las cuales, 2,371.9091 ha corresponden al AP.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					El impacto se clasifica con intensidad alta, con extensión amplia que alcanza al PEA, y de impacto inmediato, persistente e irreversible, particularmente en las áreas con obras permanentes, tales como el tajo, presa de jales y tepetatera. En particular, se considera impacto irreversible porque si bien al cierre del Proyecto se ejecutarán acciones de restauración de suelos y de revegetación, con lo que se pretende reconstituir a largo plazo áreas con vegetación forestal y hábitats para la fauna silvestre, no se prevé regrese el uso de suelo a agostadero o agrícola, excepto en las tierras con convenio de ocupación temporal, particularmente las ejidales.
	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua	Moderado (I = --40)	Baja (Vi = 0.2520)	Las actividades del Proyecto podrían ocasionar impactos en algunas fuentes secundarias de aprovechamiento de agua somera (pozos someros y norias) de uso doméstico y público dentro del AI, más no en el AP. Estos efectos no impactarán las fuentes primarias de agua subterránea, consistentes en pozos profundos, garantizando con ello el acceso al agua para la población ubicada en las comunidades del AI. Para compensar los efectos de dichos impactos, se ha diseñado un programa social de acceso al agua, con el propósito de mejorar las fuentes de aprovechamiento mediante obras y acciones concretas, con lo cual se asegurará que, con el Proyecto en operación, las comunidades localizadas dentro del Área de Influencia tendrán igual o mejor acceso al agua. Dentro del AI, existen diversos niveles de acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, proporcionados por los servicios municipales, así como a fuentes alternativas de agua a través de norias. Se tiene registrado un total de 1,711 viviendas habitadas, de las cuales 98% disponen de acceso a la red de distribución de agua potable. El 98.5% de la población cuenta con agua potable proveniente de pozos profundos, el 93.4% de las viviendas tienen acceso a un sistema de drenaje sanitario. Además, el 8% del total de las viviendas cuenta con acceso a una noria de traspatio. En lo referido al acceso a la red de distribución de agua potable, los pozos municipales profundos que actualmente suministran el agua en los diferentes centros de población del AI no serán afectados por el Proyecto. El programa de acceso al agua busca impactar positivamente la infraestructura actual del suministro y distribución del agua para consumo humano dentro del AI y como consecuencia de la ejecución de esta estrategia, el impacto en el acceso al sistema de distribución de agua potable se considera positivo y de importancia baja.

Versión Pública

Cuadro V.14 Descripción de los impactos con categoría de Importancia baja a moderada, que podrían ser producidos por las actividades del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Importancia (Valor de Importancia)	Categoría de Significancia (Valor Impacto)	Descripción del Impacto
					En los aprovechamientos de agua subterránea de las comunidades de Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera y Colonia Aguiña, se pronostica una disminución gradual que llegaría a alcanzar entre 5 y 50 m. En estos centros poblados, se estima que algunos de los pozos someros o norias serían impactados por tener menos de 10 m de profundidad; así como 4 norias públicas existentes. Para una revisión más detallada puede consultarse el Programa de Acceso Social al Agua (**Anexo VI.8**).
	Vivienda	Incremento en la demanda de vivienda	Moderada (I = -40)	Baja (Vi = 0.4000)	Con la ejecución del Proyecto, podría incrementarse la demanda de vivienda, en particular en las etapas de preparación del sitio y de construcción, donde se prevé contar con una plantilla hasta de 900 empleos directos y 3,600 empleos indirectos durante un periodo de 2 años. Si bien, una parte importante corresponderá al empleo de personal local, para las labores de construcción y de preparación del terreno, también se prevé la incorporación de profesionistas especializados en la instalación de los equipos y en servicios de ingeniería y tecnología minera, de origen nacional e incluso internacional. Con el incremento en la demanda de vivienda, no solo se asocia la falta de disponibilidad de infraestructura local y regional, sino también el incremento del costo de la vivienda, por el incremento de la demanda y la correspondiente baja oferta que existe. Cabe destacar que tan solo en los últimos diez años, con el crecimiento poblacional registrado en el SAR, se ha duplicado el número de viviendas habitadas, por lo que la oferta de vivienda es relativamente baja. Por lo que, la intensidad del impacto es alta, con una extensión que podría distribuirse hasta más allá de la escala del SAR y con un efecto directo. Para mitigar este impacto de manera directa e inmediata, el Proyecto contará con un campamento en el AP durante las etapas de preparación del sitio y de construcción, así como durante la operación, con lo que se pretende disminuir la demanda de la vivienda en el AI. Asimismo, se contará con un campamento para la etapa de Operación-Mantenimiento, con lo cual se mitiga este impacto asociado a la demanda de la vivienda. Adicionalmente, la estrategia de empleo que privilegia la contratación de personas que ya vivan en el AI y el SAR, también permitiría mitigar el potencial aumento en la demanda de vivienda.

Versión pública

Continuando con la aplicación de la metodología de EIA validada por SEMARNAT (http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html, enseguida se presenta una descripción de los dos únicos impactos adversos clasificados como severos asociados al Proyecto.

V.3.3.3. Impactos Adversos Severos

V.3.3.3.1. Disminución del nivel freático

En el caso del Proyecto, el desaguado del agua de laboreo tiene el propósito de disminuir los niveles piezométricos en el área del minado superficial, permitiendo de esta manera las actividades de extracción de roca del área del tajo y del minado del yacimiento bajo condiciones seguras, por debajo del nivel freático, conforme lo obliga el apéndice B inciso B1.2 de la NOM-023-STPS-2003, que establece requerimientos mínimos de seguridad y salud para actividades de minado superficial. El proyecto minero se localiza en una zona elevada que delimita los acuíferos aluviales La Blanca en el noroeste y Loreto en el sureste. El agua que será utilizada para el proyecto será obtenida por medio del desagüe de las obras de minado superficial, proveniente del acuífero La Blanca. El subsuelo de la mina está caracterizado por una alta complejidad estructural donde los procesos tectónicos tuvieron un importante efecto sobre las rocas existentes, reflejadas en fallas y fracturas que determinan condiciones hidráulicas muy específicas en el AP. Dentro de estas estructuras tectónicas se localiza el yacimiento que forma, junto con las rocas volcánicas adyacentes, un acuífero oblongo en forma de cono de alta permeabilidad, sumergiéndose hacia el suroeste con una dimensión de 1,400 m x 800 m x 650 m. Este acuífero homogéneo está delimitado por el sistema de fallas La Panza, que incluye una falla sumergiendo al NE y su conjugada que sumerge hacia el suroeste. Las dos fallas son altamente permeables. Este sistema acuífero está encajado en unidades geológicas de baja a moderada conductividad.

Versión Pública

El nivel freático del agua subterránea se localiza en esta zona a una profundidad que va de los 10 a 30 m hasta los 100 a 150 m, mientras la zona mineralizada se extiende en dirección vertical hasta una profundidad de alrededor 600 m, por lo cual se requiere un régimen de bombeo de agua subterránea que según el avance de la extracción del mineral pueda mantenerse prolongado durante los años de la operación de la mina para mantener un nivel de agua subterránea abatido y constante, para aprovechar la zona mineralizada.

Con un programa de simulación tridimensional de elementos finitos (FEFLOW 7.2), se realizó un análisis de las condiciones del acuífero previo inicio del Proyecto y un modelo del comportamiento del acuífero ante una intervención en los niveles de agua. Entre los objetivos del modelo se enlistan 1) la predicción de entradas de flujos al tajo, 2) la evaluación de los desagües,

3) la estimación de la disminución, y 4) las tasas de infiltración, su dirección e impactos potenciales. Cabe señalar que, en este modelo, se excluye el efecto acumulativo en los niveles de agua que disminuyen producto de las actividades actuales de bombeo de otros usuarios, como los de uso pecuario y agrícola.

Valoración del impacto. Al arranque del Proyecto se estima una cantidad de desagüe de 40 a 60 L/s, que aumentará durante los años de la operación de la mina de 100 a 130 L/s, para bajar los niveles de agua subterránea en el área de la mina. Para alcanzar las cantidades de extracción de agua, se propone la instalación de varios pozos de desagüe, ubicados e instalados en diferentes sitios alrededor del tajo y también en el interior, los cuales cambiarán de ubicación conforme se desarrolle la mina. El bombeo constante del agua subterránea para mantener el nivel de agua a una profundidad que permita la extracción del mineral, provocará un área de disminución que irá ampliándose y que no se limitará al área de la mina, sino que se extenderá según las condiciones del subsuelo y del gradiente hidráulico a un área mayor, que no superará los límites del AI. Mediante un modelo de elementos finitos se calcularon escenarios de disminución y su progresión en el espacio con el avance de la operación del desagüe para asegurar la operación del tajo.

Versión Pública

En el primer año del bombeo se concentra la disminución de los niveles de agua entre las fallas La Tamara y El Perro, donde la zona de disminución se extendería al NE y al SW a lo largo de las fallas con una profundidad máxima de 20 m en el centro del bombeo. Al segundo año de la operación de la mina, se extendería la zona al M-NW donde se localiza la falla El Tule y al SW donde se toca la falla San Nicolás Norte, donde se presentaría una disminución a una profundidad de 2 m, el cual en el cuarto año llega a la población de Bajío de San Nicolás, hasta la falla San Nicolás Sur. El cono de disminución alcanzaría una profundidad de 200 m en el centro de la mina y en la población Bajío de San Nicolás se registraría una profundidad de apenas 5 m. Al noveno año de la operación de la mina se presentaría la zona de disminución encajada entre las fallas El Tule en el oeste y Tamara en el este, con una extensión al sureste donde se localiza entre las fallas La Panza y San Nicolás. En Bajío de San Nicolás bajaría el nivel de agua a 10 m. En la **Figura V.2**, se observa la zona de disminución al último año de operación de la mina con una imagen parecida al noveno año de la operación de la mina. En Bajío de San Nicolás se registraría una disminución aproximada de 20 m en el límite norte de la población. Como criterio de referencia para el modelado del crecimiento espacial del cono de disminución, se consideró el criterio de profundidad a 5 m (**Cuadro V.15**), puesto que es la profundidad promedio de las norias de traspatio existentes en algunas viviendas locales en algunos centros poblados, para acceder a una fuente secundaria de agua para sus requerimientos diarios, además del agua municipal, que es la principal fuente de abastecimiento (uso y consumo humano).

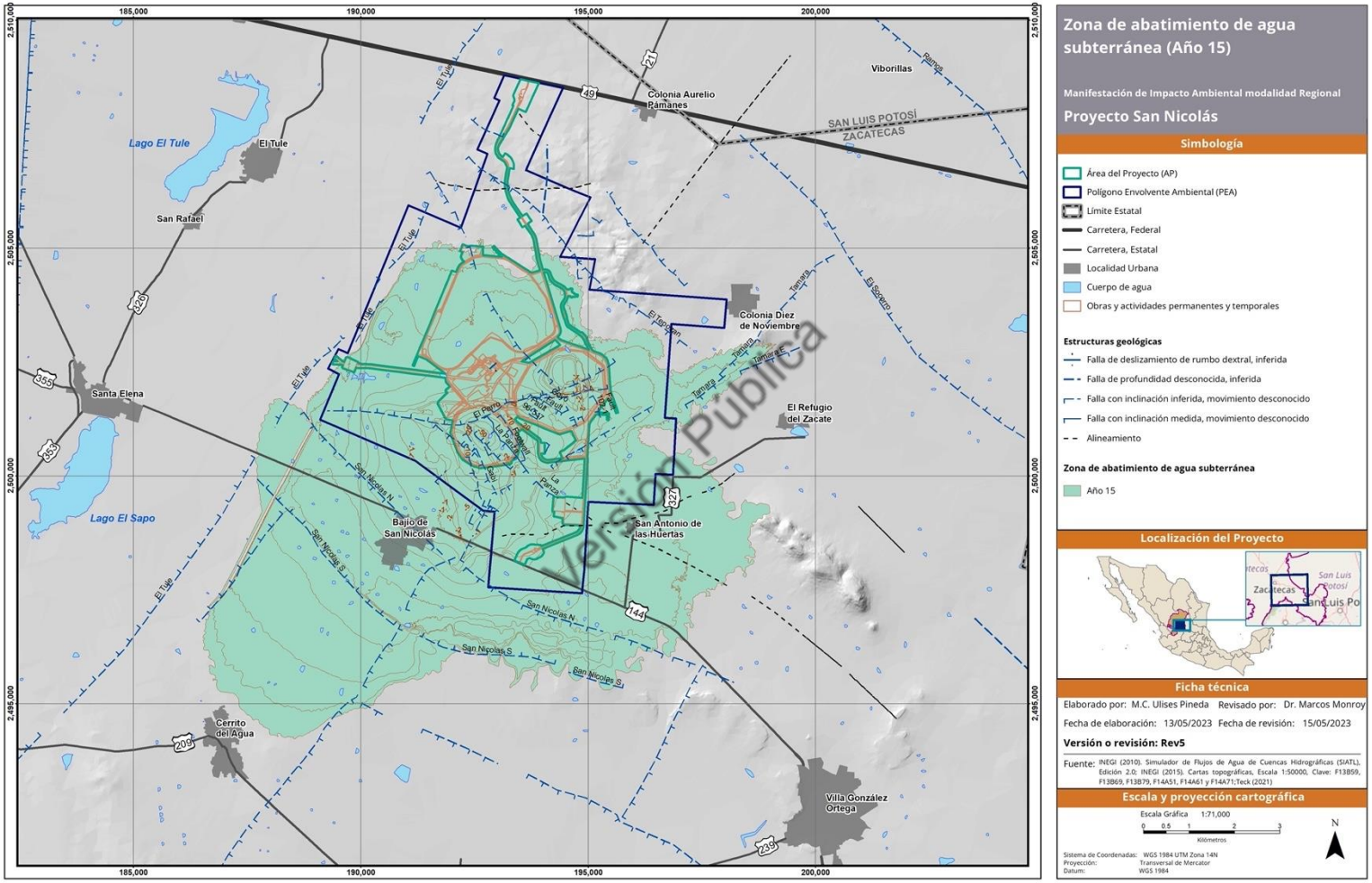


Figura V.2 La zona de disminución del nivel estático al último año de la operación de la mina.

Cuadro V.15 Evolución modelada de la amplitud en superficie de la disminución del agua subterránea a una profundidad estimada de 5 m, en diferentes periodos del ciclo de vida operativo del Proyecto.

Año del ciclo de vida del Proyecto	Superficie del cono a 5 m de profundidad (ha)	% de la superficie del AI	% de la superficie del SAR
2	288.9792	2%	0%
3	562.1888	3%	1%
5	1,084.9457	6%	1%
7	1,397.1242	8%	1%
12	2,510.0680	15%	2%
18	4,028.2164	24%	4%
27	5,586.7935	33%	5%

Versión Pública

Las fallas son factores importantes en el comportamiento del avance del cono. Sus características hidráulicas favorecen el avance de la disminución de la zona de la mina o impiden un progreso notable. Algunas fallas detectadas en el sitio están rellenas con material fino conocido como "harina de falla" que se formó durante el movimiento de los planos de la falla. Cuando existe este material, las fallas se convierten en una barrera hidráulica, como es el caso de la falla El Tule que forma el límite oriental del acuífero administrativo La Blanca al oeste de San Nicolás. En este sitio no existe una conexión hidráulica por la falla, por lo que la disminución no se extenderá hacia el oeste del acuífero La Blanca.

El comportamiento específico de las unidades litológicas en el subsuelo y el efecto acumulativo de la explotación intensiva de los pozos de uso agrícola y pecuario (que representan más del 80% del aprovechamiento del agua subterránea en ambos acuíferos), al oeste del AI, podrían provocar que el comportamiento del cono de disminución presente condiciones particulares localizadas y que resulten en su extensión hacia el oeste más allá de la falla El Tule.

Todas las rocas en el AP presentan una conductividad hidráulica baja a moderada. Solamente el área mineralizada presenta una conductividad alta. De acuerdo con la simulación hidráulica, se espera una disminución de no más de 4 m en San Antonio de las Huertas, mientras que en las Colonias Diez de Noviembre y Pámanes Escobedo este cálculo sería de solo 1 m, al final de la Operación. Al final, se espera una recuperación de los niveles del agua subterránea en el cono de disminución. En Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas, se quedarían a un nivel de agua a 1 m abajo del actual.

Algunas de las potenciales consecuencias provocadas por la disminución del nivel freático asociado al desagüe del área del minado superficial, serían las siguientes:

- Disminución de la carga hidráulica alrededor de las zonas de extracción;
- Posibles cambios en la dirección del flujo del agua subterránea;
- Reducción progresiva del nivel de agua actual en algunas norias someras en el mediano plazo.

Una vez considerado el escenario anterior, se procedió a la revisión del cálculo del valor del impacto provocado por la disminución del nivel freático, lo cual se reporta en el **Cuadro V.16,** confirmando que se trata de un impacto SEVERO, que requiere la aplicación de medidas de mitigación y de compensación que se describirán en el Capítulo VI de esta MIA-R.

Cuadro V.16 Valoración del Impacto Residual por la disminución del nivel freático durante el desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

Atributo	Catálogo de Clasificación	Valoración
A = Atributo	(-) Adverso (+) Benéfico	**-**
IN = Intensidad	1 Baja o Mínima 2 Media 4 Alta 8 Muy Alta 12 Total	**2**
EX = Extensión	1 Puntual 2 Parcial 4 Amplio o Extenso 8 Total 12 Crítico	**8**
MO = Momento	1 Largo Plazo 2 Medio Plazo 3 Corto Plazo 4 Inmediato 8 Crítico	**3**
PE = Persistencia	1 Fugaz o Efímero 1 Momentáneo 2 Temporal o Transitorio 3 Pertinaz o Persistente 4 Permanente y Constante	**4**
RV = Reversibilidad	1 Corto Plazo 2 Medio Plazo 3 Largo Plazo 4 Irreversible	**4**

Cuadro V.16 Valoración del Impacto Residual por la disminución del nivel freático durante el desarrollo del Proyecto.

Atributo	Catálogo de Clasificación	Valoración
SI = Sinergia	1 Sin Sinergismo o Simple 2 Sinergismo Moderado 4 Muy Sinérgico	**2**
AC = Acumulación	1 Simple 4 Acumulativo	**4**
EF = Efecto	1 Indirecto o Secundario 4 Directo o Primario	**4**
PR = Periodicidad	1 Irregular 2 Periódico o Regularidad Intermitente 4 Continuo	**4**
MC = Recuperabilidad	1 Recuperable de Manera Inmediata 2 Recuperable a Corto Plazo 3 Recuperable a Medio Plazo 4 Recuperable a Largo Plazo 8 Irrecuperable	**8**
IMPORTANCIA		**-51**

Versión Pública

Medidas de Mitigación y Compensación. Para mitigar el impacto residual por la disminución del nivel freático durante el desarrollo del Proyecto, se proponen las siguientes medidas de mitigación:

- *Retorno a la cuenca hidrológica del excedente del agua de laboreo*, a través de una descarga distribuida en cauces que disponen de bordos para favorecer su infiltración.
- Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero.
- *Control de la evaporación durante el proceso progresivo del llenado natural del tajo*, para acelerar este proceso natural, favoreciendo con ello la recuperación del nivel estático del agua subterránea, y lo cual se implementará durante las etapas de cierre y post-cierre.
- *Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua*, con el propósito de mejorar el acceso al agua en calidad y suficiencia para el uso y consumo de las comunidades localizadas dentro del AI, se propone implementar una serie de medidas y acciones para contribuir con el mejoramiento de la infraestructura, lo que brindará beneficios en la calidad de vida, la salud y la economía de las localidades, la cual será explicada enseguida en la atención al impacto social (**Anexo VI.8**).

V.3.3.3.2. Alteración de la cuenca visual

Para analizar la alteración de la cuenca visual, considerando que es un atributo perceptual, se evaluó la alteración de la cuenca visual con respecto a su línea base, sin la presencia del Proyecto y una vez implementado el Proyecto, con todas sus estructuras mayores. En la **Figura V.3** se aprecia la cuenca visual previo inicio del Proyecto, que, como se aprecia, cubre una extensa superficie, particularmente al extremo poniente del SAR, área de menor elevación topográfica. Esta cuenca visual cubre una superficie de 42,993.29 ha, lo cual representa el 43.4% de la superficie total del SAR.

Sin embargo, esta cuenca visual podría verse alterada por el desarrollo de estructuras mayores en el Proyecto, en particular, las dos grandes estructuras que sobresaldrán del perfil de terreno: [i] la presa de jales, diseñada para tener una altura máxima de 70 m; y [ii] la tepetatera o depósito de roca estéril, estructura diseñada para ser construida, desde la base hasta su cresta, mediante bancos de 30 m de altura, hasta alcanzar una altura máxima de casi 120 m en la elevación 2,255 msnm. Estas estructuras sobresaldrán del terreno, prácticamente plano, que predomina en el AP (**Figura V.4**).

Con la existencia de las estructuras mayores desarrolladas por el Proyecto (presa de jales y tepetatera), la cuenca visual se incrementa, el campo visual se amplía hacia el AP y lo cubre casi en su totalidad, así como un área al norte del SAR (**Figura V.4** y **Figura V.5**). Con el desarrollo del Proyecto, la cuenca visual cubrirá una superficie de 61,548.70 ha, que representa el 62.1% de la superficie total del SAR. La cuenca visual cubre en más del 85% el AI con el Proyecto (**Figura V.4** y **Figura V.5**).

Versión Pública

En el **Anexo V.3**, se presentan las plantillas con cada punto de observación, donde se aprecia la correspondiente cuenca visual respecto al AP, incluyendo las principales estructuras del Proyecto, e imágenes del campo visual y calidad paisajística desde cada punto de observación.

Valoración del Impacto. La valoración de los impactos residuales con relación al factor ambiental Paisaje y cuenca visual, ha sido reconsiderada; tomando en cuenta el análisis basado en lo anteriormente descrito y en todos los atributos del método para el cálculo de importancia. De acuerdo con la valoración de la importancia para ambos impactos relacionados con el factor Paisaje, únicamente se mantiene una clasificación de impacto severo para la variación de la cuenca visual, debido al incremento en 43% de la superficie de la cuenca visual en el SAR, aunque mantiene una significancia media; mientras que, para la variación de la calidad escénica, se atribuye una importancia en categoría moderada, con una significancia baja.

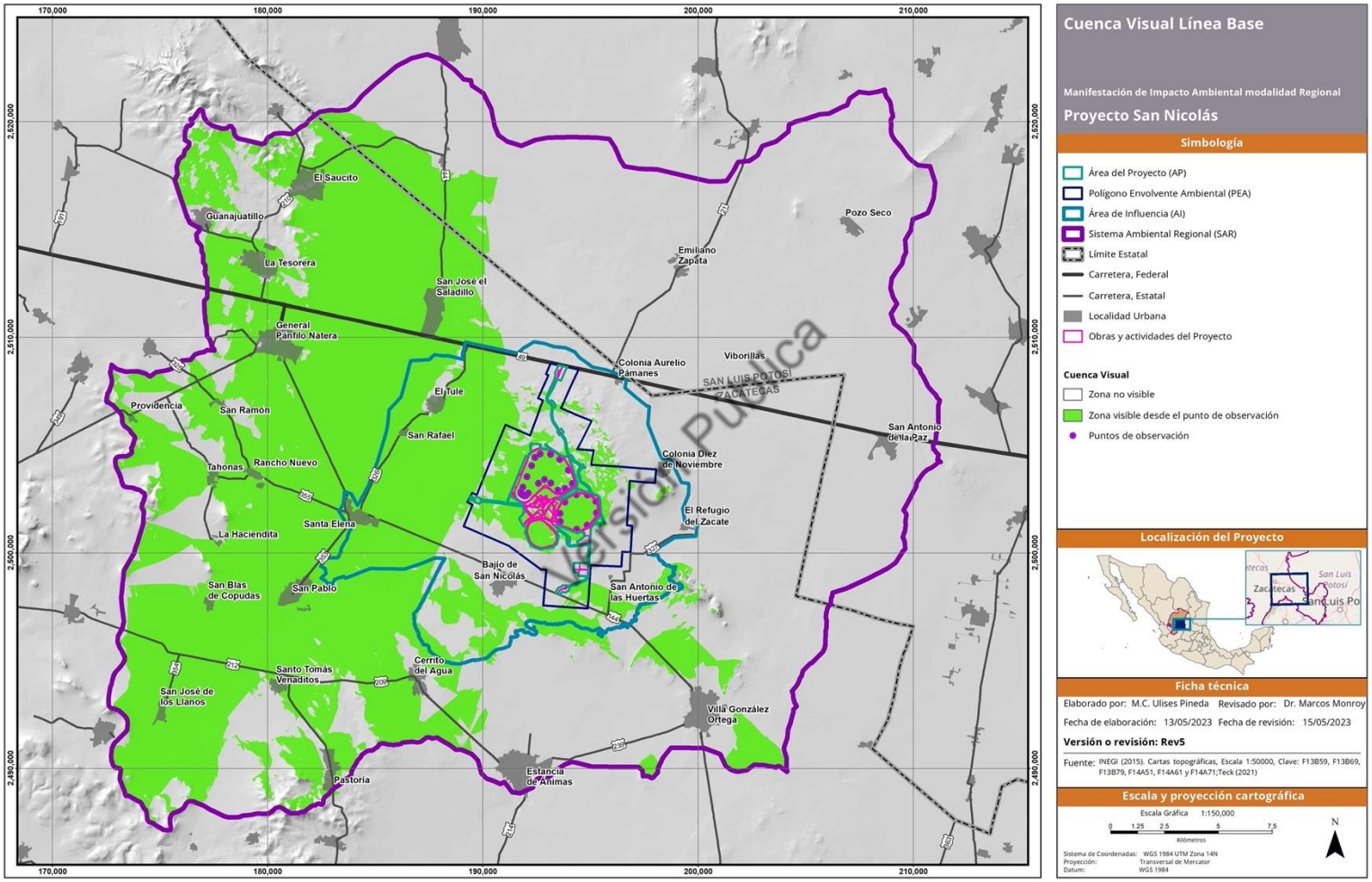


Figura V.3 Cuenca visual en su estado de línea base (previo inicio del Proyecto).

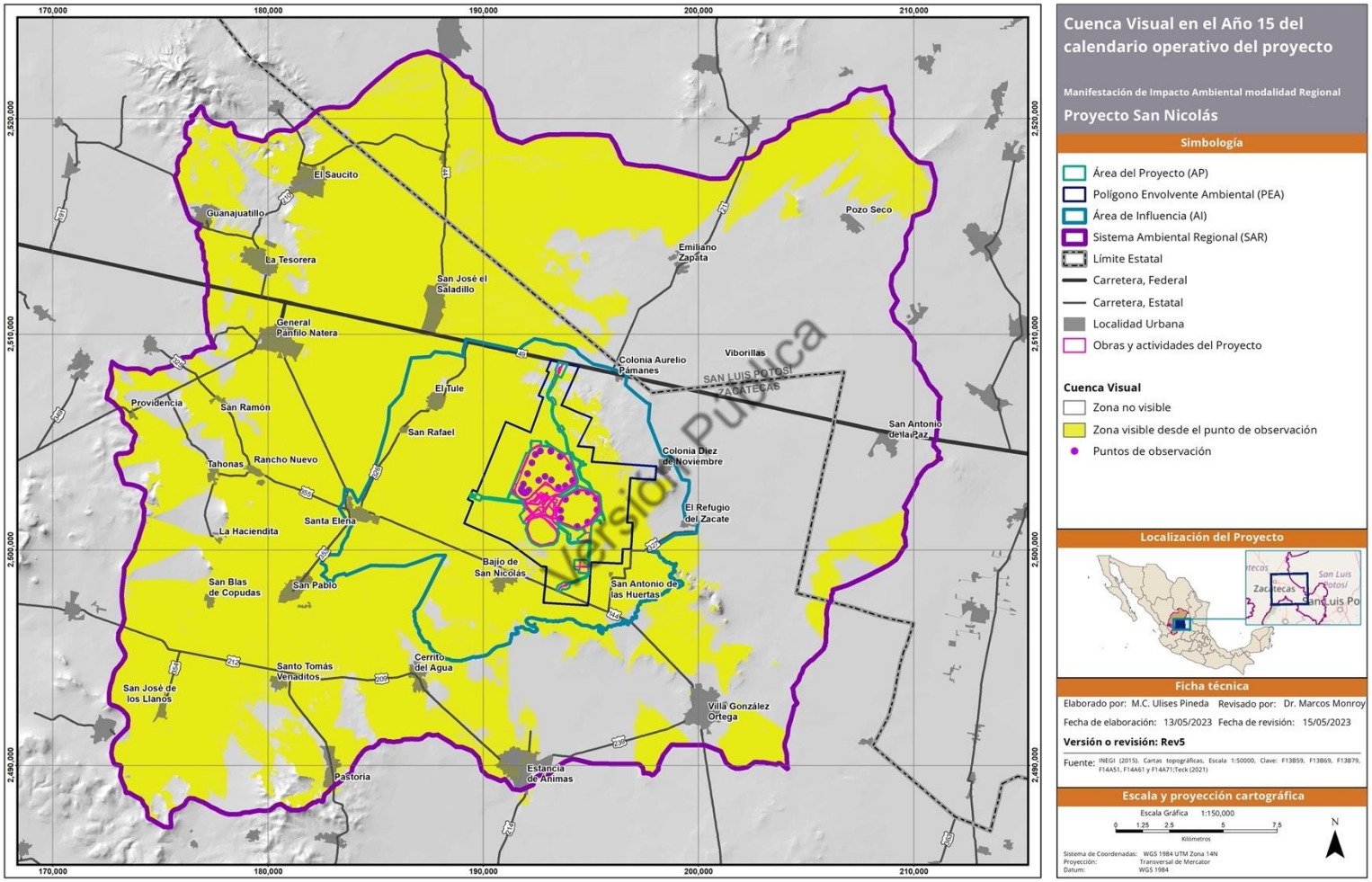


Figura V.4 Modelo de cuenca visual con la implementación del Proyecto.

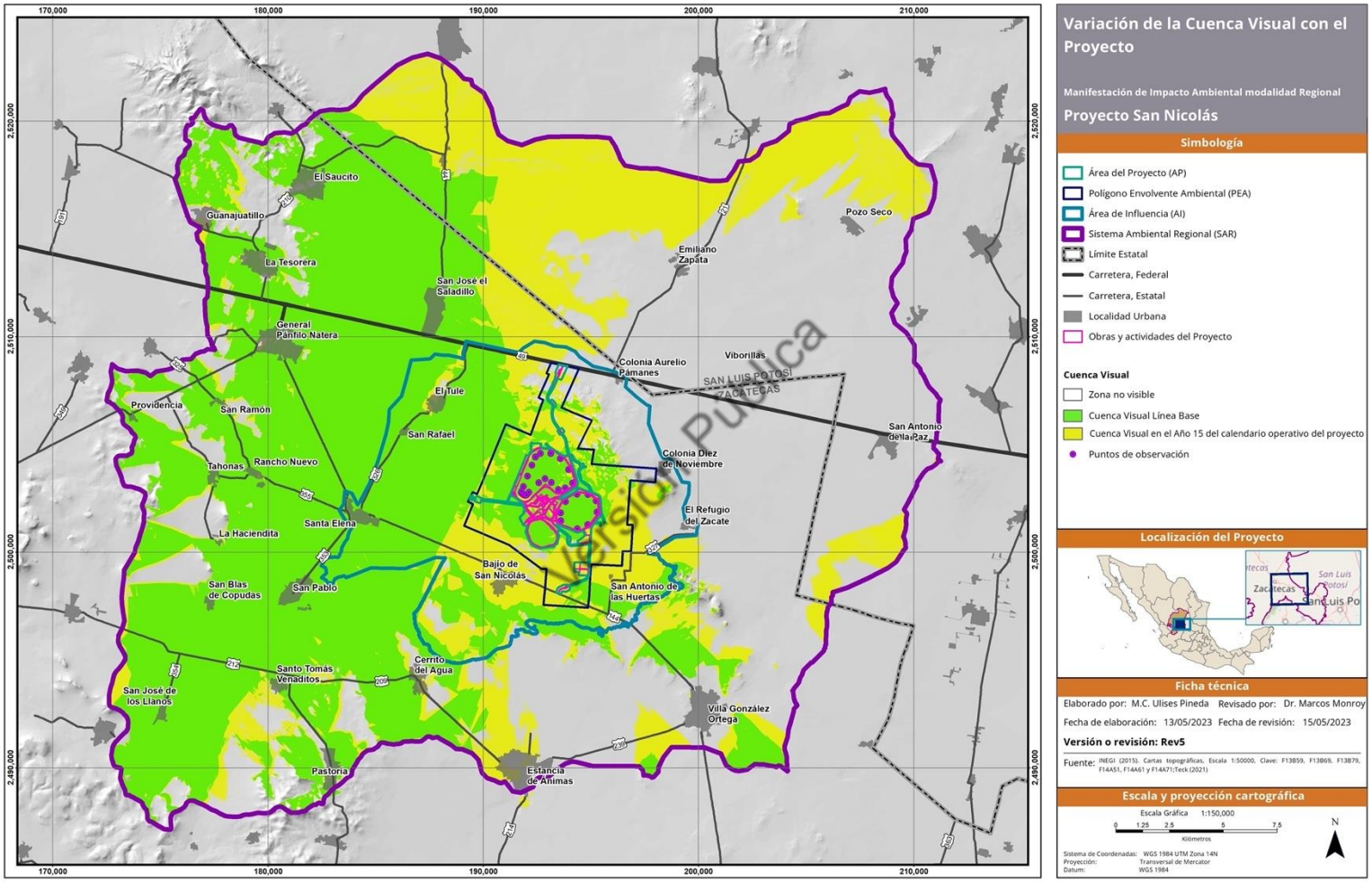


Figura V.5 Variación de la cuenca visual con la implantación del Proyecto respecto a la línea base.

V.3.4. Confianza e incertidumbre en la evaluación de impactos

La EIA presentada está basada en la metodología de Conesa Fernández-Vitora, 1995, 2010; (http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html#_Toc24377552), y que se adapta a las características del Proyecto, tanto por las actividades, como la temporalidad y delimitación de los impactos. La aplicación de esta metodología de EIA fue producto de la participación y análisis de un equipo de especialistas interdisciplinarios, nacionales e internacionales, con amplia experiencia en proyectos del sector minero. De esta manera, los indicadores definidos, corresponden en su mayoría a parámetros cuantitativos medidos por y para el Proyecto con un alto nivel de confianza, entre los que destacan:

i. Las superficies involucradas en el Proyecto: SAR, AI, PEA y AP; áreas con cobertura vegetal que será afectada; y áreas de las obras permanentes y temporales, por mencionar las principales;

ii. Las concentraciones de Línea Base Ambiental (LBA) medidos en el SAR, AI y AP para los factores atmósfera, suelo, agua subterránea, agua superficial, vegetación y fauna, durante un periodo que inició en 2017 y que continúa desarrollándose como parte del monitoreo de LBA;

iii. Las condiciones sociales y económicas en el SAR y AI del Proyecto, a través de la validación y documentación en campo, de los registros oficiales y de los vacíos de información no documentada; en particular, las relacionadas con la infraestructura existente de acceso social al agua en el AI del Proyecto; y

iv. Los indicadores normativos, utilizados como referencia para parámetros, tales como calidad del aire, calidad del agua superficial, calidad del agua subterránea; así como, la presencia, abundancia y distribución de especies de flora y fauna silvestre, listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2011. En el caso de la vegetación forestal, la información reportada es parte también del muestreo y análisis del Estudio Técnico Justificativo para la obtención del CUSTF.

No obstante, puede reconocerse que existe cierto nivel de incertidumbre en la MIA-R asociada a lo siguiente:

- En el caso de la medición de la LBA de la calidad del aire, la falta de información que permita concluir un análisis estadístico confiable sobre las concentraciones promedio anuales representativas para todo el SAR y el AI del Proyecto. En la medida que continúe el monitoreo de calidad del aire en su estado de LBA, mediante un sistema de monitoreo continuo que permita caracterizar las concentraciones de material particulado a lo largo de todo el año;

Versión Pública

que sea validado mediante monitoreos periódicos normativos, podrá darse certidumbre a la aplicación del modelo de la calidad del aire y del plan de manejo de emisiones atmosféricas.

- Los modelos hidrogeológicos se sustentan en información geológica e hidrogeológica confiable, sin embargo, existe un nivel de incertidumbre debido a las limitaciones de las investigaciones de campo realizadas a nivel de prefactibilidad. Medidas de manejo adaptativo han sido consideras en el plan de manejo de agua del Proyecto en lo relativo al manejo de agua de contacto y filtraciones.
- En el caso de la extensión de la disminución del nivel freático y la extensión de su recuperación, el empleo del modelo hidrológico está basado en mediciones disponibles de la LBA y en consideraciones conservadoras para definir el peor escenario, que se ha considerado en esta EIA. Nuevas pruebas de bombeo y un estudio hidrológico de detalle podrán confirmar los niveles reportados como parte del Estudio de Factibilidad del Proyecto.
- La información disponible de los modelos de cambio climático reportada por el INECC sugiere que, en el escenario a corto y mediano plazo (periodo previsto para el desarrollo del Proyecto), no se prevén cambios significativos en la región en parámetros meteorológicos como precipitación y temperatura. Existe incertidumbre sobre la influencia del cambio climático en los eventos extremos.
- Impactos en los distintos factores del componente social podrían verse influenciados por actores y eventos fuera del control del Proponente por lo que existe cierto nivel de incertidumbre en la caracterización de impactos como el relacionado al aumento en la demanda de vivienda y el Promovente continúa evaluando opciones para mitigar este tipo de impacto.

Versión Pública

V.4. Impactos residuales

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en su Capítulo I, artículo 3, fracción X: los impactos residuales se definen como aquellos impactos que persisten en el ambiente, después de aplicar las medidas de mitigación incorporadas sistemáticamente en el Proyecto. Los impactos que podrían persistir, serían aquellos impactos que carecen de medidas correctivas, los que solo se mitigan de manera parcial o los que no alcanzan el umbral suficiente para poder aplicar alguna medida de mitigación. Los impactos residuales, presentan sus efectos sobre el ambiente, dependiendo de las acciones que le dan origen. Por su parte, Estevan (1999) define a los impactos residuales como aquellos que, pese a la aplicación de otras alternativas y medidas correctivas, no pueden ser eliminados en su totalidad, debido a limitaciones de tecnología, costos excesivos, o a incompatibilidad con las características del Proyecto.

En el **Cuadro V.17** se presentan los impactos residuales del Proyecto apegándose a la metodología antes descrita para su valoración. Cabe señalar que, como se ha anticipado, los impactos residuales a continuación descritos, serán ampliamente desarrollados en el Capítulo VI a partir de la identificación y aplicación no solo de medidas de mitigación, sino también de compensación para hacer viable este proyecto minero, compatible con su compromiso ambiental y social. A continuación se describen los impactos residuales, previamente a la aplicación de las medidas que se detallarán en el Capítulo siguiente.

Versión Pública

Cuadro V.17 Impactos adversos que tendrán un carácter residual por la implementación del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Categoría Importancia	Categoría Significancia	Residualidad
Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve	**MODERADO**	**MEDIA**	La modificación en las formas del relieve, por el desarrollo del Proyecto, es irreversible; al permanecer de manera permanente, las elevaciones de la nueva presa de jales (altura máxima de 70 m) y de la tepetatera (Altura máxima de 120 m), así como la gran depresión hasta de 550 m de profundidad que representa el tajo por el minado. El impacto quedará al menos en 810 ha por la modificación permanente del relieve, de las 1,455 ha que corresponde al AP. Sin embargo, dentro de las áreas que permanecerán con modificación del relieve se hará un diseño óptimo para minimizar la modificación del relieve asegurando la estabilización estructural y conformación de taludes en estas estructuras mayores
Suelo	Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	**MODERADO**	**BAJA**	Se ejecutará la remoción de la cubierta vegetal y del suelo en 1,406.8543 ha que representa la superficie objeto del CUSTF para el Proyecto. De esta superficie, podrá ejecutarse la restauración de suelo y revegetación con especies características de la cubertura vegetal primaria, característica del matorral desértico micrófilo en las áreas temporales de CUSTF y en las coronas de la presa de jales y de la tepetatera, por lo que el impacto, por la remoción del suelo, permanecerá de manera residual en menos de 520 ha. Las medidas de compensación incluirán la construcción de obras de protección contra la erosión de suelo, obras de recuperación de suelo, así como la restauración de suelo en áreas degradadas e impactadas fuera del AP, pero dentro del PEA, al cierre del Proyecto.
Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	**MODERADO**	**BAJA**	Con la ejecución del Proyecto, permanecerán al cierre, obras como la presa de jales, la tepetatera y el tajo, lo que impide la libre escorrentía aguas abajo del AP al cierre del Proyecto; por lo que la construcción y mantenimiento de los canales de captación y derivación del agua pluvial ubicados agua arriba de estas instalaciones, permitirá captar y derivar permanentemente el agua de no-contacto para ser reintegrada en la cuenca hidrológica; a nivel de microcuenca. Los cambios en las descargas promedio anuales ocasionadas por el Proyecto durante las etapas de Cierre y Post-Cierre representan una disminución de apenas un 3% para la microcuenca El Tule y un aumento de 1% para la microcuenca El Sapo, con relación a la condición de línea base.

Versión Pública

Cuadro V.17 Impactos adversos que tendrán un carácter residual por la implementación del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Categoría Importancia	Categoría Significancia	Residualidad
Agua Subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	**MODERADO**	**BAJA**	Al impacto residual por la permanencia del tajo, la tepetatera y la presa de jales al cierre del Proyecto, se suma la disminución de la recarga de los acuíferos por la pérdida de captación de agua pluvial en las superficies afectadas, que podría representar un impacto residual del orden de 246,764 m^3/año. Medidas de mitigación tales como la ejecución del CUSTF exclusivamente en áreas autorizadas, la restauración de suelo y revegetación de áreas temporales y permanentes al cierre del Proyecto, limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto, y la construcción de obras para favorecer la captación e infiltración de agua pluvial; así como acciones de compensación tales como la restauración de suelo en áreas degradadas e impactadas fuera del AP pero dentro del PEA, la construcción de zanjas de infiltración, y el retorno a la cuenca hidrológica del excedente del agua de laboreo, a través de una descarga distribuida en cauces que disponen de bordos, favorecerán la recuperación de la captación e infiltración de agua. La pérdida anual de la recarga, representa apenas el 1% de la recarga anual en el acuífero La Blanca, de acuerdo a los datos oficiales publicados (DOF, 2019).
	Nivel freático	Disminución del nivel freático	**SEVERO**	**ALTA**	El desarrollo del Proyecto implicará la disminución del nivel freático en una sección localizada y específica hacia el sur del AI, que podrá reconstituirse gradualmente al cierre del Proyecto, en un proceso progresivo de recuperación. Sin embargo, el nivel estático no será recuperado totalmente en el área del tajo, el nivel estático permanecerá a niveles más profundos respecto al nivel estático del agua subterránea sin el Proyecto, mientras que en el área sur del AI el nivel se recuperará gradualmente. Estos niveles en el área del tajo se irán recuperando gradualmente a partir del cese del desaguado, promoviendo la creación de un lago en el fondo del tajo y la reconstitución a largo plazo del nivel freático. El control de la evaporación durante el proceso progresivo del llenado natural del tajo, acelerará el proceso natural de llenado, favoreciendo con ello la recuperación del nivel estático del agua subterránea.

Versión Pública

Cuadro V.17 Impactos adversos que tendrán un carácter residual por la implementación del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Categoría Importancia	Categoría Significancia	Residualidad
Vegetación	Cobertura Vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	**MODERADO**	**BAJA**	De una manera equivalente al impacto residual por la remoción de suelo, permanecerá un impacto residual por la pérdida de cobertura vegetal en 520 ha de las 1,406.8543 ha, que serán afectadas por el CUSTF para el Proyecto. Al final de la etapa de cierre, una vez que sean aplicadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelos, se ejecutarán acciones de revegetación en las superficies restauradas del AP, que incluyen las áreas de obras y actividades temporales y las coronas de las cubiertas diseñadas de la presa de jales y de la tepetatera. La revegetación de las áreas restauradas incluirá especies herbáceas y arbustivas, características del matorral desértico micrófilo, característico del SAR. El impacto será mitigable, aunque podrá ser recuperable a mediano/largo plazo, para restituir la cobertura vegetal, excepto en 520 ha sin restitución de la cobertura de suelo; puesto que corresponden a las superficies, las obras permanentes que representan el tajo, el talud de la tepetatera, el talud de la presa de jales y algunas obras permanentes como canales de derivación, caminos y piletas para la recuperación y manejo de agua al cierre; lo que hará que, solo el 37% de la superficie con cobertura de suelo orgánico y cobertura vegetal, se pierda al cierre, por la ejecución del Proyecto. Para compensar la pérdida de vegetación y la correspondiente capacidad de captura de carbono, se prevé la aplicación de acciones de revegetación de áreas degradadas o impactadas fuera del AP pero dentro del PEA, que se determinará en función de la carga forestal actual, como parte del Estudio Técnico Justificativo para la Autorización del CUSTF del Proyecto.
Fauna	Hábitat y movilidad de especies	Pérdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	**MODERADO**	**BAJA**	El retiro de la cobertura vegetal por el CUSTF para el Proyecto, representará una pérdida equivalente de áreas que representan hábitat para la fauna silvestre y sitios preferentes para su desplazamiento y alimentación. Si bien la recuperación de hábitats para la fauna silvestre se hará gradualmente en las áreas objeto de la restauración y revegetación de suelo, permanecerá el impacto residual al no poder reconstituirse íntegramente la cubierta vegetal y, por tanto, tampoco las áreas para hábitats de fauna

Versión Pública

Cuadro V.17 Impactos adversos que tendrán un carácter residual por la implementación del Proyecto.

Factor	Componente	Impacto	Categoría Importancia	Categoría Significancia	Residualidad
					silvestre, provocado la fragmentación de las áreas forestales, aun después de la revegetación. Al cierre del Proyecto, una vez ejecutadas las acciones del Programa de Restauración y Conservación de Suelo, con las correspondientes acciones de revegetación de las áreas restauradas, así como preservadas las áreas de reubicación de la flora silvestre rescatada, podrá contarse a mediano/largo plazo con las condiciones para que la fauna silvestre pueda desplazarse y reinicie la colonización de hábitats restaurados. Bajo estas condiciones, si bien el impacto es de baja significancia, se considera un impacto residual con recuperación a largo plazo, dependiente del éxito de las medidas de mitigación relacionadas con la flora silvestre, suelo y agua superficial.
Paisaje	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	**SEVERO**	**BAJA**	La cuenca visual se verá alterada por el desarrollo y permanencia de las estructuras mayores en el proyecto minero, en particular, la tepetatera y la presa de jales que sobresaldrán del perfil de terreno de manera residual. Con ello, se ampliará el campo visual hacia el AP cubriéndolo casi en su totalidad, así como un área al norte del SAR, con una superficie de 61,548.70 ha, que representa el 62% de la superficie total del SAR.
	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	**MODERADA**	**BAJA**	De acuerdo con el análisis realizado, si bien la calidad escénica no se ve alterada por la ejecución del Proyecto desde los puntos de visión de las comunidades en el AI, sí habrá un impacto residual sobre la calidad escénica en el corto campo de visión con la permanencia al cierre de las dos elevaciones que representarán la tepetatera y la presa de jales. Si bien, su configuración final tratará de ser compatible con el entorno al usar enrocamiento en los taludes y revegetación en las coronas de las cubiertas diseñadas, serán estructuras que alterarán la calidad escénica en el AI del Proyecto.

Versión Pública

Impacto adverso de Importancia Moderada

Impacto adverso de Importancia Severa

Impacto adverso de Significancia Muy Baja

Impacto adverso de Significancia Baja

Impacto adverso de Significancia Media

Impacto adverso de Significancia Alta

V.5. Impactos acumulativos

Los impactos acumulativos son aquellos cuyo efecto puede ocurrir sobre una parte de algún factor del ambiente, sobre el propio factor o incluso sobre todo el ambiente (incluyendo el factor social) y que ocurre en el tiempo y en el espacio de manera incremental, como resultado de la(s) acción(es) que lo(s) los provoca(n), aumentado por el efecto similar ocurrido en el pasado, o que está ocurriendo o que podría llegar a ocurrir. Desde la perspectiva ecosistémica se traduce como: [a] Efecto incremental en el tiempo: esto es cuando el resultado del desarrollo de un Proyecto alcanza paulatina o aceleradamente, valores incrementales por la integración de efectos propios del Proyecto y que inciden en un mismo factor del ambiente; [b] Impactos de otras actividades generadoras de impactos sobre el mismo espacio o sobre el mismo factor ambiental; e [c] Impactos que incrementan su valor como consecuencia de la combinación de efectos y de la naturaleza propia de la acción que lo(s) provoca. En sí se trata de un fenómeno de sinergia que es, al fin y al cabo, una concreción de la acumulación.

En el **Cuadro V.18** se presenta el análisis de los impactos acumulativos del Proyecto, considerando la temporalidad de las actividades realizadas en el SAR y los impactos que se han generado en el ambiente. Los impactos acumulativos que tendrá el desarrollo e implementación del Proyecto, debido a las actividades en el SAR, corresponden a impactos acumulativos sobre los factores atmósfera, suelo, agua, flora y fauna.

Versión Pública

El análisis de línea base ambiental de las emisiones atmosféricas, aun dentro de las limitaciones asociadas a los monitoreos realizados, lo cual obliga a determinar concentraciones confiables de línea base de la calidad del aire, puso en evidencia la existencia de concentraciones previo inicio del Proyecto de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5,}$ por encima del 75% de los límites normativos aplicables. Se prevé que el Proyecto genere emisiones atmosféricas durante su ciclo de vida, por lo que habrá contribuciones adicionales del Proyecto a las concentraciones que existen en el AP y AI, previo inicio del Proyecto por otras actividades antrópicas, tal como las actividades agrícolas y pecuarias que han favorecido la remoción de cubierta vegetal en amplias superficies, incrementando con ello las emisiones de material particulado en el medio; así como el desarrollo de carreteras y caminos regionales y locales, que favorecen el desplazamiento de vehículos, y con ello, el incremento de emisiones.

Con relación al impacto en el factor agua, la región en donde se encuentra ubicada el AP presenta ya, problemas de alta dependencia al agua subterránea para consumo humano y procesos productivos, principalmente las actividades agrícolas y pecuarias. La principal actividad, es la agricultura soportada en el riego por bombeo, que ha llevado a un evidente deterioro debido al sobre bombeo del agua subterránea en los dos acuíferos administrativos La Blanca y Loreto.

El sobre bombeo ha inducido al estrés hídrico de la región (CONAGUA, 2018). Sin embargo, en el AI del Proyecto, que ocupan parcialmente ambos acuíferos administrativos, se observó que existen condiciones hidrogeológicas diferentes, con niveles freáticos altos sin que se advierta afectación por el bombeo del área agrícola, que no es reconocido oficialmente por CONAGUA, pero que se demuestra por el fácil acceso al agua subterránea en las comunidades del AI que se ubican al sur y sureste del AP.

El déficit de agua subterránea en las áreas agrícolas de ambos acuíferos es conocido; sin embargo, el inventario oficial de pozos no se ha actualizado desde 2009 para ambos acuíferos y, por lo mismo, los volúmenes de bombeo no han sido actualizados tampoco desde entonces en el REPDA. No obstante, a pesar de esto, no existen de manera oficial, volúmenes disponibles para otorgar concesiones adicionales. Por lo tanto, el volumen máximo que CONAGUA cita como límite para extraerse del acuífero La Blanca y Loreto, para mantenerlo en condiciones sustentables, es de 19.0 y 32.7 millones m^3/año, respectivamente, y ello representa una clara dificultad para tener acceso al agua subterránea.

El agua de laboreo, que será extraída por el Proyecto para desaguar el área del tajo, será utilizada parcialmente para las actividades operativas del mismo, y el exceso del agua de laboreo será descargada y reincorporada a la cuenca hidrológica, para promover su infiltración y recarga de los acuíferos afectados, en apego estricto a la normatividad vigente. Sin embargo, producto del bombeo del agua de laboreo, se tendrá una disminución del nivel freático en el área del tajo y en áreas adyacentes, particularmente hacia el sur del AP. Este impacto en el consumo de agua de laboreo y la disminución del nivel freático, se consideran impactos acumulativos a la situación de los acuíferos La Blanca y Loreto, previo inicio del Proyecto, principalmente provocados por las actividades agrícolas y pecuarias en la región, aun cuando se reconoce que existe un vacío sobre el conocimiento de las condiciones de ambos acuíferos.

Versión Pública

El análisis del agua subterránea realizado en el estudio de Línea Base Ambiental para el SAR, AI y AP, indicó que existen reportes de concentraciones de elementos normados por arriba de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-1994; en particular para compuestos asociados a actividades humanas y agropecuarias, tal como los coliformes, turbiedad y amonio (NH_4^+). También se encontraron concentraciones de arsénico, hierro, aluminio y flúor, por arriba de los límites normativos permisibles, aunque estas concentraciones son atribuibles a concentraciones naturales de fondo geoquímico, características del agua subterránea en el altiplano mexicano. A pesar de esto, no se considera para este factor un impacto acumulativo, ya que la actividad del Proyecto no podría incrementar la concentración en coliformes, turbiedad y amonio (NH_4^+), características de actividades antropogénicas y agropecuarias. Por otro lado, con relación al potencial incremento de arsénico o hierro en agua subterránea, por infiltraciones desde

el Proyecto, estas serán objeto de medidas preventivas, de control y adaptativas, por lo que no se prevé un efecto acumulativo por la alteración de la calidad química del agua subterránea.

Los impactos sobre la biodiversidad (flora y fauna) tienen el carácter de acumulación por las actividades que se realizan en el SAR y AI, tanto agrícolas, como urbanas, pues se ha removido la cobertura vegetal para realizar cambios en el uso de suelo, principalmente, para obras asociadas al desarrollo urbano, así como para las actividades agrícolas y pecuarias; actividades, hasta ahora, de principal ocupación entre las comunidades del AI y del SAR. Debido a esta remoción de la vegetación y a las actividades humanas y agropecuarias mismas, la fauna silvestre es afectada por estas actividades humanas, los individuos de estas especies son perturbados y desplazados hacia lugares de menor perturbación.

Versión Pública

Cuadro V.18 Análisis de las actividades realizadas en el SAR en cuanto a temporalidad y los impactos acumulativos que podrían ser generados por el Proyecto.

Factor Ambiental	Actividades pasadas		Actividades actuales (previo inicio del Proyecto)			Actividades futuras			Impacto acumulativo
	Actividades Agropecuarias	Minería	Actividades Antropógenas	Minería	Actividades Agropecuarias	Proyecto	Actividades Antropógenas	Actividades Agropecuarias	
Atmósfera	Emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) generadas por erosión del suelo, sin cobertura vegetal, por el CUSTF, ejecutado para actividades agrícolas.	-	Emisiones de gases producto de la combustión de hidrocarburos que alteran la calidad del aire por vehículos y maquinaria en la red de caminos del SAR y AI.	-	Emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) generadas por erosión del suelo, sin cobertura vegetal, por el CUSTF, ejecutado para actividades agrícolas.	Emisiones en la atmósfera de PM_{10}, $PM_{2.5}$, NO_2, SO_2 y CO como producto de las actividades del Proyecto en el AP.	Emisiones de gases producto de la combustión de hidrocarburos que alteran la calidad del aire por vehículos y maquinaria en la red de caminos del SAR y AI.	Emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) generadas por erosión del suelo, sin cobertura vegetal por el CUSTF, ejecutado para actividades agrícolas.	**SÍ**
Suelo	Alteración de la calidad química del suelo por empleo de fertilizantes o químicos para la producción agrícola.	Alteración de la calidad química del suelo por la Mina El Salvador, que ha dejado sitio puntual con pasivos mineros.	-	-	Alteración de la calidad química del suelo por empleo de fertilizantes o químicos para la producción agrícola.	-	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de soluciones del proceso, grasas, lubricantes y otros líquidos. Inadecuada disposición de residuos que pueden contaminar el suelo.	Contaminación por presencia de fertilizantes químicos.	**NO**
	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF, en el SAR y AI, para realizar	-	-	-	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF, en el SAR y AI, para realizar	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por CUSTF, en el AP para el	-	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF en el SAR y AI, para realizar	**SÍ**

Versión Pública

Cuadro V.18 Análisis de las actividades realizadas en el SAR en cuanto a temporalidad y los impactos acumulativos que podrían ser generados por el Proyecto.

Factor Ambiental	Actividades pasadas		Actividades actuales (previo inicio del Proyecto)			Actividades futuras			Impacto acumulativo
	Actividades Agropecuarias	Minería	Actividades Antropógenas	Minería	Actividades Agropecuarias	Proyecto	Actividades Antropógenas	Actividades Agropecuarias	
	actividades agropecuarias.				actividades agropecuarias.	desarrollo del Proyecto.		actividades agropecuarias.	
Agua	Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	-	Uso y consumo humano del recurso a través de norias y pozos.	-	Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	Uso de agua de laboreo y de agua de contacto que cae directamente en áreas de obras e instalaciones mineras.	Uso y consumo humano del recurso a través de norias y pozos.	Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	**SÍ**
	Alteración de la calidad química del agua por empleo de fertilizantes o químicos para la producción agrícola.	Concentraciones de fondo geoquímico natural por arriba de los LMP de la NOM-127-SSA1-1994.	Alteración de la calidad físico-química del agua, descargas de aguas grises no controladas.	Alteración de la calidad físico-química del agua por derrames accidentales de grasas, lubricantes y otros líquidos.	Alteración de la calidad química del agua por infiltraciones desde Tepetatera o Presa de Jales. Aplicación de medidas adaptativas desde el origen.	Alteración de la calidad físico-química del agua por derrames accidentales de grasas, lubricantes y otros líquidos.	Alteración de la calidad físico-química del agua, descargas de aguas grises no controladas.	Alteración de la calidad química del agua, por empleo de fertilizantes o químicos para la producción agrícola.	**NO**
	Disminución de la recarga y disminución del nivel freático por extracción del recurso para actividades agropecuarias.	-	Disminución de la recarga y disminución del nivel freático por extracción del recurso para consumo humano.	-	Disminución de la recarga y disminución del nivel freático por extracción del recurso para actividades agropecuarias.	Disminución del nivel freático y alteración de la recarga del acuífero por extracción de agua de laboreo para desagüe del área del Tajo.	Disminución de la recarga y disminución del nivel freático por extracción del recurso para consumo humano.	Disminución de la recarga y disminución del nivel freático por extracción del recurso para actividades agropecuarias.	**SÍ**

Versión Pública

Cuadro V.18 Análisis de las actividades realizadas en el SAR en cuanto a temporalidad y los impactos acumulativos que podrían ser generados por el Proyecto.

Factor Ambiental	Actividades pasadas		Actividades actuales (previo inicio del Proyecto)			Actividades futuras			Impacto acumulativo
	Actividades Agropecuarias	Minería	Actividades Antropógenas	Minería	Actividades Agropecuarias	Proyecto	Actividades Antropógenas	Actividades Agropecuarias	
Vegetación	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal por el CUSTF en el SAR y AI, para realizar actividades agropecuarias.	-	-	-	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF en el SAR y AI, para realizar actividades agropecuarias.	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF en el AP para el desarrollo del Proyecto.	-	Disminución de la cobertura de suelo y de la cobertura vegetal, por el CUSTF en el SAR y AI, para realizar actividades agropecuarias.	**SÍ**
Fauna	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres por destrucción de su hábitat por las actividades agropecuarias.	-	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres, por crecimiento urbano, desarrollo de caminos y carreteras y la presencia de actividades antropogénicas.	-	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres por destrucción de su hábitat por las actividades agropecuarias.	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres por destrucción de su hábitat por las actividades agropecuarias.	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres por crecimiento urbano, desarrollo de caminos y carreteras y la presencia de actividades antropogénicas.	Desplazamiento de fauna hacia áreas de menor perturbación, afectación a la abundancia de especies terrestres por destrucción de su hábitat por las actividades agropecuarias.	**SÍ**

Versión Pública

Cuadro V.18 Análisis de las actividades realizadas en el SAR en cuanto a temporalidad y los impactos acumulativos que podrían ser generados por el Proyecto.

Factor Ambiental	Actividades pasadas		Actividades actuales (previo inicio del Proyecto)			Actividades futuras			Impacto acumulativo
	Actividades Agropecuarias	Minería	Actividades Antropógenas	Minería	Actividades Agropecuarias	Proyecto	Actividades Antropógenas	Actividades Agropecuarias	
Paisaje	Alteración de la calidad paisajística, por la eliminación de cobertura vegetal por el CUSTF para realizar actividades agrícolas.	-	Alteración de la calidad paisajística, por la introducción de elementos antropógenos, como caminos, áreas urbanas, infraestructura eléctrica.	-	Alteración de la calidad paisajística, por la eliminación de cobertura vegetal, por el CUSTF para realizar actividades agrícolas.	Modificación del paisaje por el desarrollo del Proyecto con la presencia de grandes estructuras; su visibilidad será muy limitada desde centros urbanos y limitada al campo visual desde el poniente del SAR.	Alteración de la calidad paisajística, por la introducción de elementos antropógenos, como caminos, áreas urbanas e infraestructura eléctrica.	Alteración de la calidad paisajística, por la eliminación de cobertura vegetal, por el CUSTF para realizar actividades agrícolas.	**SÍ**

Versión Pública

V.6. Resumen y conclusiones

La identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales que serán provocados por el proyecto minero San Nicolás, resultaron de la evaluación interdisciplinaria de la información del Proyecto, presentada en el Capítulo II de esta MIA-R, y de la caracterización de la Línea Base Ambiental realizada durante el periodo 2017-2022, en el SAR; AI y AP, que se reporta en el Capítulo IV de esta MIA-R. La evaluación de los impactos ambientales (EIA) permitió identificar 30 impactos relevantes, que corresponden a 25 impactos adversos y 5 impactos positivos. Mediante la valoración de impactos, por la metodología de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), se determinó que, entre los 25 impactos adversos identificados, por su importancia, solo 2 se clasifican como impactos severos y 23 impactos adversos moderados, con relación a su categoría de importancia; mientras que la determinación del valor del impacto por el mismo método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010), indicó que al Proyecto se asocian solo 1 impacto adverso de significancia alta, 2 de significancia media, 16 de significancia baja y 6 de significancia muy baja. **Ningún impacto resultó crítico por su importancia o de significancia muy alta por su valor.**

Versión Pública

Los únicos dos impactos adversos relevantes, de acuerdo con su categoría de importancia, que serán generados por el Proyecto, son: [1] la disminución en el nivel freático, en el AI del Proyecto; y [2] la variación de la cuenca visual.

En el siguiente cuadro resumen (**Cuadro V.19**), se presenta la información relativa a los impactos adversos relevantes por su importancia y significancia, que son generados actualmente en el SAR. Con relación a los impactos por componente ambiental, se resumen en el **Cuadro V.20** al **Cuadro V.23**.

De los impactos residuales identificados, solo cuatro de ellos se consideran como recuperables parcialmente, con la aplicación de las medidas de mitigación y de compensación propuestas en el Capítulo VI de esta MIA-R: remoción del suelo superficial, pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de hábitats y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna, y variación de la calidad paisajística. En cambio, cinco de los impactos adversos, se consideran como de residualidad no recuperable, considerando un periodo de tiempo de 20 años, siendo estos: la modificación en las formas del relieve, la disminución de la carga de agua superficial, la modificación en la recarga del acuífero La Blanca (<1.3%), la disminución en el nivel freático en el área de influencia del Proyecto y la modificación de la cuenca visual.

Cuadro V.19 Descripción de los impactos ambientales registrados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente.

Técnica utilizada para la identificación, análisis y evaluación de impactos:	Método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010) (http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html#_Toc24377552)		
¿Fueron considerados los impactos ambientales de otras obras o actividades que se desarrollan dentro del SAR?	**Sí (X)**	No ( )	

Descripción de los impactos ambientales registrados en el SAR generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente

Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	Componente ambiental	Impacto ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Intensidad	Efecto	Indicador
Actividad agrícola y urbanización. Tránsito de vehículos en carreteras y caminos rurales.	Aire	Variación en la calidad del aire	Significancia Media Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Media	Directo	Concentración de elementos normados por arriba de valores norma o de concentraciones de LBA
Antiguas obras mineras en el AP (pasivos ambientales de la Mina El Salvador) y la presa que constituye el Lago El Sapo.	Geomorfología	Variación en las formas del relieve	Significancia Media Residual	Permanente	Local (AP)	Media	Directo	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	Hidrología superficial	Disminución de la carga de agua superficial	Significancia Baja Residual Acumulativo	Permanente	Regional	Baja	Directo	Caudal (m^3/año)
Uso y consumo humano del recurso a través de norias y pozos. Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	Hidrología subterránea	Disminución de la recarga de los acuíferos	Significancia Baja Residual Acumulativo	Temporal	Regional	Media	Directo	Captación por infiltración (m^3/año)

Versión Pública

Cuadro V.19 Descripción de los impactos ambientales registrados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente.

Técnica utilizada para la identificación, análisis y evaluación de impactos:	Método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010) (http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html#_Toc24377552)							
¿Fueron considerados los impactos ambientales de otras obras o actividades que se desarrollan dentro del SAR?			**Sí (X)**		No ( )			
Descripción de los impactos ambientales registrados en el SAR generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Uso y consumo humano del recurso a través de norias y pozos. Uso y consumo del recurso para actividades agropecuarias.	Hidrología subterránea	Disminución del nivel freático	Significancia Alta Residual Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Media	Directo	Profundidad del nivel freático (m)
Alteración de la calidad paisajística, por la eliminación de cobertura vegetal por el CUSTF, para realizar actividades agrícolas. Alteración de la calidad paisajística, por la introducción de elementos antropógenos, como caminos, áreas urbanas e infraestructura eléctrica.	Paisaje	Variación de la cuenca visual	Significancia Baja Residual Acumulativo	Permanente	Local (AI)	Media	Directo	Extensión de la cuenca visual (ha)

Versión Pública

Cuadro V.19 Descripción de los impactos ambientales registrados en el Sistema Ambiental Regional (SAR) generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente.

Técnica utilizada para la identificación, análisis y evaluación de impactos:	Método de Conesa Fernández-Vitora (1995, 2010) (http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html#_Toc24377552)							
¿Fueron considerados los impactos ambientales de otras obras o actividades que se desarrollan dentro del SAR?			**Sí (X)**		No ( )			
Descripción de los impactos ambientales registrados en el SAR generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Alteración de la calidad paisajística, por la eliminación de cobertura vegetal, por el CUSTF, para realizar actividades agrícolas. Alteración de la calidad paisajística, por la introducción de elementos antropógenos, como caminos, áreas urbanas e infraestructura eléctrica.	Paisaje	Variación de la calidad escénica	Significancia Baja Residual Acumulativo	Permanente	Local (AI)	Media	Directo	Índice de la calidad del paisaje
Urbanización en comunidades rurales y urbanas.	Socioeconómico	Incremento en la demanda de vivienda	Significancia Moderada	Temporal	Regional	Alta	Directo	Tendencia del costo de alquiler promedio por metro cuadrado

Versión Pública

Cuadro V.20 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Preparación del Sitio, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: PREPARACIÓN DEL SITIO								
Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A4: Instalación del sistema para desagüe del agua de laboreo durante la etapa de preparación del sitio	Agua (de laboreo)	Nivel freático	Acumulativo Residual Significativo	Temporal	Local (AI)	Media	-	Profundidad del nivel freático (m)
A5: Remoción de la cubierta vegetal y del suelo orgánico (desmonte y despalme)	Atmósfera	Calidad del aire	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
	Suelo	Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Vegetación	Cobertura vegetal	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
		Abundancia de especies	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Número de especies presentes en el AP que son susceptibles de afectación
	Fauna	Abundancia y composición de especies	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Número de especies de fauna (terrestres y voladoras) en riesgo listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010
		Hábitat y movilidad de especies	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP

Versión Pública

Cuadro V.20 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Preparación del Sitio, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: PREPARACIÓN DEL SITIO								
Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Paisaje	Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A6: Construcción de obras de derivación de aguas de no-contacto	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Moderada	Permanente	Local (AI)	Baja	-	Caudal (m^3/año)
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
A7: Construcción del sistema de descarga del agua de laboreo excedente	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Moderada	Permanente	Local (AI)	Baja	-	Caudal (m^3/año)
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
A8: Descapote del área de minado superficial	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Rocas y geoformas	Relieve	Moderado Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve

Versión Pública

Cuadro V.20 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Preparación del Sitio, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: PREPARACIÓN DEL SITIO								
Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Paisaje	Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A9: Preparación de terreno en la base de la presa de jales y de la tepetatera	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Rocas y geoformas	Relieve	Moderado Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Moderada	Permanente	Local (AI)	Baja	-	Caudal (m^3/año)
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Moderada Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)

Versión Pública

Cuadro V.20 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Preparación del Sitio, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: PREPARACIÓN DEL SITIO								
Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A10: Extracción y manejo (trituración y clasificación granulométrica) de material pétreo de préstamo para aprovechamiento como material agregado	Atmósfera	Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Moderada	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994
	Rocas y geoformas	Relieve	Significativo Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve

Versión Pública

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CONSTRUCCIÓN								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A14: Construcción del campamento y almacenes	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Suelo	Cobertura del Suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
A15: Construcción de los caminos de acceso	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores

Versión Pública

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CONSTRUCCIÓN								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
								normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Rocas y geoformas	Relieve	Moderado Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Cobertura del Suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
	Fauna	Hábitat y movilidad de especies	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A16: Construcción de la planta de beneficio de minerales	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)

Versión Pública

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CONSTRUCCIÓN								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Suelo	Cobertura del Suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A17: Construcción de la cortina contenedora de jales	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Rocas y geoformas	Relieve	Significativo Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve

Versión Pública

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CONSTRUCCIÓN								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Suelo	Cobertura del Suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
		Estabilidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AP)	Media	-	Potencial de erosión del suelo (ton/ha/año)
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A18: Construcción de las obras e instalaciones para el manejo de agua	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Moderada	Permanente	Local (AI)	Baja	-	Caudal (m^3/año)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA

Versión Pública

Cuadro V.21 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Construcción, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CONSTRUCCIÓN								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A19: Construcción de subestaciones eléctricas y de líneas de transmisión eléctrica	Fauna	Hábitat y movilidad de especies	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
A20: Construcción de edificios e instalaciones auxiliares	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
	Suelo	Cobertura del Suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje

Versión Pública

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A24: Desaguado del agua de laboreo y ampliación del sistema de desaguado	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
		Nivel Freático	Acumulativo Residual Significativo	Temporal	Local (AI)	Media	-	Profundidad del nivel freático (m)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de los límites normativos permisibles de la NOM-127-SSA1-2021 o de concentraciones de LBA
	Estructura de la población	Acceso al agua	Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Porcentaje de hogares con acceso a agua entubada; porcentaje de hogares con acceso a agua de norias; porcentaje de bordos en uso
A25: Manejo de agua (agua de laboreo, contacto y no-contacto)	Agua superficial	Cantidad	Moderada	Permanente	Local (AI)	Media	-	Caudal (m^3/año)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Agua subterránea	Nivel Freático	Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Media	-	Profundidad del nivel freático (m)

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
			Residual Significativo					
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Estructura de la población	Acceso al agua	Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Porcentaje de hogares con acceso a agua entubada; porcentaje de hogares con acceso a agua de norias; porcentaje de bordos en uso
A26: Manejo del material estéril de mina y disposición final en tepetatera	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM- 081-SEMARNAT-1994)

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Rocas y geoformas	Relieve	Significativo Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Calidad del Suelo	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de la línea base ambiental
		Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
		Estabilidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AP)	Media	-	Potencial de erosión del suelo (ton/ha/año)
	Agua superficial	Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Agua subterránea	Recarga	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Captación por infiltración (m^3/año)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Baja	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
	Estructura de la población	Acceso a la tierra		Temporal	Local (AI)	Media	-	Porcentaje de afectación de tierra ejidal respecto del total de dotación del Ejido
A27: Minado superficial del cuerpo mineralizado	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)
	Rocas y geoformas	Relieve	Significativo Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Calidad del Suelo	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de los criterios normativos de referencia por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, o

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
								concentraciones de la línea base ambiental
		Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
		Estabilidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AP)	Media	-	Potencial de erosión del suelo (ton/ha/año)
	Agua subterránea	Nivel Freático	Acumulativo Residual Significativo	Temporal	Local (AI)	Media	-	Profundidad del nivel freático (m)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Paisaje	Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
	Estructura de la población	Acceso a la tierra		Temporal	Local (AI)	Baja	-	Porcentaje de afectación de tierra ejidal respecto del total de dotación del Ejido
		Acceso al agua	Acumulativo	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Porcentaje de hogares con acceso a agua entubada; porcentaje de hogares con acceso a agua de norias; porcentaje de bordos en uso

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A28: Carga y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
A29: Puesta en marcha y operación de la planta de beneficio (trituración, molienda, concentración)	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A30: Disposición de jales en el vaso de almacenamiento de la presa de jales	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
	Rocas y geoformas	Relieve	Significativo Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Calidad del Suelo	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de la línea base ambiental
		Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP
		Estabilidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AP)	Media	-	Potencial de erosión del suelo (ton/ha/año)
	Agua superficial	Cantidad (disponibilidad)	Moderada	Permanente	Local (AI)	Baja	-	Caudal (m^3/año)
		Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Agua subterránea	Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA

Versión Pública

Cuadro V.22 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Operación-Mantenimiento, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
	Paisaje	Visibilidad	Residual	Permanente	Regional (SAR)	Media	-	Extensión de la cuenca visual (ha)
		Calidad paisajística	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Índice de la calidad del paisaje
	Estructura de la población	Acceso a la tierra		Temporal	Local (AI)	Baja	-	Porcentaje de afectación de tierra ejidal respecto del total de dotación del Ejido
A31: Almacenamiento y manejo de hidrocarburos (gasolina y diésel)	Suelo	Calidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de concentraciones de LBA
	Agua superficial	Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	
	Agua subterránea	Calidad	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AI)	Baja	-	
A32: Conservación y mantenimiento del suelo orgánico	Rocas y geoformas	Relieve	Moderado Residual	Permanente	Local (AP)	Alta	-	Superficie de terreno (ha) que sufre un cambio de relieve
	Suelo	Calidad	Acumulativo Residual	Permanente	Local (AI)	Media	-	Fertilidad potencial del suelo
		Cobertura del suelo	Acumulativo Residual	Temporal	Local (AP)	Media	-	Superficie de polígonos (ha) que serán objeto de CUSTF en el AP

Versión Pública

Cuadro V.23 Descripción de los impactos ambientales adversos, generados durante la etapa de Cierre, para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades del Proyecto.

Descripción de los impactos ambientales generados durante cada una de las etapas del Proyecto para cada componente susceptible de ser afectado por las obras y/o actividades								
Etapa: CIERRE								
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	**Componente ambiental**	**Impacto ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
A37: Desmantelamiento, demolición y retiro de instalaciones	Atmósfera	Calidad	Acumulativo Moderado Residual	Temporal	Local (AI)	Media	-	Concentración de elementos normados por arriba de valores normativos de referencia (NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021 y NOM-025-SSA1-2021), o de concentraciones de la línea base ambiental (LBA)
		Ruido y vibraciones	Moderado	Temporal	Local (PEA)	Media	-	Ruido ambiental conforme la comparación de LBA y valores normativos de referencia (NOM-081-SEMARNAT-1994)

Versión Pública

El análisis de los impactos moderados a severos, confirmó que el Proyecto sí se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA respecto a que la identificación y evaluación de los impactos, además de que se puso en evidencia que los posibles efectos de las obras y actividades del Proyecto, no pondrán en riesgo la estructura y funcionalidad de los ecosistemas descritos en el SAR, esto únicamente si son aplicadas las medidas de prevención, de mitigación y de compensación, que se proponen para atender los impactos severos que serán generados por el desarrollo e implementación del proyecto minero. A partir del análisis realizado, se concluye que:

1. La ejecución de las obras y actividades del Proyecto no representan un factor de cambio relevante en los factores atmósfera, agua superficial, flora, fauna y paisaje, debido a que las características del ecosistema ya han sido modificadas, en el AI del Proyecto, producto del desarrollo de los centros de población y de sus actividades económicas dominantes, principalmente agricultura y ganadería, con los consecuentes impactos en la alteración de la calidad del aire, de la eliminación de la cobertura de suelo y vegetal, el deterioro de hábitats y desplazamiento obligatorio de fauna silvestre, la modificación de la carga del agua superficial en las microcuencas que constituyen el AI y el SAR.

2. La ejecución del Proyecto requiere la remoción de cobertura vegetal y de suelo en 1,406.854 ha del AP, que está cubierta principalmente por vegetación primaria de matorral desértico, cuyas especies endémicas y clasificadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, aun cuando no se ponen en riesgo, por la amplia distribución en el SAR, serán rescatadas, reubicadas y preservadas, para fomentar, junto con las acciones de revegetación al cierre del Proyecto, el restablecimiento de la cobertura vegetal y de hábitats para la fauna silvestre. A través de la aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (**Anexo VI.2**), se propone el rescate y reubicación de todos los individuos sanos de *Coryphantha echinoidea* (Pr) que se encuentren en las áreas autorizadas por el CUSTF, así como 20% de individuos sanos de 13 especies de flora de interés biológico, que corresponden, en su mayoría, a especies de lento crecimiento y difícil reproducción. Se considera que, con ello, podrán restablecerse los procesos naturales de propagación, reproducción o distribución de las especies de flora y fauna silvestre. Esto significa que, el funcionamiento de los ecosistemas que forman el SAR, y que se sustenta en las funciones vitales de sus pobladores y de la integración entre ellos, con su medio físico, que no será alterado al cierre del Proyecto. Mediante la aplicación del programa de restauración y conservación de suelos, serán restauradas y revegetadas áreas impactadas temporalmente dentro del AP, lo cual representa casi el 30% de la superficie que será objeto del CUSTF. Aproximadamente 520 ha de la superficie objeto del CUSTF, destinada a obras e instalaciones del Proyecto, permanecerán con un impacto residual permanente en la eliminación de la cobertura vegetal y la modificación del relieve al cierre del Proyecto, lo cual corresponde a la superficie

Versión Pública

destinada al tajo, a la tepetatera, a la presa de jales y algunas de sus obras e instalaciones asociadas, tales como canales y piletas.

3. El impacto asociado al consumo de agua para las distintas actividades y operaciones del Proyecto, está únicamente asociado al aprovechamiento y reúso del agua de laboreo obtenida del desagüe del área del tajo y del agua de contacto que caerá directamente de la precipitación y escurrimientos en las áreas operativas e instalaciones del Proyecto. Ninguna fuente externa de aprovechamiento de agua será requerida por el Proyecto. El impacto asociado al uso del agua de contacto de la carga superficial en la microcuenca hidrológica El Sapo, se verá parcialmente mitigado (en un 92%) por la reincorporación a la cuenca hidrológica de las excedencias del agua de laboreo, bajo sistemas que favorecerán su infiltración y la recarga del acuífero.

4. Uno de los aspectos adversos de importancia, sin llegar a ser clasificado como impacto crítico, y que tiene relevancia en factores ambientales y sociales, corresponde a la disminución del nivel freático en el área de la mina y en algunas ubicaciones en el AI al sur del AP, como consecuencia del bombeo requerido para el desagüe del área de minado superficial que permitirá el descapote y extracción del mineral, bajo condiciones seguras. Este efecto no tendrá impactos adversos en las fuentes primarias de agua municipal que abastecen a las comunidades dentro del AI. La disminución gradual del nivel freático, potencialmente alterará el acceso a fuentes secundarias de agua en algunos centros rurales de población ubicados al sur fuera del AP dentro del AI, ya que algunas viviendas, además de estar conectadas al agua municipal, cuentan con norias de traspatio que podrían ser afectadas por el descenso del nivel estático del agua subterránea. Para atender este impacto, se propone un conjunto de medidas de mitigación y de compensación que atienden, en lo ambiental, la disminución del nivel freático, mientras que, en lo social, aseguran el acceso total al agua, dotándole de mejoras en la infraestructura y en la calidad del agua para su uso y consumo. El programa social de acceso al agua (**Anexo VI.8**), se ha establecido como la medida de compensación.

5. Todos los impactos adversos bajos, moderados y relevantes, asociados al desarrollo e implementación del Proyecto, serán atenuados mediante la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación incluidas en el Capítulo VI de esta MIA-R, y que atenderán los impactos, en lo específico y en lo general, conforme la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y de sus programas asociados, propuestos en esta MIA-R. El Proyecto se ha diseñado para cumplir con los lineamientos en materia ambiental, con un enfoque preventivo y correctivo, basado en la normatividad ambiental vigente. Para cumplir con este propósito, se tiene considerada una inversión en la aplicación de las medidas propuestas que asciende a [redacted]

Versión Pública

Capítulo VI

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional 5

VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental 5

VI.1.1. Medidas específicas para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto 5

a) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental Vegetación 7

b) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental fauna silvestre 11

c) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental Atmósfera 17

d) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental suelo 23

e) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental agua (superficial y subterránea) 27

f) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental paisaje 37

g) Medidas para los impactos ambientales ocasionados por los residuos 41

h) Medidas para los impactos ambientales en el factor Social 48

VI.1.2. Medidas generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto 69

VI.1.3. Medidas de adaptación ante el cambio climático 69

VI.2. Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) 70

VI.2.1. Indicadores de cumplimiento para la evaluación de desempeño por el PVA 71

VI.3. Seguimiento y control (monitoreo) 108

VI.3.1. Evidencias de ejecución, evaluación y presentación de resultados 109

VI.3.1.1. Elaboración de informes 110

Versión Pública

Índice de Cuadros

Cuadro VI.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Vegetación (Flora silvestre). 7

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre....11

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera. 17

Cuadro VI.4 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Suelo....23

Cuadro VI.5 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Superficial....27

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea....32

Cuadro VI.7 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Paisaje. 37

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto. 41

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social 48

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación) 55

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás....73

Cuadro VI.12 Criterios y Normatividad Aplicable para el Monitoreo Ambiental. 108

Versión Pública

Listado de Anexos

Anexo VI.1 Programa de Vigilancia Ambiental

Anexo VI.2 Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre

Anexo VI.3 Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre

Anexo VI.4 Programa de Manejo de Emisiones Atmosféricas

Anexo VI.5 Programa de Manejo de Agua

Anexo VI.6 Programa de Monitoreo Ambiental

Anexo VI.7 Plan de Manejo Integral de Residuos

Anexo VI.8 Programa de Acceso Social al Agua

Anexo VI.9 Plan de Gestión Social

Versión Pública

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

En este capítulo se presentan las medidas de prevención[1], de mitigación[2] y de compensación[3] para atender los impactos ambientales adversos identificados y evaluados en el Capítulo V, que pueden provocar afectaciones a los factores ambientales por el desarrollo del proyecto minero **San Nicolás** (en lo sucesivo el Proyecto), ubicado en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas. Como se describió en el Capítulo V, la implementación y el desarrollo del Proyecto pueden traer como consecuencia un conjunto de impactos adversos sobre los distintos factores del ambiente, en particular sobre los factores flora, fauna, suelo, atmósfera, agua y social. Las medidas o estrategias que se propone implementar serán dirigidas principalmente a la fuente u origen causante del impacto para mejorar su comportamiento ambiental o, bien, al medio receptor para aumentar su resiliencia, o para paliar los efectos, una vez producidos.

Las medidas propuestas corresponden a acciones, obras o actividades que se integran durante el desarrollo del Proyecto, como estrategias dirigidas a reducir la magnitud de los impactos adversos.

Versión Pública

VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

El objetivo de este grupo de acciones que son las medidas preventivas, de mitigación y de compensación para el Proyecto, es reducir la gravedad de los impactos negativos identificados, mediante la aplicación de acciones para prevenir, anular, atenuar o compensar los impactos, de modo que se asegure que los estándares de calidad ambiental sean cercanos o incluso mejorados, respecto a los determinados en la línea base del Área del Proyecto (AP) y de su Área de Influencia (AI).

VI.1.1. Medidas específicas para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto

Las medidas específicas que se proponen por componente ambiental en el **Cuadro VI.1** al **Cuadro VI.9**, han sido resultado de la valoración de propuestas viables ambiental, técnica y

---

[1] **Medida de prevención:** Conjunto de acciones que se aplican previo al desarrollo de actividades del proyecto para evitar la generación de posibles efectos que propicien el deterioro del ambiente. Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente, REIA (SEMARNAT, 2019).

[2] **Medida de mitigación:** Conjunto de acciones que se ejecutan durante y posterior al desarrollo de las actividades del proyecto para atenuar los impactos y restablecer las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que haya sido causada por la realización del proyecto. Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente, REIA (SEMARNAT, 2019).

[3] **Medida de compensación:** Conjunto de acciones que permiten restituir los efectos de los impactos que no pueden ser prevenidos y/o mitigados, su finalidad es la de restablecer las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación; o bien, la magnitud de estas acciones o medidas, será equivalente al de la acción que ocasionó el deterioro del ambiente. Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente, REIA (SEMARNAT, 2019).

económicamente. El diseño de las medidas se realizó abordando distintos elementos, atendiendo al agente causante del impacto para mejorar su comportamiento con el ambiente, y en caso contrario, atendiendo al medio receptor para aumentar su resiliencia o para atenuar los efectos. Cabe señalar que las medidas propuestas no son generadoras por sí mismas de algún impacto adicional o consecuente que no haya sido evaluado en este estudio. Medidas como el uso de agua para control de emisiones de polvos y partículas, ya han sido evaluadas y valoradas en el impacto al agua.

Este análisis por factor ambiental es el resultado del trabajo en conjunto de especialistas interdisciplinarios, para tener una mayor certeza de la eficacia de las medidas seleccionadas.

Versión Pública

a) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental Vegetación

Cuadro VI.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Vegetación (Flora silvestre).

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales.	Cobertura Vegetal	Pérdida de la Cobertura Vegetal por su Remoción debido al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).	Limitar la remoción de la cobertura vegetal a las áreas autorizadas por CUSTF.	Prevención	CUSTF limitado a la superficie autorizada.	Limitar la remoción de la cobertura vegetal a las áreas autorizadas por CUSTF.	Mensual durante desarrollo del CUSTF.	**$S_{CUSTF} / SA_{CUSTF} \leq 1$** S_{CUSTF} = superficie donde se ejecutó CUSTF; SA_{CUSTF} = superficie autorizada para ejecutar CUSTF. **$SNA_{CUSTF} = 0$** SNA_{CUSTF} = Superficie no autorizada donde se ejecute CUSTF.	Bitácoras del CUSTF
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales (incluye presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico).	Especies listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas.	Variación en la abundancia de especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés biológico.	Rescate de las especies de flora silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (rescate de 100% de los individuos en las áreas con cobertura vegetal autorizadas por CUSTF).	Mitigación	Rescate de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Rescate (especies cuerpo entero) y reproducción (especies por germoplasma) de 100% de individuos sanos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en superficies autorizadas por CUSTF.	Mensual durante la ejecución del rescate de flora silvestre.	100% rescate de individuos sanos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontrados en las áreas autorizadas para CUSTF.	Bitácoras de la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.

Versión Pública

Cuadro VI.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Vegetación (Flora silvestre).

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales (incluye presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico).	Especies listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas.	Variación en la abundancia de especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés biológico.	Rescate de especies endémicas y de interés biológico - especies de lento crecimiento y difícil regeneración (rescate en las áreas con cobertura vegetal autorizadas por CUSTF).	Mitigación	Rescate de especies clasificadas de interés biológico, por ser endémicas o por ser de lento crecimiento y difícil regeneración.	Rescate de un porcentaje propuesto (20%) de individuos sanos de especies clasificadas de interés biológico, por ser endémicas o por ser de lento crecimiento y difícil regeneración.	Mensual durante la ejecución del rescate de flora silvestre.	**NIF_{RES} / NIF_{PROG} = 1** NIF_{RES} es el número de individuos sanos rescatados; NIF_{PROG} es el número de individuos incluidos en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre autorizado.	Bitácoras de la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre				Realizar acciones de inducción y capacitación en empleados de la empresa sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	Prevención Mitigación	Capacitación sobre la protección a flora silvestre a personal participando en Proyecto.	Capacitación sobre protección a flora silvestre a 100% del personal, incluidas empresas contratistas y subcontratistas.	Capacitación al inicio del Proyecto a todo el personal o en una sesión inicial a todo personal de nuevo ingreso.	**NEP / NEC_{FS} = 1** NEP = Número de empleados en el Proyecto; NEC_{FS} = Número de empleados capacitados en la protección de flora silvestre.	Listas de Asistencia a las sesiones de capacitación e inducción sobre la protección de la flora silvestre.
• Preparación del Sitio				Mantenimiento en vivero de la flora silvestre rescatada.	Prevención Mitigación	Mantenimiento de flora silvestre rescatada.	Conservación en vivero durante cuarentena para mantenimiento del 100% de los individuos rescatados de flora silvestre.	Mensual durante la ejecución del mantenimiento en vivero de la flora silvestre rescatada.	**NIF_{SM} / NIF_{RES} = 1** NIF_{SM} es el número de individuos rescatados mantenidos sanos NIF_{RES} es el número de individuos sanos rescatados.	Bitácora de ejecución del mantenimiento de flora.
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales (incluye presencia de especies listadas	Especies listadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies	Variación en la abundancia de especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés	Reubicación de la flora silvestre rescatada.	Mitigación	Reubicación de la flora silvestre rescatada.	Reubicación de los individuos sanos de flora silvestre rescatada (listada en NOM-059-SEMARNAT-2010	Mensual durante la ejecución de la reubicación de la flora silvestre rescatada.	**NIF_{RES} = NIF_{REU}** NIF_{RES} es el número de individuos sanos rescatados; NIF_{RES} es el número de individuos sanos	Bitácoras de ejecución de la reubicación de flora.

Versión Pública

Cuadro VI.1 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Vegetación (Flora silvestre).

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
	en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico).	endémicas.	biológico.				y de interés biológico).		reubicados.	
• Preparación del Sitio				Mantenimiento y Monitoreo de Sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre reubicada (80% de sobrevivencia de la flora rescatada y reubicada).	Mitigación	Sobrevivencia de individuos de flora silvestre rescatada y reubicada.	Asegurar la sobrevivencia de la flora silvestre rescatada y reubicada en un porcentaje igual o superior al 80%.	Anual durante un periodo de 5 años posteriores a la ejecución de la reubicación.	**NIF_{REU} / NIF_{RES} ≥ 0.8** NIF_{RES} es el número de individuos sanos rescatados; NIF_{REU} es el número de individuos sanos reubicados.	Bitácoras de la ejecución del monitoreo de sobrevivencia de la flora reubicada.
• Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales (incluye presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico).	Abundancia de especies.	Variación de la composición de la cobertura vegetal en el AP.	Plantación exclusivamente de especies características de los tipos de vegetación que fueron impactados por CUSTF en el AP, para actividades de revegetación en áreas de restauración de suelos y del programa de cierre.	Mitigación	Flora Silvestre en Acciones de Revegetación de Áreas Restauradas del Plan de Cierre.	Especies de flora silvestre utilizadas en la revegetación de áreas restauradas, deben estar incluidas en listados de especies de Matorral Desértico Micrófilo o Matorral Crasicaule, característicos del Sistema Ambiental Regional.	Único al término de la revegetación de áreas restauradas como parte del Plan de Cierre.	100% de especies de flora utilizadas para la revegetación de áreas restauradas deben estar incluidas en listados de la vegetación característica del SAR.	Bitácoras de ejecución del Programa de Restauración de Suelos y del Plan de Cierre.
• Cierre • Post-Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales (incluye presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de interés biológico).			Mantenimiento y Monitoreo de sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre plantada para acciones de revegetación.	Mitigación	Sobrevivencia de individuos de flora silvestre en acciones de revegetación de áreas restauradas.	Asegurar la sobrevivencia de la flora silvestre empleada para revegetación, en un porcentaje igual o superior al 80%.	Anual durante un periodo de 5 años posteriores a la ejecución de la revegetación.	**SCV_{REST} / S_{REST} ≥ 0.8** SCV_{REST} es la superficie con cobertura vegetal sana de áreas restauradas; S_{REST} es la superficie restaurada como parte del Plan de Cierre.	Bitácoras de la ejecución del Plan de Cierre.

Versión Pública

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

b) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental fauna silvestre

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto.	Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y especies endémicas de fauna silvestre.	Variación en la abundancia de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés biológico.	Ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.	Mitigación	Ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre que se identifique en el AP.	Asegurar la protección de todos los individuos y especies de fauna silvestre.	Actividad diaria con reporte Mensual durante la ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.	**$IFAI_{AP}$ = IFAR** $IFAI_{AP}$ = individuos de fauna de lento desplazamiento, identificados en el AP. IFR = individuos de fauna rescatados. **$IFAAR_{AP}$ = IFAH** $IFAAR_{AP}$ = individuos de fauna voladora y de rápido desplazamiento, identificados en el AP. IFAH = individuos de fauna ahuyentados.	Bitácoras de ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre: Bitácoras de ahuyentamiento de fauna; Bitácoras de rescate de fauna; Bitácoras de reubicación de fauna.
• Operación • Cierre • Post-cierre				Ejecución de acciones de monitoreo de fauna silvestre.	Mitigación	Monitoreo de fauna silvestre en obras e instalaciones del Proyecto y en áreas circundantes al AP.	Asegurar la protección de todos los individuos y especies de fauna silvestre durante la operación del Proyecto y al Cierre.	Actividad diaria con reporte trimestral durante la ejecución del Programa de Monitoreo Ambiental.	**$IFAI_{AP}$ = IFAR** $IFAI_{AP}$ = individuos de fauna de lento desplazamiento, identificados en el AP. IFR = individuos de fauna rescatados. **$IFAAR_{AP}$ = IFAH** $IFAAR_{AP}$ = individuos de fauna voladora y de rápido desplazamiento,	Bitácoras de ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre: Bitácoras de ahuyentamiento de fauna; Bitácoras de rescate de fauna; Bitácoras de reubicación de fauna;

Versión Pública

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									identificados en el AP. IFAH = individuos de fauna ahuyentados.	Bitácora del Monitoreo de Fauna Silvestre.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto.	Abundancia y composición de especies de fauna silvestre.	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento.	Se prohíbe la cacería, captura, colecta, consumo, comercialización, tráfico y la extracción de especies de fauna silvestre, así como el proporcionar alimentación a la fauna silvestre en el AP, en caminos de acceso y colindancias, por el personal que labore en el Proyecto.	Mitigación	Protección de fauna silvestre por depredación.	Asegurar la protección de todos los individuos y especies de fauna silvestre.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**SPFI / SPFP = 1** SPFI = señalética de protección de fauna instalada; SPFP = señalética de protección de fauna programada a ser instalada.	Evidencia de instalación de Señalética de prohibición de cacería, captura, colecta, consumo, comercialización, tráfico y la extracción de especies de fauna silvestre.
				Instalación de bebederos de agua para promover el desplazamiento dirigido de fauna silvestre.	Mitigación	Bebederos para fauna silvestre.	Asegurar la sobrevivencia de la fauna silvestre proporcionando fuentes alternas de agua.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**BFI / BFP = 1** BFI = Bebederos para fauna instalados; BFP = Bebederos para fauna programados a ser instalados.	Plano de ubicación de bebederos instalados; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto;			Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto para evitar atropellamiento de individuos de fauna silvestre.	Prevención Mitigación	Protección de fauna silvestre por atropellamiento.	Asegurar la protección de todos los individuos y especies de fauna silvestre ante posibilidad de atropellamiento	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**SCVI / SCVP = 1** SCVI = señalética de control de velocidad en caminos del AP instalada; SCVP = señalética de control de	Señalética y acciones para el control de velocidad vehicular en el área del Proyecto; Bitácora del Monitoreo de Fauna Silvestre.

Versión Pública

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
	Tránsito de vehículos en caminos del Proyecto y frentes de obra.						en AP.		velocidad en caminos del AP, programada a ser instalada; **IFMA = 0** IFMA = Individuos de fauna silvestre muertos por atropellamiento	
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre • Post-cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto.			Realizar acciones de inducción y capacitación a empleados de la empresa sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	Prevención Mitigación	Capacitación sobre la protección a fauna silvestre a personal participando en Proyecto.	Capacitación sobre protección de fauna silvestre a 100% del personal, incluidas empresas contratistas y subcontratistas	Capacitación al inicio del Proyecto a todo el personal o en una sesión inicial a todo personal de nuevo ingreso.	**NEP / NEC_{FS} = 1** NEP = Número de empleados en el Proyecto; NEC_{FS} = Número de empleados capacitados en protección de fauna silvestre.	Listas de Asistencia a las sesiones de capacitación sobre protección de fauna silvestre.
• Construcción • Operación • Cierre • Post-cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Construcción y operación de piletas de agua del proceso.			Colocar cercas perimetrales en piletas de agua (operativas).	Prevención Mitigación	Cerca perimetral en piletas de agua (operativas).	Asegurar la protección de fauna silvestre evitando el acceso a áreas operativas ante la presencia de piletas de agua.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**LCPPF = PPA** PPA = Perímetro de Piletas de Agua; LCPPF = longitud instalada de cercas perimetrales para protección de fauna.	Evidencia fotográfica de la instalación de cercos perimetrales.
• Construcción • Operación • Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Colocar equipos para ahuyentamiento de fauna (equipos sonoros para ahuyentamiento de aves de piletas).	Prevención Mitigación	Ahuyentamiento de avifauna del AP.	Protección del avifauna en el AP por ahuyentamiento mediante equipos sonoros.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**EAFI / EAFP = 1** EAFI = Equipos ahuyentadores de fauna instalados en AP; EAFP = Equipos ahuyentadores de fauna, programados a ser	Evidencia fotográfica de la instalación de equipos para el ahuyentamiento de fauna.

Versión Pública

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									instalados.	
• Preparación del Sitio • Construcción	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto.	Hábitat	Pérdida de hábitats de fauna: afectación temporal y puntual en los patrones de distribución de la fauna en el sitio del Proyecto por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales	Reubicación de fauna silvestre en sitios favorables a su hábitat preferentemente en PEA, AI y/o SAR.	Mitigación	Reubicación de fauna silvestre rescatada en hábitats favorables para su sobrevivencia.	Asegurar la sobrevivencia de fauna silvestre rescatada a través de su reubicación en hábitats favorables.	Mensual durante la ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.	**IFA_{RES} / IFA_{REU} = 1** IFA_{RES} es número de individuos rescatados de fauna; IFA_{REU} es número de individuos de fauna reubicados; 100% IFA_{REU} en áreas con vegetación forestal dentro del PEA, AI y/o SAR.	Bitácoras de reubicación de fauna silvestre; Anexo fotográfico.
• Preparación del Sitio				Reubicación de flora silvestre rescatada en áreas para favorecer la reconstitución de hábitats para fauna silvestre.	Mitigación	Hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas con cobertura vegetal.	Asegurar hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas con vegetación forestal en el PEA y/o AI del Proyecto.	Mensual durante la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.	100% reubicación de flora silvestre rescatada en áreas degradadas de Matorral Crasicaule o de Matorral Desértico Micrófilo dentro del PEA.	Bitácoras de ejecución de la reubicación de Flora Silvestre.
• Construcción • Cierre				Revegetación de áreas de aplicación de restauración de suelo y del programa de cierre para reconstituir hábitats para la fauna silvestre.	Mitigación	Hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas restauradas y revegetadas al cierre del Proyecto (en áreas temporales y permanentes).	Asegurar hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas con vegetación (por revegetación) en el PEA.	Semestral durante la ejecución del Plan de Cierre.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** ARS_{REV} = Área restauradas de Suelo con revegetación; ARS = Área restauradas de Suelo.	Bitácoras de ejecución del Programa de Restauración de Suelos y del Plan de Cierre.

Versión Pública

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto.	Movilidad de especies	Alteración de las rutas naturales de desplazamiento, disminución, pérdida o fragmentación del hábitat por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a ejecutarse.	El desmonte se deberá realizar de manera paulatina y direccionada, esto con el objetivo de permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas.	Prevención Mitigación	Protección de fauna silvestre durante desmonte y despalme.	Asegurar el desplazamiento y rescate de fauna silvestre previo a la ejecución del desmonte y despalme.	Mensual durante la ejecución del desmonte y despalme.	**SRFA / SE_{CUSTF} = 1** SRFA = superficie donde se ejecutó rescate de fauna; SE_{CUSTF} = Superficie donde se ejecutó CUSTF.	Bitácoras de ejecución del desmonte y despalme.
• Construcción • Operación • Cierre				Construcción y mantenimiento de pasos de fauna en sitios identificados como rutas de desplazamiento de fauna silvestre en el AP. Los pasos de fauna incluirán: [i] pasos a través de cauces por debajo de caminos, diseñados considerando el tipo de fauna que se desplazará; y [ii] pasos de fauna a lo largo del cerco perimetral de seguridad, en dimensiones acorde a la fauna local.	Mitigación	Pasos de fauna silvestre en el AP.	Asegurar el libre desplazamiento de fauna silvestre en rutas identificadas que atraviesan el AP.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**PFAI / RFA_{ID} = 1** PFAI = Pasos de fauna instalados en AP; RFA_{ID} = Rutas de desplazamiento de fauna identificados en el AP.	Plano de ubicación de obras de paso de fauna.

Versión Pública

Cuadro VI.2 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Fauna silvestre.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Construcción • Cierre				Revegetación de las áreas temporales de CUSTF y restauración del suelo, para promover la reconstitución de hábitats para la fauna silvestre.	Mitigación	Hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas temporales restauradas y revegetadas al cierre del Proyecto.	Asegurar hábitats para fauna silvestre rescatada en áreas temporales de CUSTF por revegetación.	Semestral durante la ejecución del Plan de Cierre.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** ARS_{REV} = Área restauradas de Suelo con revegetación; ARS = Área restaurada de Suelo.	Bitácoras de ejecución del Programa de Restauración de Suelos y del Plan de Cierre.

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

c) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental Atmósfera

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme en polígonos forestales; Actividades constructivas del Proyecto; Tránsito de vehículos y maquinaria a través de caminos internos del Proyecto.	Calidad del aire	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de NO_X en concentraciones por arriba de la LBA.	Riego de caminos en el Área del Proyecto empleando agua y/o supresor de polvos, cuando sea necesario en función de la temporada del año.	Mitigación	Riego de caminos para mitigar la emisión de polvos.	Disminuir la emisión de partículas fugitivas en caminos de operación del Proyecto.	Constante durante el desarrollo del Proyecto.	**$SA_{RC} \times fA_{RC} / SP_{RC} \times fP_{RC} = 1$** SA_{RC} = superficie donde se aplicó riego de control; fA_{RC} = frecuencia de aplicación del riego de control; SP_{RC} = superficie programada para riego de control; fP_{RC} = frecuencia programada del riego de control.	Boletas de pipas destinadas al riego de control.
				Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto.	Prevención Mitigación	Control de velocidad para mitigar la emisión de polvos.	Mitigar la emisión de polvos para mantener concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ por debajo de LBA	Constante durante el desarrollo del Proyecto.	**SCVI / SCVP = 1** SCVI = señalética de control de velocidad en caminos del AP instalada; SCVP = señalética de control de velocidad en caminos del AP, programada a ser instalada.	Señalética y acciones para el control de velocidad vehicular en el área del Proyecto; Anexo fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio	Desmonte y despalme en polígonos forestales.	Calidad del aire	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de NO_X en concentraciones por arriba de la LBA	Ejecutar el desmonte y despalme de manera direccionada, en función del avance del desarrollo del proyecto o del avance de obra.	Mitigación	Mitigación de la emisión de polvos a través de diversos medios en áreas sin cobertura vegetal por desmonte y despalme gradual.	Mitigar la emisión de polvos para mantener niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ por debajo de LBA.	Mensual durante la ejecución del desmonte y despalme.	**SE_{CUSTF} / SA_{CUSTF} ≤ 1** SE_{CUSTF} = Superficie donde se ejecutó CUSTF; SA_{CUSTF} = Superficie Autorizada por CUSTF.	Bitácoras de ejecución del desmonte y despalme.
• Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme en polígonos forestales; Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera, tajo y presa de jales.			Control de polvos en áreas operativas del tajo, tepetatera, presa de jales, mediante riego con agua y/o supresor de polvos en áreas identificadas como generadoras de emisión de partículas, cuando sea necesario en función de la temporada del año.	Mitigación	Riego de áreas operativas del tajo, tepetatera, presa de jales para mitigar la emisión de polvos.	Mitigar la emisión de partículas fugitivas en áreas de operación del Proyecto para mantener niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ por debajo de LBA	Permanente durante el desarrollo del Proyecto.	**$SA_{RC} \times fA_{RC} / SP_{RC} \times fP_{RC} = 1$** SA_{RC} = superficie donde se aplicó riego de control; fA_{RC} = frecuencia de aplicación del riego de control; SP_{RC} = superficie programada para riego de control; fP_{RC} = frecuencia programada del riego de control.	Boletas de pipas destinadas al riego de control.
• Construcción • Operación	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en áreas de trituración y molienda de mineral, así como de transferencia de mineral.			Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	Mitigación	Instalación de equipos con control de emisión de polvos en áreas de transferencia, de trituración y bandas transportadoras.	Mitigar la emisión de partículas fugitivas en áreas de transferencia, trituración y banda transportadora para mantener niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ por debajo de LBA.	Constante durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**ECP_{INST} / ECP_{PROG} = 1** ECP_{INST} = Equipos de control de polvos instalados; ECP_{PROG} = Equipos de control de polvos programados.	Evidencias fotográficas de instalación de equipos de control de polvos.

Versión Pública

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera y presa de jales.	Calidad del aire	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de NO_X en concentraciones por arriba de la LBA o del LMP	Instalación de cubierta diseñada en la presa de jales y en la tepetatera, incluyendo la revegetación de la corona.	Mitigación	Cubierta diseñada de la corona de los depósitos de residuos mineros (tepetatera y presa de jales) al cierre.	Mitigar la emisión y dispersión de polvos desde la presa de jales y tepetatera por la instalación de cubiertas diseñadas en su corona al cierre, para mantener niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ por debajo de LBA.	Semestral durante la etapa de cierre.	**SC_{DRM} / S_{DRM}= 1** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros; S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	Evidencias de la instalación de la cubierta diseñada y de su revegetación; Anexo Fotográfico.
• Construcción	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera y presa de jales.			Enrocamiento de los taludes de la presa de jales y de la tepetatera.	Mitigación	Enrocamiento de taludes de presa de jales y de tepetatera.	Mitigar la emisión de polvos desde el talud de la cortina contenedora de la presa de jales y de los taludes de la tepetatera, empleando roca estéril (tepetate).	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**ST_{RME} / ST= 1** ST_R = superficie de taludes con enrocamiento de material estéril; S_{DRM} = superficie de taludes en presa de jales y tepetatera.	Anexo Fotográfico.
• Construcción • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Restauración de suelo, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	Mitigación	Restauración y revegetación de suelo al cierre del Proyecto.	Mitigar la emisión de polvos por erosión y dispersión de suelo expuesto.	Semestral durante la etapa de cierre.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARSR_{EVEGETADA}$ = Área restaurada de suelo con revegetación; ARS = Área restauradas.	Evidencias fotográficas de la ejecución de la restauración del suelo y de su revegetación.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Uso de vehículos y maquinaria de combustión interna.	Calidad del aire	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de NO_X en concentraciones	Mantenimiento de la flotilla de vehículos ligeros y pesados, y maquinaria empleados en el Proyecto.	Mitigación	Mantenimiento de vehículos y maquinaria para prevenir la emisión de contaminantes.	Mitigar la emisión de contaminantes por vehículos y maquinaria de combustión en	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**SEM_{VP} / N_{VP} = 1** SEM_{VP} = Servicios ejecutados de mantenimiento de vehículos empleados en el Proyecto;	Bitácoras de mantenimiento de vehículos y maquinaria.

Versión Pública

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
			por arriba de la LBA o del LMP				mal estado de funcionamiento.		N_{VP} = Número de vehículos en el Proyecto.	
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre • Post-cierre	Uso de vehículos y maquinaria de combustión interna, con empleo de diésel.			Uso de combustible diésel con bajo contenido de azufre.	Mitigación	Uso de combustible diésel con bajo contenido de azufre.	Disminuir la concentración de emisiones contaminantes.	Semestral durante todas las etapas de desarrollo del Proyecto.	**$V_{CVP} = V_{DBS}$** V_{CVP} = Volumen de combustible usado por vehículos en Proyecto (con motor a diésel); V_{DBS} = Volumen de diésel bajo en azufre empleado en vehículos.	Bitácoras del almacén de combustibles en sitio.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.	Calidad del aire	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de NO_X en concentraciones por arriba de la LBA o del LMP.	Monitoreo de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y NO_2 por laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y autorizado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).	Mitigación	Monitoreo de control de emisiones (PM_{10}, $PM_{2.5}$, NO_2).	Seguimiento y vigilancia de las emisiones atmosféricas que estén asociadas al desarrollo del Proyecto para prevenir o aplicar acciones correctivas.	Trimestral durante las etapas de preparación de sitio, construcción, operación y cierre.	Concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ y NO_2 < Límite normativo o de valores línea base; **$MoE_E = MoE_P$** MoE_E = Monitoreo de emisiones ejecutado; MoE_P = Monitoreo de emisiones programado.	Evidencias de la ejecución del monitoreo: Informes del laboratorio acreditado y cadenas de custodia.
• Operación	Ejecución de voladuras en tajo.	Ruido y Vibraciones	Incremento en los niveles de ruido ambiental por las actividades del Proyecto.	Realizar voladuras que incrementen el nivel sonoro exclusivamente en horario diurno.	Mitigación	Control de ejecución de voladuras en tajo en horario diurno.	Evitar el incremento del nivel sonoro en horario nocturno por la ejecución de voladuras no controladas.	Por evento durante la etapa de operación.	**VET_D 100% en horario diurno** Donde: VETD = Voladuras ejecutadas en el tajo por día.	Bitácoras de voladuras en tajo.
• Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto			Construcción y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el	Mitigación	Cortinas verdes en AP frente a campo visual de centros de población.	Instalar cortinas verdes en el AP, frente al campo visual de centros de población seleccionados	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**$CVI / CP_{CVAP}=1$** CVI = Cortina verde instalada; CP_{CVAP} = Centro de población con campo	Evidencias de la instalación de las cortinas verdes; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				SAR.			ubicados dentro del AI del Proyecto.		visual al AP.	
• Construcción • Operación	Construcción y operación del Proyecto en las áreas de proceso: trituración, molienda y beneficio de minerales.	Ruido y Vibraciones	Incremento en los niveles de ruido ambiental por las actividades del Proyecto	Empleo de equipos e instalaciones para disminuir la generación de ruido que incremente el nivel sonoro.	Mitigación	Instalaciones y equipos para mitigar el incremento del nivel sonoro por la operación del Proyecto.	Mitigar el incremento del nivel sonoro por la operación del Proyecto en el AI mediante la construcción de instalaciones e instalación de equipos que reducen el ruido.	Anual durante las etapas de construcción y operación durante un periodo de 3 años, demostrando que no se incrementan los niveles sonoros en el AI respecto a los niveles de línea base.	Nivel Sonoro equivalente medido conforme a NOM-081-SEMARNAT-1994 < Límite normativo.	Informe de Empresa acreditada por EMA y autorizada por PROFEPA.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Monitoreo de ruido aplicando lo que dicta la NOM-081-SEMARNAT-1994 para los límites máximos permisibles del nivel sonoro.	Monitoreo	Monitoreo de ruido conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994.	Monitoreo y seguimiento del nivel sonoro durante el desarrollo del Proyecto para asegurar el cumplimiento de los límites normativos permisibles.	Anual en las etapas de construcción y operación durante 3 años, demostrar que no se incrementan los niveles sonoros.	Nivel Sonoro equivalente medido conforme a NOM-081-SEMARNAT-1994 < Límite normativo.	Informe de Empresa acreditada por EMA y autorizada por PROFEPA (durante 3 años hasta demostrar que no se incrementan los niveles sonoros).
• Operación	Ejecución de voladuras en tajo.		Incremento en los niveles de vibraciones por las voladuras.	Aplicación de método de voladuras para disminuir el nivel de vibraciones.	Mitigación	Control de voladuras mediante método controlado y validado para disminuir vibraciones por su ejecución.	Evitar el incremento de vibraciones por el efecto de las voladuras en el Tajo.	Constante durante la etapa operativa demostrando que no se incrementan los niveles de vibraciones.	**AVVT / ≤ 1** AVVVT = alcance de vibraciones por voladuras en el AI del Proyecto.	Informe del Monitoreo de vibraciones durante voladuras.
• Operación	Ejecución de voladuras en tajo.			Realizar voladuras exclusivamente en horario diurno	Mitigación	Ejecución de voladuras en el tajo en horario	Limitar el incremento del ruido y	Semestral durante las etapas de construcción y	**VET_D 100% en horario diurno**	Bitácoras de voladuras en el

Versión Pública

Cuadro VI.3 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Atmósfera.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Etapa del Proyecto			Indicador		
					Tipo de Medida	Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				programado.		diurno.	vibraciones por voladuras en el tajo al horario diurno.	operación.	VET_D = Voladuras ejecutadas en tajo por día.	tajo.

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

d) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental suelo

Cuadro VI.4 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Suelo

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Instalación, almacenamiento y uso de reactivos o sustancias.	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos: Susceptibilidad de contaminación al suelo por sustancias tóxicas y/o peligrosas.	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso, deberá contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas, etc., así como contar con y ejecutar un Plan de atención a contingencias.	Mitigación	Contención de derrames contaminantes en suelo.	Contener los derrames de materiales, reactivos o sustancias contaminantes en áreas operativas del Proyecto.	Mensual durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.	100% recuperación de derrames en áreas operativas.	Bitácoras de atención a contingencias; Anexo Fotográfico.
• Construcción • Operación	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en áreas de trituración y molienda de mineral, así como de transferencia de mineral.			Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	Mitigación	Instalación de equipos con control de emisión de polvos en áreas de transferencia, trituración y bandas transportadoras.	Mitigar la emisión de partículas fugitivas en áreas de transferencia, trituración y banda transportadora, para evitar la contaminación de suelo.	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**ECP_{INST} / ECP_{PROG} = 1** ECP_{INST} = Equipos de control de polvos instalados; ECP_{PROG} = Equipos de control de polvos programados.	Evidencias fotográficas de instalación de equipos de control de polvos.
• Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera y presa de jales, cuyas características	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos: Susceptibilidad de contaminación al suelo por sustancias tóxicas y/o peligrosas.	Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al	Mitigación	Cubierta diseñada de la corona de los depósitos de residuos mineros al cierre.	Mitigar la emisión y dispersión de polvos, así como la generación de drenajes ácidos, desde la presa de jales y tepetatera por la instalación	Semestral durante la etapa de cierre.	**SC_{DRM} / S_{DRM}= 1** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros;	Evidencias de la instalación de la cubierta diseñada y de su revegetación: Reporte Fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.4 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Suelo

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
	son materiales fragmentados con capacidad de generar drenajes ácidos.			cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como la generación de drenajes ácidos.			de cubiertas diseñadas en su corona al cierre, para evitar la contaminación de suelo.		S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	
• Operación	Transporte de concentrados minerales.			Uso de cubiertas en camiones de transporte de concentrados o uso de camiones en cajas cerradas para el transporte de concentrados.	Mitigación	Cubierta de cajas en camiones de transporte de concentrados.	Mitigar la dispersión de partículas de concentrado desde camiones para evitar la contaminación de suelo.	Semestral durante la etapa de Operación.	**$NVTM_C$ / NVTM = 1** $NVTM_C$ = número de vehículos de transporte de concentrado con cubierta; NVTM = número de vehículos de transporte de concentrado.	Evidencias de la cajas cerradas o cubiertas de transporte de concentrado en vehículos: Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Derrames de sustancias o productos minerales del proceso en suelo dentro del AP o el AI del Proyecto.			Aplicación de acciones de remediación o limpieza de suelo en caso de derrames de combustibles, sustancias, mineral o pulpas de proceso.	Correctiva	Remediación de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos, sustancias o pulpas del proceso de beneficio.	Alcanzar los niveles de contaminantes a las concentraciones de línea base ambiental o por debajo de límites normativos permisibles.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**SS_R / SS_C = 1** SSR = superficie de suelo remediado; SSC = superficie de suelo contaminado por derrames o contingencias.	Plan de limpieza o remediación del suelo en función de contaminante y de superficie contaminada; Bitácoras de remediación.
• Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del	Calidad del Suelo	Degradación del suelo/remoción del suelo superficial: capacidad de desarrollo y sostener	Restauración de suelo, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	Mitigación	Restauración y revegetación de suelo al cierre del Proyecto.	Restaurar y revegetar el suelo para restituir áreas forestales al cierre del	Semestral durante la etapa de cierre del Proyecto.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARS_{REVEGETADA}$ = Área restaurada de	Bitácoras de ejecución del programa de restauración de suelo;

Versión Pública

Cuadro VI.4 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Suelo

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
	Proyecto.		vegetación				Proyecto.		suelo con revegetación; ARS = Área restaurada de suelo.	Anexo Fotográfico.
• Cierre	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales; Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se plantarán especies de protección del suelo, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.	Mitigación	Revegetación de áreas restauradas empleando vegetación característica del SAR.	Ejecutar la restauración de áreas al cierre que incluya la revegetación con especies de flora característica del SAR para reconstituir la biodiversidad al cierre del Proyecto.	Semestral durante la etapa de cierre del Proyecto.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARS_{REVEGETADA}$ = Área restaurada y revegetada de suelo con vegetación característica del SAR; ARS = Área restauradas de suelo.	Bitácoras de ejecución del programa de restauración de suelo; Anexo Fotográfico.
• Cierre • Post-cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Realizar el retiro de instalaciones al término de la operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto. Llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro del suelo, para ejecutar su restauración final, previa evaluación de los requerimientos de remediación.	Mitigación	Retiro de instalaciones y limpieza de áreas del Proyecto al cierre.	Retirar las instalaciones del Proyecto y limpiar sus áreas al cierre, previa ejecución de la restauración y revegetación del suelo al cierre.	Semestral durante las etapas de cierre y post-cierre del Proyecto.	**AS_{REST} / ASR_{INST} = 1** AS_{REST} = áreas de suelo restauradas; ASRINST = áreas de suelo donde se retiraron instalaciones y se limpió el suelo, previas acciones de restauración.	Bitácoras de ejecución del Plan de Cierre; Bitácoras de ejecución del Programa de restauración de suelo; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del	Calidad del Suelo	Degradación del suelo/remoción del suelo superficial: capacidad de desarrollo y sostener	Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización	Mitigación	Recuperación y mantenimiento del suelo orgánico producto del desmonte y	Recuperar y mantener el suelo orgánico durante el desmonte y despalme para reincorporar en	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción,	**SORM / SOPRS = 1** SORM = Suelo orgánico recuperado y	Bitácoras de ejecución del programa de restauración de suelo;

Versión Pública

Cuadro VI.4 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Suelo

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Cierre	Proyecto.		vegetación.	del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en la restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre.		despalme de los polígonos forestales para utilizar en acciones de conservación y restauración de suelo.	áreas restauradas con fines de conservación del suelo.	operación y cierre del Proyecto.	mantenido; SOPRS = Suelo orgánico aplicado al programa de restauración de suelos.	Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.	Procesos de erosión y modificación de las características físicas del suelo.	Incremento en la erosión y pérdida del suelo en Áreas del Proyecto.	Construcción de obras de control de erosión de suelo, en áreas del Proyecto identificadas como favorables para el proceso erosivo.	Mitigación Compensación	Protección de suelo de la erosión mediante construcción de obras de retención de suelo.	Disminuir el potencial de erosión de suelo y favorecer la retención del suelo en áreas vulnerables al proceso erosivo dentro del AP.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y cierre del Proyecto.	**m^3ES_P / $m^3ES_0 \leq 1$** m^3ES_P = metros cúbicos de suelo retenido por obras de control de erosión; m^3ES_0 = metros cúbicos de suelo erosionado por el desarrollo del Proyecto.	Bitácoras de ejecución del programa de restauración de suelo; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

e) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental agua (superficial y subterránea)

Cuadro VI.5 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Superficial.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de Cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Construcción de obras e instalaciones del Proyecto en el AP, interrumpiendo la libre escorrentía.	Cantidad (Disponibilidad)	Disminución de la carga en los escurrimientos superficiales.	Construcción y operación de canales de captación y derivación de agua superficial (de no contacto) que permitirán dirigir el agua de lluvia y escorrentías fuera de áreas operativas para reincorporarse al ambiente aguas abajo en las mismas microcuencas.	Mitigación	Captación y derivación del agua de no contacto para retribuir a la cuenca hidrológica.	Captar el agua pluvial de no contacto aguas arriba del AP para derivarla y retribuirla a la cuenca hidrológica.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto.	**$NCOD_{ANC}$ / $NPOD_{ANC}$ = 1** NCODANC = número de obras de derivación de agua de no contacto construidas; NPODANC = número de obras de derivación de agua de no contacto programadas.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Construcción de obras e instalaciones del Proyecto en el AP, interrumpiendo la libre escorrentía.			Construcción y operación de obras (alcantarillas y vados) para permitir la libre escorrentía (agua de no contacto).	Mitigación	Libre escorrentía del agua pluvial (no contacto) dentro de las instalaciones del Proyecto, mediante la construcción y mantenimiento de vados y alcantarillas.	Permitir la libre escorrentía de agua de no contacto den las obras e instalaciones mediante la construcción y mantenimiento de vados y alcantarillas.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto.	**$NCOLE_{ANC}$ / $NPOLE_{ANC}$ =1** $NCOLE_{ANC}$ = número de obras para libre escorrentía construidas; $NPOLE_{ANC}$ = número de obras para libre escorrentía programadas.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Construcción • Operación	Uso de agua en el proceso de beneficio de minerales y actividades del Proyecto.	Cantidad (Disponibilidad)	Disminución de la carga en los escurrimientos superficiales.	Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir	Mitigación	Manejo de agua en circuito cerrado durante la operación del Proyecto.	Mantener un circuito cerrado en el agua de consumo de actividades operativas para reducir el consumo de las fuentes externas	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**VA_{FE} =0** **V_{AD} = 0** VA_{FE} = Volumen de agua procedente de una fuente externa (no agua de contacto ni agua de laboreo);	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

				de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito cerrado; [ii] la recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales.			de diseño: agua de contacto y agua de laboreo.		V_{AD} = volumen descargado de agua de proceso.	
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Desaguado del área del tajo y descarga del agua de laboreo excedente, no empleada en el Proyecto.			Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces (federales) que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto.	Mitigación	Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente.	Restituir a la cuenca hidrológica el agua de laboreo excedente, que se extrae por el desaguado del tajo y no se incorpora al ciclo de vida del proceso.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto.	**m^3AL_{ER} / m^3AL_E = 1** m^3AL_{ER} = metros cúbicos de agua de laboreo excedente reintegrados a la cuenca hidrológica en cauces federales; m^3AL_E = metros cúbicos de agua de laboreo excedente.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

• Construcción • Operación	Uso de agua de contacto en el proceso de beneficio de minerales y actividades del Proyecto.	Cantidad (Disponibilidad)	Disminución de la carga en los escurrimientos superficiales.	Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será almacenado para su empleo en el Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo.	Mitigación	Empleo de agua de contacto para disminuir el consumo de agua de laboreo.	Emplear el agua de contacto disponible en el AP para disminuir el consumo de agua de laboreo.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto.	**AC_{EP} / AP_{AP} = 1** AC_{EP} = agua de contacto empleada en Proyecto; AP_{AP} = agua de contacto captada en el AP; **D_{AC} = 0** D_{AC} = Descargas de agua de contacto.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Cierre • Post-cierre	Formación de reservorio de agua en el tajo al cierre, por la recuperación natural del nivel freático al terminar las acciones de desaguado en el área del tajo.			Al cierre del Proyecto, limitar la pérdida por evaporación del agua que se acumule en el tajo y promover la formación de un reservorio en el tajo hasta que alcance el equilibrio.	Mitigación	Pérdida por evaporación del agua acumulada en el tajo al cierre de la operación de minado.	Disminuir la pérdida por evaporación de agua acumulada en el Tajo al cierre de la operación.	Semestral durante las etapas de cierre y post-cierre.	**SA_{TC} / SAP_{TC} ≥ 0.9** SA_{TC} = superficie del espejo del agua en el tajo al cierre; SAP_{TC} = superficie proyectada del espejo del agua en el tajo al cierre.	Informes del Programa de Manejo de Agua al cierre del Proyecto, como parte del Plan de Cierre; Informe del Programa de Monitoreo de Post-Cierre; Anexo Fotográfico.
• Construcción • Operación	Descarga accidental de agua del proceso en cauces del AP y AI.	Calidad	Alteración de la calidad química del agua superficial.	Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito	Mitigación	Manejo de agua en circuito cerrado durante la operación del Proyecto.	Mantener un circuito cerrado en el agua de consumo de actividades operativas para reducir el consumo de las fuentes externas de diseño: agua de contacto y agua de laboreo.	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**VA_{FE} =0** **V_{AD} = 0** VA_{FE} = volumen de agua procedente de una fuente externa (no agua de contacto ni agua de laboreo); V_{AD} = volumen descargado de agua de proceso.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

				cerrado; [ii] la recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales.						
• Construcción • Operación • Cierre	Uso de agua en el proceso de beneficio de minerales y actividades del Proyecto; eventos extremos de precipitación pluvial.	Calidad	Alteración de la calidad química del agua superficial.	Construcción y operación de piletas de captación de agua y bordos de contingencias diseñados para una lluvia de 24 horas, periodo de retorno de 100 años y un bordo libre de 3 m.	Mitigación	Piletas y bordos de contingencias para captación de agua.	Diseñar, construir y operar piletas y bordos de contingencias para captación de agua conforme a lluvia de 24 horas, periodo de retorno de 100 años y un bordo libre de 3 m.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**NC_{OMA} / NP_{OMA} = 1** NC_{OMA} = número de obras para el manejo de agua construidas; NP_{OMA} = número de obras para el manejo de agua programadas por diseño.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Generación de aguas residuales durante todas las etapas del Proyecto.			Implementar infraestructura apropiada para la captura, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas, según aplique, sea instalación de sanitarios portátiles o planta tratadora móvil o biodigestores. Instalar y operar las plantas tratadoras móvil	Mitigación	Captura, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas, según aplique.	Manejo de aguas residuales conforme a reglamento, tratamiento en caso de que aplique, para no provocar impactos por aguas residuales.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y cierre del Proyecto.	**V_{ART} / V_{ARP} = 1** V_{ART} = volumen de aguas residuales tratadas en biodigestor o en PTAR móvil; V_{ARP} = Volumen de aguas residuales producidas.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre • Post-cierre	Uso de agua en el proceso de beneficio de minerales y actividades del Proyecto.	Calidad	Alteración de la calidad química del agua superficial.	Monitoreo periódico de la calidad química del agua superficial en cuerpos de agua ubicados aguas arriba y aguas abajo del AP.	Mitigación	Monitoreo de calidad química del agua superficial aguas arriba y aguas abajo del AP.	Dar seguimiento a la calidad química del agua superficial para asegurar que no existe impacto en la calidad por el desarrollo del Proyecto.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**MoE_{ASUP} / MoP_{ASUP} = 1** MoE_{ASUP} = Monitoreo Ejecutado de Agua Superficial; MoP_{ASUP} = Monitoreo Programado de	Bitácoras y cadenas de custodia del muestreo y análisis por laboratorio acreditado. Informe del Programa de Monitoreo

Versión Pública

									Agua Superficial.	Ambiental. Informe del Programa de Vigilancia Ambiental.

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cambio	Fuente de Información
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en los polígonos forestales; Ejecución del desmonte y despalme en el AP.	Recarga del agua subterránea	Disminución en la recarga de los acuíferos.	Ejecutar el CUSTF exclusivamente en las superficies autorizadas del AP para limitar la disminución de la captación del agua por infiltración.	Mitigación	Ejecución de CUSTF en áreas autorizadas para limitar la disminución de la captación del agua por infiltración.	Limitar la pérdida de captación de agua por infiltración al ejecutar el CUSTF exclusivamente en áreas autorizadas del AP.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio y construcción, del Proyecto.	**SE_{CUSTF} / SA_{CUSTF} ≤ 1** SE_{CUSTF} = Superficie donde se ejecutó CUSTF; SA_{CUSTF} = Superficie autorizada por ejecutar CUSTF; **SNA_{CUSTF} = 0** SNA_{CUSTF} = Superficie No Autorizada, donde se ejecutó CUSTF.	Bitácoras de CUSTF; Anexo fotográfico.
• Cierre • Post-cierre	Ejecución del desmonte y despalme en el AP; Construcción de obras e instalaciones temporales y permanentes.			Ejecutar la restauración del suelo y la revegetación para la reintegración del factor de captación por infiltración como parte del programa de Cierre.	Mitigación	Restauración y revegetación del suelo para reintegrar la captación de agua por infiltración.	Incrementar la captación de agua por infiltración al restituir el suelo y cubierta vegetal en áreas restauradas del Proyecto al cierre.	Semestral durante las etapas de cierre y post-cierre, del Proyecto.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARS_{REVEGETADA}$ = Área restaurada de suelo con revegetación; ARS = Área restaurada de suelo.	Informes de Ejecución del Plan de Cierre; Informe del Programa de Restauración y Conservación de Suelos; Anexo Fotográfico.
• Construcción • Operación	Uso de agua en el proceso de beneficio de minerales y actividades del Proyecto; Construcción de obras e instalaciones del Proyecto en el AP.	Recarga del agua subterránea	Disminución en la recarga de los acuíferos.	Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será captada, almacenada, recuperada y reutilizada para empleo en el	Mitigación	Aprovechar y optimizar el uso de agua de contacto (por precipitación directa y escurrimiento en AP) para disminuir el consumo de agua de laboreo.	Disminuir el volumen de consumo de agua de laboreo durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**VA_{FE} =0** **V_{AD} = 0** VA_{FE} = volumen de agua procedente de una fuente externa (no agua de contacto ni agua de laboreo); V_{AD} = volumen descargado de agua de proceso.	Informe del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental.

Versión Pública

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cambio	Fuente de Información
				Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo.						
• Construcción • Operación • Cierre	Ejecución del desmonte y despalme en el AP; Construcción de obras e instalaciones temporales y permanentes.			Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero.	Mitigación, Compensación	Optimización de la operación de bordos existentes para la captación de agua pluvial.	Incrementar la captación de agua pluvial para la recarga del acuífero a través de la adecuación de bordos artificiales existentes.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**NBA_{CA} / NBA_{DP} = 1** NBACA = número de bordos de agua construidos o adecuados; NBADP = número de bordos de agua programados.	Informe del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Construcción de obras e instalaciones del Proyecto en el AP, interrumpiendo la libre escorrentía.	Recarga del agua subterránea	Disminución en la recarga de los acuíferos.	Construcción y operación de canales de captación y derivación de agua superficial (de no contacto) que permitirán dirigir el agua de lluvia y escorrentías fuera de áreas operativas para reincorporarse al ambiente aguas abajo en las mismas microcuencas.	Mitigación	Captación y derivación del agua de no contacto para retribuir a la cuenca hidrológica.	Captar el agua pluvial de no contacto aguas arriba del AP para derivarla y retribuirla a la cuenca hidrológica.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto.	**$NCOD_{ANC}$ / $NPOD_{ANC}$ = 1** NCODANC = número de obras de derivación de agua de no contacto construidas; NPODANC = número de obras de derivación de agua de no contacto programadas.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Desaguado del área del tajo y descarga del agua de laboreo excedente, no empleada en el Proyecto.	Nivel Freático	Disminución del nivel freático.	Retorno a la cuenca hidrológica del excedente del agua de laboreo, a través de una descarga distribuida en cauces que disponen de bordos para favorecer su infiltración.	Mitigación	Retorno a la cuenca hidrológica del excedente del agua de laboreo.	Reincorporar a la cuenca hidrológica y acuífero correspondiente el agua de laboreo excedente que se extrae durante el descapote del área del tajo.	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**m^3AL_{ER} / m^3AL_E = 1** m^3AL_{ER} = metros cúbicos de agua de laboreo excedente reintegrados a la cuenca hidrológica en cauces federales con presencia de bordo adecuados; m^3AL_E = metros cúbicos de agua de	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cambio	Fuente de Información
									laboreo excedente.	
• Construcción • Operación • Cierre	Ejecución del desmonte y despalme en el AP; Construcción de obras e instalaciones temporales y permanentes.	Nivel Freático	Disminución del nivel freático.	Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero.	Mitigación, Compensación	Optimización de la operación de bordos existentes para la captación de agua pluvial.	Incrementar la captación de agua pluvial para la recarga del acuífero a través de la adecuación de bordos artificiales existentes.	Semestral durante las etapas de construcción, operación, y cierre del Proyecto.	**NBA_{CA} / NBA_{DP} = 1** NBACA = número de bordos de agua construidos o adecuados; NBADP = número de bordos de agua programados.	Informe del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desaguado del área del tajo y consecuente disminución del nivel freático.			Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua.	Compensación	Acciones de compensación del Programa Social de Acceso al Agua.	Fortalecer y mejorar el acceso al agua en comunidades en el AI.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**AE_{PSAA} / AP_{PSAA} = 1** AE_{PSAA} = acciones ejecutadas del Programa Social de Acceso al Agua; AP_{PSAA} = acciones programadas del Programa Social de Acceso al Agua.	Informe del Programa Social de Acceso al Agua.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación	Instalación, almacenamiento y uso de reactivos o sustancias.	Calidad del agua subterránea	Alteración de la calidad química del agua subterránea.	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso deberán contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas etc., así como contar con y ejecutar un Plan de atención a	Mitigación	Contención de derrames contaminantes en agua subterránea.	Contener los derrames de materiales, reactivos o sustancias contaminantes en áreas operativas del Proyecto que puedan contaminar agua subterránea.	Semestral durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.	100% recuperación de derrames en áreas operativas.	Bitácoras de atención a contingencias; Anexo fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cambio	Fuente de Información
				contingencias.						
• Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera y presa de jales, cuyas características son materiales fragmentados con capacidad de generar drenajes ácidos.			Instalación de cubierta diseñada en la presa de jales y en la tepetatera, incluyendo la revegetación de la corona.	Mitigación	Cubierta diseñada de la corona de los depósitos de residuos mineros al cierre.	Mitigar la generación de drenajes ácidos desde la presa de jales y tepetatera por la instalación de cubiertas diseñadas en su corona al cierre.	Semestral durante la etapa de cierre.	**SC_{DRM} / S_{DRM}= 1** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros; S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	Evidencias de la instalación de la cubierta diseñada y de su revegetación; Reporte Fotográfico.
• Operación • Cierre	Depósito de material estéril con potencial de liberación de PAG en la tepetatera de acuerdo con el plan de depositación para que el material tepetate PAG sea encapsulado por tepetate no PAG.	Calidad del agua subterránea	Alteración de la calidad química del agua subterránea.	Plan de depositación y manejo de tepetate PAG a lo largo de la operación. Monitoreo de la calidad de agua subterránea aguas abajo de la tepetatera, a través de la construcción de dos pozos. Recuperación del agua infiltrada para su reúso o para su tratamiento a concentraciones de LBA.	Mitigación	Monitoreo de agua de contacto desde la tepetatera.	Colectar agua desde la tepetatera.	Semestral durante las etapas de operación, cierre y post-cierre del Proyecto.	**Si CASE> CLBA** Construcción de pozos colectores de agua subterránea aguas debajo de la tepetatera; CASE= Concentración de elementos en agua subterránea; CLBA = Concentración de Línea Base Ambiental en agua subterránea.	Informes del Programa de Manejo de Agua; Informe del Programa de Vigilancia Ambiental; Anexo Fotográfico.
• Operación • Cierre • Post-cierre	Generación de drenaje ácido y/o lixiviación de metales por interacción del material estéril			Cumplimiento concentraciones de línea base para agua subterránea aguas abajo del AP dentro de su AI;	Mitigación	Tratamiento o reúso de agua subterránea impactada por concentraciones superiores a la	En caso de impacto por actividades del Proyecto en agua subterránea, mantener	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**$CASE < C_{LBA}$** CASE = Concentración de elementos en agua subterránea; C_{LBA} =	Plan de remediación; bitácora de muestreo y cadenas de custodia,

Versión Pública

Cuadro VI.6 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Agua Subterránea.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cambio	Fuente de Información
	depositado en la presa de jales, con agua pluvial, e infiltración del agua.			recuperación para su reúso en proceso o tratamiento para cumplir concentración de línea base.		línea base ambiental.	concentraciones de elementos por debajo de las concentraciones de Línea Base.		Concentración de Línea Base Ambiental en agua subterránea;	resultados de análisis conforme a NOM, bitácoras de remediación; muestreo final comprobatorio.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre • Post-Cierre	Generación de drenaje ácido y/o lixiviación de metales por interacción del material estéril depositado en la presa de jales, con agua pluvial, e infiltración del agua contaminada.	Calidad del agua subterránea	Alteración de la calidad química del agua subterránea.	Monitoreo periódico de la calidad química del agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP.	Mitigación	Monitoreo de calidad química del agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP.	Dar seguimiento a la calidad química del agua subterránea para asegurar que no existe impacto en la calidad por el desarrollo del Proyecto.	Semestral durante el desarrollo del Proyecto.	**MoE_{ASUB} / MoP_{ASUP} = 1** MoE_{ASUP} = Monitoreo Ejecutado de Agua Subterránea; MoP_{ASUB} = Monitoreo Programado de Agua Subterránea.	Bitácoras y cadenas de custodia del muestreo y análisis por laboratorio acreditado; Informe del Programa de Monitoreo Ambiental.

Versión Pública

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

f) Medidas para los impactos ambientales en el factor ambiental paisaje

Cuadro VI.7 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Paisaje.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio	Eliminación de la cobertura vegetal en polígonos forestales.	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	Limitar la remoción de la cobertura vegetal a las áreas con cobertura vegetal autorizadas por CUSTF.	Prevención	CUSTF limitado a la Superficie Autorizada.	Limitar la remoción de la cobertura vegetal a las áreas autorizadas por CUSTF.	Mensual durante desarrollo del CUSTF.	**S_{CUSTF} / SA_{CUSTF} ≤ 1** S_{CUSTF} = superficie donde se ejecutó el CUSTF; SA_{CUSTF} = superficie autorizada para ejecutar CUSTF; **SNA_{CUSTF} = 0** SNA_{CUSTF} = superficie no autorizada donde se ejecute CUSTF.	Bitácoras de CUSTF.
• Cierre	Construcción de obras e instalaciones permanentes del Proyecto.			Al término de la etapa de Operación y una vez iniciadas las actividades de Cierre (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT), se procederá con el retiro de estructuras, limpieza (retiro de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto), y remediación, en caso sea necesario, de las áreas ocupadas por el Proyecto.	Mitigación	Retiro de instalaciones y limpieza del sitio al cierre.	Preparar el sitio al cierre previo inicio de las acciones de restauración y revegetación del sitio al cierre.	Semestral durante la etapa de Cierre.	**APC_E / APC_A = 1** APCE = Acciones ejecutadas del Plan de Cierre; APCA = Acciones programadas y autorizadas del Plan de Cierre.	Bitácoras de ejecución del Programa de Cierre; Anexo fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.7 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Paisaje.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	Restauración de suelo, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	Mitigación	Restauración y revegetación de suelo al cierre del Proyecto.	Restaurar y revegetar el suelo para restituir áreas forestales al cierre del Proyecto.	Semestral durante la etapa de cierre del Proyecto.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARS_{REVEGETADA}$ = Área restaurada de suelo con revegetación; ARS = Área restauradas de suelo.	Bitácoras de ejecución del programa de restauración de suelo; Anexo Fotográfico.
• Construcción • Operación • Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera y presa de jales, cuyas características son materiales fragmentados con capacidad de generar drenajes ácidos.			Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos; e instalación de una cubierta diseñada en la cresta de la tepetatera y de la presa de jales, la cual deberá sostener vegetación característica de los tipos de vegetación en el SAR.	Mitigación	Enrocamiento de taludes de presa de jales y de tepetatera; e instalación de cubierta diseñada de la corona de los depósitos de residuos mineros al cierre.	Incrementar la calidad paisajística al cierre del Proyecto.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**ST_{RME} / ST = 1** ST_R = superficie de taludes con enrocamiento de material estéril; S_{DRM} = superficie de taludes en presa de jales y tepetatera; **SC_{DRM} / S_{DRM}= 1** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros; S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	Bitácoras de ejecución del Programa de Cierre; Anexo fotográfico.

Versión Pública

Cuadro VI.7 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Paisaje.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Cierre	Construcción de obras e instalaciones permanentes del Proyecto.	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	Al término de la etapa de Operación y una vez iniciadas las actividades de Cierre (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT), se procederá con el retiro de estructuras, limpieza (retiro de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto), y remediación en caso necesario de las áreas ocupadas por el Proyecto.	Mitigación	Retiro de instalaciones y limpieza del sitio al cierre.	Preparar el sitio al cierre previo inicio de las acciones de restauración y revegetación del sitio al cierre, para incrementar la calidad paisajística al cierre.	Semestral durante la etapa de cierre.	**APC_E / APC_A = 1** APCE = Acciones ejecutadas del Plan de Cierre; APCA = Acciones programadas y autorizadas del Plan de Cierre.	Bitácoras de ejecución del Programa de Cierre; Anexo fotográfico.
• Construcción • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Restauración de suelo, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	Mitigación	Restauración y revegetación de suelo al cierre del Proyecto.	Incrementar la calidad paisajística al cierre con la restauración y revegetación del sitio.	Semestral durante la etapa de cierre.	**$ARS_{REVEGETADA}$ / ARS = 1** $ARSR_{EVEGETADA}$ = Área restaurada de suelo con revegetación; ARS = Área restauradas.	Evidencias fotográficas de la ejecución de la restauración del suelo y de su revegetación.
• Construcción • Operación • Cierre	Desmonte y despalme; Actividades constructivas y operativas del Proyecto.			Construcción y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el SAR.	Mitigación	Cortinas verdes en AP frente a campo visual de centros de población.	Instalar cortinas verdes en el AP, frente al campo visual centros de población seleccionados ubicados dentro del AI del Proyecto, para mejorar su calidad paisajística.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**CVI / CP_{CVAP}=1** CVI = Cortina verde instalada; CP_{CVAP} = Centro de población con campo visual al AP.	Evidencias de la instalación de las cortinas verdes; Anexo fotográfico.
• Construcción • Operación • Cierre	Actividades constructivas y operativas del Proyecto en frentes de obra de tepetatera	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva	Mitigación	Enrocamiento de taludes de presa de jales y de tepetatera; e instalación de	Incrementar la calidad paisajística al cierre del	Semestral durante las etapas de construcción, operación y	**ST_{RME} / ST= 1** ST_R = superficie de taludes con enrocamiento de	Bitácoras de ejecución del Programa de Cierre;

Versión Pública

Cuadro VI.7 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor ambiental Paisaje.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
	y presa de jales, cuyas características son materiales fragmentados con capacidad de generar drenajes ácidos.			paisajística homogénea de los depósitos de residuos; e instalación de una cubierta diseñada en la cresta de la tepetatera y de la presa de jales, la cual deberá sostener vegetación característica del SAR.		cubierta diseñada de la corona de los depósitos de residuos mineros al cierre.	Proyecto.	cierre.	material estéril; S_{DRM} = superficie de taludes en presa de jales y tepetatera; **$SC_{DRM} / S_{DRM} = 1$** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros; S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	Anexo fotográfico.

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

g) Medidas para los impactos ambientales ocasionados por los residuos

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Actividades del Proyecto generadoras de residuos peligrosos.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Contaminación de suelo, de agua superficial, y de agua subterránea.	Aplicación, ejecución y seguimiento de un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; mismo que deberá incluir acciones de prevención, manejo, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final.	Mitigación	Ejecución del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos registrados.	Manejar los residuos peligrosos conforme al plan de manejo autorizado y conforme al reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	**RP_{GP} / RP_{MD} = 1** RP_{GP} = residuos peligrosos generados por el Proyecto; RP_{MD} = residuos peligrosos manejados y dispuestos por empresa autorizada conforme R-LGPGIR.	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; Bitácoras de manejo, transporte y disposición final.
				En áreas de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas (de acuerdo con la actividad que se realice en dicho lugar), construir infraestructura como los cárcamos, drenajes y diques de contención, así como brindar mantenimiento periódico para evitar grietas y azolve por residuos.	Mitigación	Manejo adecuado de sustancias peligrosas mediante el control de derrames.	Controlar derrames o dispersión de sustancias peligrosas en áreas del Proyecto para evitar la contaminación de suelo o agua.	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	Contaminación de suelo o agua por derrame de sustancias peligrosas = 0.	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; Bitácoras de manejo, transporte y disposición final; Anexo Fotográfico.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Actividades del Proyecto generadoras de residuos peligrosos.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Contaminación de suelo, de agua superficial, y de agua subterránea;	El manejo y la disposición final de los residuos peligrosos, se llevará a cabo por una empresa autorizada por SEMARNAT.	Mitigación	Manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos mediante empresas autorizadas por	Dar cumplimiento al Reglamento de LGPGIR en materia de residuos peligrosos.	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	**RP_{GP} / RP_{MD} = 1** RP_{GP} = residuos peligrosos generados por el Proyecto; RP_{MD} = residuos peligrosos	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; Bitácoras de manejo,

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
						SEMARNAT.			manejados y dispuestos por empresa autorizada conforme R-LGPGIR.	transporte y disposición final.
				Supervisar el manejo seguro de residuos peligrosos. Empleo de contenedores adecuados. En caso de derrame en suelo, se procederá de inmediato a su control, aplicando mecanismos de remediación por parte de una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos.	Mitigación	Cero derrames o dispersión de residuos peligrosos en áreas de almacenamiento temporal en el AP.	Evitar la contaminación de suelo y agua en el AP por derrame o dispersión de sustancias o residuos peligrosos.	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	Derrames o dispersión de residuos peligrosos en AP = 0.	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos; Bitácoras de manejo, transporte y disposición final.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Actividades del Proyecto generadoras de residuos de manejo especial.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Contaminación de suelo, de agua superficial, y de agua subterránea;	Registro, Aplicación, ejecución y seguimiento del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial, mismo que deberá incluir acciones de prevención, manejo, almacenamiento, aprovechamiento, valoración y disposición final.	Mitigación	Ejecución del Plan de Manejo de Residuos de manejo especial registrado.	Manejar los residuos de manejo especial conforme al plan de manejo autorizado y conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011.	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	**RME_{GP} / RME_{MD} = 1** RME_{GP} = residuos de manejo especial generados por el Proyecto; RME_{MD} = residuos de manejo especial manejados y dispuestos conforme plan autorizado.	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos de Manejo especial. Bitácoras de manejo y disposición final de RME.
				En el caso de materiales susceptibles de reutilización como papel,	Mitigación	Ejecución del Plan de Manejo de Residuos de	Promover el reciclado y valorización de	Semestral durante las etapas de	**RME_{GP} / RME_{MD} = 1** RME_{GP} =	Informe de Cumplimiento del Plan de

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				cartón, vidrio, madera, plásticos, entre otros, deberán ser canalizados a compañías dedicadas al reciclaje y valorización de estos materiales, que cuenten con autorización y registro para su manejo, valorización y/o reciclaje.		manejo especial registrado promoviendo el reciclado, reúso y valorización de residuos de manejo especial.	residuos de manejo especial a través de su manejo acorde al plan de manejo autorizado y conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011.	desarrollo del Proyecto.	residuos de manejo especial generados por el Proyecto; RME_{MD} = residuos de manejo especial manejados y dispuestos conforme el plan autorizado.	Manejo de Residuos de Manejo especial; Bitácoras de manejo y disposición final de RME.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Actividades del Proyecto generadoras de residuos sólidos urbanos.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Contaminación de suelo, de agua superficial, y de agua subterránea;	Aplicación, ejecución y seguimiento de un Plan de Manejo Integral de Residuos en su categoría residuos sólidos urbanos, que deberá incluir acciones de prevención, manejo, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final.	Mitigación	Ejecución del Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos registrado y aprobado.	Manejar los residuos sólidos urbanos conforme al plan de manejo autorizado.	Semestral durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	**RSU_{GP} / RSU_{MD} = 1** RSU_{GP} = residuos sólidos urbanos generados por el Proyecto; RME_{MD} = residuos sólidos urbanos manejados y dispuestos conforme el plan autorizado.	Informe de Cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos; Bitácoras de manejo y disposición final de RSU.
• Construcción • Operación • Cierre	Generación de residuos mineros tipo tepetate.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Generación y disposición final de roca estéril y de descapote del tajo en tepetatera.	Construcción, operación y cierre de tepetatera como sitio de disposición final de la roca estéril y material de descapote del tajo.	Mitigación	Aplicación del Plan de Manejo de Residuos Mineros Registrado.	Disponer el material rocoso estéril (tepetate) en la tepetatera conforme al plan de manejo de residuos mineros registrado.	Semestral durante el desarrollo de las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**RMT_{GP} / RMT_{PM} = 1** RMT_{GP} = Residuos mineros tipo tepetate generados por el Proyecto; RMT_{PM} = Residuos mineros tipo tepetate manejados y	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de Manejo de Residuos Mineros.

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									dispuestos conforme a Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	
• Construcción • Operación • Cierre	Generación de residuos mineros tipo tepetate.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Generación y disposición final de roca estéril y de descapote del tajo en tepetatera.	Manejo del tepetate conforme a lo señalado por la NOM-157-SEMARNAT-2009.	Mitigación	Aplicación del Plan de Manejo de Residuos Mineros Registrado.	Disponer el material rocoso estéril (tepetate) en la tepetatera conforme al plan de manejo de residuos mineros registrado, en apego a la NOM-157-SEMARNAT-2009.	Semestral durante el desarrollo de las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**RMT_{GP} / RMT_{PM} = 1** RMT_{GP} = Residuos mineros tipo tepetate generados por el Proyecto; RMT_{PM} = Residuos mineros tipo tepetate manejados y dispuestos conforme a Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de Manejo de Residuos Mineros.
				Registro y Seguimiento del Plan de Manejo de residuos mineros tipo tepetate en DGGIMAR-SEMARNAT.	Mitigación	Registro vigente del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	Mantener vigente y actualizado el Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros, conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009.	Semestral durante el desarrollo de las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**RMT_{GP} / RMT_{PM} = 1** RMT_{GP} = Residuos mineros tipo tepetate generados por el Proyecto; RMT_{PM} = Residuos mineros tipo tepetate	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de Manejo de Residuos Mineros.

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									manejados y dispuestos conforme a Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	
• Construcción • Operación • Cierre	Generación de residuos mineros (jales y tepetate).	Paisaje	Alteración de la calidad paisajística	Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos; e instalación de una cubierta diseñada en la cresta de la tepetatera y de la presa de jales, la cual deberá sostener vegetación característica de los tipos de vegetación en el SAR.	Mitigación	Enrocamiento de taludes de presa de jales y de tepetatera; e instalación de cubierta diseñada para la corona de los depósitos de residuos mineros al cierre.	Incrementar la calidad paisajística al cierre del Proyecto.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre.	**ST_{RME} / ST= 1** ST_R = superficie de taludes con enrocamiento de material estéril; S_{DRM} = superficie de taludes en presa de jales y tepetatera; **SC_{DRM} / S_{DRM}= 1** SC_{DRM} = superficie cubierta de los depósitos de residuos mineros; S_{DRM} = superficie de la corona de los depósitos de residuos mineros.	Bitácoras de ejecución del Programa de Cierre; Anexo fotográfico.
	Generación de residuos mineros tipo jales.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje.	Generación y disposición final de colas espesadas en presa de jales.	Construcción y operación de Presa de Jales como único sitio de disposición final de las colas de flotación (jales) y de la roca estéril con alta capacidad de generar	Mitigación	Disposición final de colas de flotación exclusivamente en presa de jales, diseñada y construida	Disponer la totalidad de los jales generados por el Proyecto bajo condiciones seguras en la presa de jales	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre del	**JM_{DPJ} / JM_{GP} = 1** JM_{DPJ} = Jales mineros depositados en presa de jales; JM_{GP} = jales	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				ácido y movilizar metales. Diseñada y operada conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.		conforme NOM-141-SEMARNAT-2003.	diseñada y construida conforme especificaciones técnicas de la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Proyecto.	mineros generados por el Proyecto.	Manejo de Residuos Mineros.
• Construcción • Operación • Cierre	Generación de residuos mineros tipo jales.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, paisaje	Generación y disposición final de colas espesadas en presa de jales.	Manejo de los jales conforme a lo establecido en la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Mitigación	Manejo y disposición final de jales, conforme NOM-141-SEMARNAT-2003 y al Plan de Manejo de Residuos Mineros registrado.	Manejar y disponer los jales mineros producidos por el proyecto conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003 y al Plan de Manejo de Residuos Mineros registrado.	Semestral durante las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**$ETC_{NOM-141}$ / $ETA_{NOM-141}$ = 1** $ETC_{NOM-141}$ = especificaciones técnicas de la NOM-141 cumplidas; $ETA_{NOM-141}$ = especificaciones técnicas de la NOM-141 que aplican al Proyecto.	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de Manejo de Residuos Mineros.
				Registro y seguimiento del Plan de Manejo de Residuos Mineros tipo jales en DGGIMAR-SEMARNAT.	Mitigación	Registro vigente del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	Mantener vigente y actualizado el Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros, conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009.	Semestral durante el desarrollo de las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto.	**RMJ_{GP} / RMJ_{PM} = 1** RMT_{GP} = Residuos mineros tipo jales generados por el Proyecto; RMT_{PM} = Residuos mineros tipo jales manejados y dispuestos conforme a Registro del Plan de Manejo de Residuos	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros; Informe Anual del Plan de Manejo de Residuos Mineros.

Versión Pública

Cuadro VI.8 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos ocasionados por la generación de residuos en el Proyecto.

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									Mineros.	

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

h) Medidas para los impactos ambientales en el factor Social

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Implantación y operación del Proyecto.	Servicios públicos e infraestructura.	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento de tráfico.	Acceso norte en la carretera federal 49 para transporte de carga y equipo pesado; Acceso sur a la carretera estatal 144 para acceso de vehículos ligeros y personal local; Control de traslados de personal regional a partir de la construcción de un campamento para la etapa de construcción; Servicio colectivo de transporte de personal.	Mitigación	Contribución del transporte del Proyecto al SCT. Índice Medio de Transporte Anual (IMDT) menor al 5% anual.	Mantener el incremento al Índice Medio de Transporte Anual menor del 5% por el desarrollo y la operación del Proyecto.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	**$IMDT_{DP}$ / $IMDT_{LB}$ ≤ 0.05** $IMDT_{DP}$ = Índice Medio de Transporte Anual durante el desarrollo del Proyecto; $IMDT_{LB}$ = Índice Medio de Transporte Anual Línea Base.	Registro de entradas y salidas de vehículos del Proyecto; Índice Medio de Transporte Anual (IMDT) reportado por la autoridad correspondiente.
• Construcción • Operación	Ejecución de voladuras en el tajo.		Percepción por el incremento en la vibración que provoque impacto en la infraestructura.	Monitoreo de vibraciones en comunidades estratégicas cercanas a la operación; Horario controlado de voladuras; Medición y cumplimiento de límites acordados permitidos.	Mitigación	Cumplimiento del programa de monitoreo de vibraciones en comunidades estratégicas al 100%. Seguimiento y atención al Mecanismo de Retroalimentación y Queja.	Mantener el monitoreo de vibraciones en comunidades de su AI para atender quejas asociadas a este impacto.	Semestral durante las etapas de construcción y operación del Proyecto.	**$VVT / ≤ NP_{LB}$** VVVT = vibraciones por voladuras en el AI del Proyecto; N_{PLB} = niveles permisibles en la línea base.	Registros del Monitoreo de Vibraciones en Comunidades Estratégicas.

Versión Pública

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Implantación y operación del Proyecto en el AP y PEA.	Acceso a la tierra.	Cambios y modificación en los patrones de usos de la tierra.	Acuerdos compensatorios de ocupación temporal en los ejidos de Bajío de San Nicolás y La Blanca.	Compensación	Cumplimiento anual de los acuerdos compensatorios de ocupación temporal en relación con lo establecido en los expedientes.	Mantener todos los convenios y/o contratos vigentes durante el desarrollo del Proyecto.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	Convenios y/o contratos de compra-venta y/o de ocupación temporal en áreas del Proyecto vigentes en el PEA.	Expedientes de acuerdos compensatorios de ocupación temporal ejidal; Expedientes documentados y cumplimiento de mejores prácticas; Avalúo maestro de tierras.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desaguado del área de minado superficial.	Acceso al agua.	Modificación en el acceso al agua por la eventual disminución del nivel freático en algunas norias o pozos someros de traspatio.	Mejora de la infraestructura existente de los pozos profundos municipales para el acceso y distribución del agua en las comunidades de Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas.	Compensación	Intervención y mejora de dos pozos existentes: Pozo de Bajío de San Nicolás (50%) y Pozo de San Antonio de las Huertas (50%).	Mejorar la infraestructura instalada de pozos profundos municipales en las comunidades de Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = intervención y mejora de los dos pozos existentes; Pozo de Bajío de San Nicolás y Pozo de San Antonio de las Huertas.	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desaguado del área de minado superficial.	Acceso al agua.	Modificación en el acceso al agua.	Mejora de la infraestructura de la red pública de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades de Bajío de San Nicolás, y San Antonio de las Huertas.	Compensación	Mejora de la infraestructura de la red pública de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades de Bajío de San Nicolás, y San Antonio de las Huertas.	Asegurar el acceso al agua en las comunidades de Bajío de San Nicolás, y San Antonio de las Huertas, a través de la mejora de infraestructura de la red pública de distribución de agua de pozo profundo municipal.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = implementar las mejoras identificadas y seleccionadas en el estudio diagnóstico detallado en las comunidades identificadas: Bajío de San Nicolás, San Antonio de las Huerta, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.

Versión Pública

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
									San Martín.	
				Mantenimiento, rehabilitación y conexión de las norias públicas existentes a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera y Colonia Aguiña.	Compensación	Mantenimiento, rehabilitación y conexión de las norias públicas existentes a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera y Colonia Aguiña.	Asegurar el acceso del agua en las comunidades Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera y Colonia Aguiña, a través del mantenimiento, rehabilitación y conexión de las norias públicas existentes a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = Rehabilitación de 4 norias públicas; Mantenimiento de 4 pozos públicos; Conexión de 4 norias a la red de distribución pública.	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desaguado del área de minado superficial.	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua.	Rehabilitación y ampliación del tanque de almacenamiento y redistribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades de Bajío de San Nicolás, San Antonio de las Huertas.	Compensación	Rehabilitación del tanque de almacenamiento y redistribución de agua de pozo profundo municipal de San Antonio de las Huertas y Bajío de San Nicolás.	Asegurar el acceso al agua en las comunidades de Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas, a través de la rehabilitación de sus tanques de almacenamiento y redistribución de agua de pozo profundo municipal.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = Rehabilitación del tanque de almacenamiento de San Antonio de las Huertas; Rehabilitación del tanque de almacenamiento de Bajío de San Nicolás; Ampliación del tanque de almacenamiento de Bajío de San Nicolás	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua. Memoria de obra realizada.
				Rehabilitación de la	Compensación	Rehabilitación de la	Asegurar el	Anual durante	100%	Informe Anual del

Versión Pública

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				tubería principal de distribución de agua desde el pozo municipal de Bajío de San Nicolás, hasta la comunidad.		tubería principal de agua de pozo profundo municipal de Bajío de San Nicolás.	acceso al agua en la comunidad de Bajío de San Nicolás a través de la rehabilitación de la tubería principal de distribución de agua de pozo profundo.	las etapas de desarrollo del Proyecto.	cumplimiento = Rehabilitación de la tubería principal de distribución desde el pozo hasta la comunidad de Bajío de San Nicolás.	Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Desaguado del área de minado superficial.	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua.	Suministro, instalación y conexión a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal de cisternas domésticas en sustitución de las norias de traspatio en Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y San Martín.	Compensación	Sustitución de las norias de traspatio en Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y San Martín por la instalación y conexión a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal de cisternas domésticas.	Asegurar el acceso al agua en las comunidades de Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y San Martín, a través de la instalación y conexión a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal de cisternas domésticas según censo existente en sustitución de las norias de traspatio.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	90% cumplimiento = Suministro del total de cisternas; Instalación y conexión del total de cisternas en sustitución del total de norias de traspatio de Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y San Martín.	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.
				Instalación de sistemas de control de calidad de agua en colaboración con el Departamento de Agua Potable Municipal en los pozos profundos	Compensación	Instalación del sistema de control de calidad de agua en el pozo de Bajío de San Nicolás y de San Antonio de las	Instalación del sistema de control de calidad de agua en el pozo de Bajío de San Nicolás y de	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = Instalación del sistema de control de calidad de agua en el	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Memoria de obra realizada.

Versión Pública

Cuadro VI.9 Medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos al factor Social

Etapa del Proyecto	Obras y/o actividades del Proyecto	Componente ambiental	Impacto ambiental	Medida	Tipo de Medida	Indicador				
						Nombre	Objetivo	Periodicidad	Método de cálculo	Fuente de Información
				municipales de Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas. Contribuir en acciones coordinadas de mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua residual municipales de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera.		Huertas.	San Antonio de las Huertas, en coordinación y vinculación con el Departamento de Agua Potable Municipal de Villa González Ortega.		pozo de Bajío de San Nicolás; Instalación del sistema de control de calidad del agua en el pozo de San Antonio de las Huertas.	
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre • Post-cierre	Desaguado del área de minado superficial.	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua.	Fortalecimiento de los Comités Comunitarios de Agua en el Área de Influencia; Planes y programas de educación en valores y cultura del agua; Promoción y difusión de campañas sobre el cuidado y manejo responsable del agua.	Compensación	Convenios de fortalecimiento de los Comité de Agua del AI; de los Planes y programas de educación y valores por Comité; y Promoción y difusión de campañas sobre cuidado del agua por Comité.	Fortalecer los Comités de Agua de las comunidades en el AI del Proyecto.	Anual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.	100% cumplimiento = Convenio de fortalecimiento con cada Comité de Agua del AI; Planes y programas de educación y valores por Comité; Promoción y difusión de campañas sobre cuidado del agua por Comité.	Informe Anual del Programa de Acceso al Agua; Informe Anual del Plan de Gestión Social.
• Preparación del Sitio • Construcción • Operación • Cierre	Implantación y operación del Proyecto en el AP y PEA, con el consecuente incremento de empleos y personal participando en el Proyecto.	Vivienda	Incremento en la demanda de la vivienda.	Campamento de construcción y operación para disminuir la demanda de vivienda local y regional.	Mitigación	Implementación del campamento con capacidad de atender al personal foráneo sin necesidad de requerir servicios de vivienda dentro del AI declarada.	Disminuir la demanda de servicios de vivienda durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto.	Anual durante las etapas de desarrollo y operación del Proyecto.	**PF_{CT} / PF_{EP} ≥ 0.8** PF_{CT} = personal foráneo en campamento temporal; PF_{EP} = personal foráneo empleado por el Proyecto.	Plano del Proyecto construido; Anexo Fotográfico.

SAR = Sistema Ambiental Regional; **PEA** = Polígono Envolvente Ambiental; **AI** = Área de Influencia; **AP** = Área del Proyecto; **CUSTF** = Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. **Periodicidad** refiere la frecuencia de emisión de informes para el seguimiento de conformidad y/o de cumplimiento.

Versión Pública

Versión Pública

A partir de la aplicación de las medidas enlistadas en el **Cuadro VI.1** a **Cuadro VI.9**, podrán mitigarse los impactos adversos descritos en el Capítulo V de esta MIA-R, tanto de significancia muy baja a significancia alta.

En el **Cuadro VI.10** se resumen las medidas que atienden a cada uno de los 25 impactos adversos relevantes evaluados en el capítulo V, así como el grado en que el impacto es atenuado por la acción de las medidas propuestas.

Del análisis del **Cuadro VI.10**, se aprecia que con la aplicación estricta de las medidas de mitigación y de compensación propuestas, no se tendrán ya impactos de significancia alta, solo se mantendrá el impacto en relieve como de significancia media (y residual), y el resto de los 24 impactos adversos tendrán una significancia baja a muy baja.

La aplicación de las medidas propuestas si tienen un grado de atenuación relevante en los impactos adversos asociados al Proyecto.

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
Atmósfera	Calidad del aire	Variación en la calidad del aire	Riego de caminos en el Área del Proyecto empleando agua y/o supresor de polvos, cuando sea necesario en función de la temporada del año.	M	**Md**	**Bj**
			Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto, mediante la instalación de señalética y registro de incidencias.	M		
			Ejecutar el desmonte y despalme de manera direccionada, en función del avance del desarrollo del proyecto o del avance de obra.	M		
			Control de polvos en áreas operativas del tajo, tepetatera, presa de jales, mediante riego con agua y/o supresor de polvos en áreas identificadas como generadoras de emisión de partículas, cuando sea necesario en función de la temporada del año.	M		
			Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	M		
			Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M		
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M		
			Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.	M		
			Mantenimiento programado y correctivo de la flotilla de vehículos ligeros y pesados, y maquinaria empleados en el Proyecto.	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M		
			Uso de combustible diésel con bajo contenido de azufre.	M		
			Monitoreo de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y NO_2 por laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y autorizado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Comparación con las concentraciones de línea base ambiental.	M		
	Ruido y Vibraciones	Incremento del ruido ambiental	Realizar voladuras en el área del tajo, exclusivamente en horario diurno controlado.	M	**Bj**	**MBj**
			Empleo de equipos e instalaciones para disminuir la generación de ruido que incremente el nivel sonoro en el AP y AI del Proyecto.	M		
			Instalación y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el SAR.	M		
			Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M		
			Monitoreo de ruido aplicando lo que dicta la NOM-081-SEMARNAT-1994 para los límites máximos permisibles del nivel sonoro.	M		
		percepción en el incremento de vibraciones que provoque impacto en la infraestructura	Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M	**Bj**	**MBj**
			Realizar voladuras en el área del tajo, exclusivamente en horario diurno controlado.	M		
			Monitoreo de vibraciones en comunidades estratégicas cercanas a la operación, dentro del Área de Influencia del Proyecto.	M		
Rocas y Geoformas	Relieve	Variación en las formas del relieve o modificación de las geoformas	Diseño óptimo para minimizar la modificación del relieve y estabilización estructural y conformación de taludes en las estructuras mayores	M	**Md**	**Md**

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
Suelo	Calidad del Suelo	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso, deberá contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas, etc., así como contar con y ejecutar un Plan de atención a contingencias.	M	**MBj**	**MBj**
			Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	M		
			Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M		
			Uso de cubiertas en camiones de transporte de concentrados o uso de camiones en cajas cerradas para el transporte de concentrados.	M		
			Aplicación de acciones de remediación o limpieza de suelo en caso de derrames de combustibles, sustancias, mineral o pulpas de proceso.	M		
			Aplicación, ejecución y seguimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos, que incluya el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y el Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos.	M		
			En áreas de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas, construir infraestructura como los cárcamos, drenajes y diques de contención, así como brindar mantenimiento periódico para evitar grietas y azolve por residuos.	M		
			El manejo y la disposición final de los residuos peligrosos, se llevará a cabo conforme al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos registrado ante SEMARNAT, con la participación de una empresa autorizada por SEMARNAT para el manejo y disposición final de los residuos.	M		
			El manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme al Plan de	M		

Versión pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			Manejo de Residuos de Manejo Especial registrado ante SAMA, con la participación de empresas autorizada por SAMA para el manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de estos residuos.			
			Manejo de los residuos mineros (jales y tepetate) conforme a lo señalado por la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, y al Plan de Manejo de Residuos Mineros que sea registrado ante SEMARNAT.	M		
		Degradación del suelo: capacidad de desarrollo y sostener vegetación	Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	**MBj**	**MBj**
			En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se ejecutará la revegetación de áreas mediante la plantación de especies de protección del suelo y recuperación de cobertura vegetal, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.	M		
			Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.	M		
			Construcción de obras para la conservación de suelo y de control de erosión, tales como trincheras de piedra en curvas de nivel y presas filtrantes.	M. C		
	Cobertura del suelo	Remoción del suelo superficial	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	M	**Bj**	**Bj**

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			Recuperación y mantenimiento de suelo orgánico de las áreas de CUSTF permanente; en las áreas de CUSTF temporal, realizar únicamente el desmonte.	M		
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M		
			Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.	M		
	Estabilidad del Suelo	Aumento de la erosión del suelo	Construcción de obras de control de erosión de suelo, en áreas del Proyecto identificadas como favorables para el proceso erosivo, tales como trincheras de piedra en curvas de nivel y presas filtrantes.	M, C	**Bj**	**Bj**
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M		
Agua Superficial	Cantidad (disponibilidad)	Disminución de la carga de agua superficial	Construcción y operación de canales de captación y derivación de agua superficial (de no contacto) que permitirán dirigir el agua de lluvia y escorrentías fuera de áreas operativas para reincorporarse aguas abajo del Proyecto, en la misma cuenca hidrológica.	M	**Bj**	**Bj**
			Construcción y operación de obras (alcantarillas y vados) para permitir	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			la libre escorrentía (agua de no contacto).			
			Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito cerrado; [ii] la recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales.	M		
			Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto	M, C		
			Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será almacenado para su empleo en el Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo	M		
			Ejecutar el plan de manejo de agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.	M		
			Al cierre del Proyecto, limitar la pérdida por evaporación del agua que se acumule en el tajo y promover la formación de un reservorio en el tajo hasta que alcance el equilibrio.	M		
	Calidad	Variación en la calidad del agua superficial	Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito cerrado; [ii] la recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales; y [iii] cero descargas en el ambiente.	M	**MBj**	**MBj**
			Construcción y operación de piletas de captación de agua y bordos de contingencias diseñados para una lluvia de 24 horas, periodo de retorno de 100 años y un bordo libre de 3 m.	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			Ejecutar el plan de manejo de agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.	M		
			Implementar infraestructura apropiada para la captura, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas, según aplique, sea instalación de sanitarios portátiles o planta tratadora móvil. Instalar y operar las plantas tratadoras móvil y biodigestores.	M		
			Monitoreo periódico de la calidad química del agua superficial en cuerpos de agua ubicados aguas arriba y aguas abajo del AP, mediante laboratorio acreditado por EMA y aprobado por PROFEPA. Comparación con la concentración de línea base ambiental.	M		
Agua Subterránea	Recarga	Disminución de la recarga de los acuíferos	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	M	**Bj**	**MBj**
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes; como factor de recuperación de la captación de agua).	M		
			Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será almacenado para su empleo en el Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo.	M		
			Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero.	M, C		
			Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto.	M, C		
	Acuífero	Nivel freático	Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua para asegurar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficientes para las	C	**A**	**Bj**

Versión pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			comunidades afectadas por la disminución del nivel freático en el Área de Influencia del Proyecto.			
			Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto.	M, C		
			Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero.	M, C		
	Calidad	Variación en la calidad del agua subterránea	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso, deberá contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas, entre otras, así como contar con y ejecutar un Plan de atención a contingencias.	M	**Bj**	**MBj**
			Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M		
			Recuperación de eventuales infiltraciones de la presa de jales en el tajo para su manejo como parte del reservorio, evitando a su infiltración hacia el acuífero.	M		
			Plan de depositación y manejo de tepetate PAG (generador de drenaje ácido) a lo largo de la operación, para asegurar su encapsulamiento por tepetate no PAG, como medida para mitigar la generación de drenajes ácidos.	M		
			Cumplimiento de concentraciones de línea base para agua subterránea aguas abajo del AP dentro de su AI; recuperación del agua mediante pozos de extracción para su reúso en proceso o tratamiento para cumplir con concentración de línea base.	M		
			Monitoreo periódico de la calidad química del agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP. Muestreo y análisis mediante laboratorio acreditado por EMA y aprobado por PROFEPA. comparación con la	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			concentración de línea base ambiental.			
Vegetación	Cobertura Forestal	Perdida de cobertura vegetal	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	M	**Bj**	**Bj**
			En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se ejecutará la revegetación de áreas mediante la plantación de especies de protección del suelo y recuperación de cobertura vegetal, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.	M		
			Mantenimiento y Monitoreo de sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre plantada para acciones de revegetación y de reforestación.	M		
			Reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP, dentro del PEA, empleando exclusivamente especies características de los tipos de vegetación del AP y Área de Influencia de Proyecto, compensando la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono.	C		
	Especies de NOM-059-SEMARNAT-2010, de interés biológico y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de flora clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y de interés biológico.	Ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, que implica el rescate, mantenimiento y reubicación de 100% de individuos sanos de la especie listada en la NOM-050-SEMARNAT-2010 que se encuentra en las áreas autorizadas por SEMARNAT para la ejecución del CUSTF, así como del 20% de individuos sanos de especies de interés biológico que corresponden a especies endémicas de lento crecimiento y difícil regeneración.	M	**MBj**	**MBj**
			Realizar acciones de inducción y capacitación en empleados de la empresa y de empresas contratistas y subcontratistas sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	M		
			Mantenimiento y Monitoreo de Sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre rescatada y reubicada (80% de sobrevivencia de la flora). En caso de mortandad superior al 20%, reposición de ejemplares y especies mediante la reproducción a partir de germoplasma recuperado de áreas forestales del SAR y Área de Influencia del Proyecto.	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
	Abundancia de especies	Variación en la abundancia de especies de vegetación forestal	En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se ejecutará la revegetación de áreas mediante la plantación de especies de protección del suelo y recuperación de cobertura vegetal, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.	M	**Bj**	**Bj**
			Reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP, dentro del PEA, empleando exclusivamente especies características de los tipos de vegetación del AP y Área de Influencia de Proyecto, compensando la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono.	C		
			Mantenimiento y Monitoreo de Sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre rescatada y reubicada (80% de sobrevivencia de la flora). En caso de mortandad superior al 20%, reposición de ejemplares y especies mediante la reproducción a partir de germoplasma recuperado de áreas forestales del SAR y Área de Influencia del Proyecto.	M		
Fauna	Especies de NOM-059 y especies endémicas	Variación en la abundancia de especies de fauna clasificadas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas	Ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, aplicado a todos los individuos y especies de fauna identificados en el AP.	M	**MBj**	**MBj**
			Ejecución de acciones de monitoreo de fauna silvestre, durante el desarrollo del Proyecto, incluye la identificación de nidos y madrigueras previo a la ejecución del desmonte y despalme; así como la supervisión, ahuyentamiento y rescate de fauna durante la etapa de construcción y operación del Proyecto.	M		
			El desmonte se deberá realizar de manera programada y direccionada, esto con el objetivo de permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas.	M		
	Abundancia y composición de especies	Variación en la composición de la fauna	Ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, aplicado a todos los individuos y especies de fauna identificados en el AP.	M	**Bj**	**MBj**
			Ejecución de acciones de monitoreo de fauna silvestre, durante el desarrollo del Proyecto, incluye la identificación de nidos y madrigueras previo a la ejecución del desmonte y despalme; así como	M		

Versión pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			la supervisión, ahuyentamiento y rescate de fauna durante la etapa de construcción y operación del Proyecto.			
			El desmonte se deberá realizar de manera programada y direccionada, esto con el objetivo de permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas.	M		
			Se prohíbe la cacería, captura, colecta, consumo, comercialización, tráfico y la extracción de especies de fauna silvestre, así como el proporcionar alimentación a la fauna silvestre en el AP, en caminos de acceso y colindancias, por el personal que labore en el Proyecto.	M		
			Instalación de bebederos de agua para promover el desplazamiento dirigido de fauna silvestre.	M		
			Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto para evitar atropellamiento de individuos de fauna silvestre, mediante la instalación de señalética y registro de incidencias.	M		
			Realizar acciones de inducción y capacitación a empleados de la empresa, y de empresas contratistas y subcontratistas sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	M		
			Colocar cercas perimetrales en piletas de agua (operativas).	M		
			Colocar equipos para ahuyentamiento de fauna (equipos sonoros para ahuyentamiento de aves de piletas).	M		
			Construcción y mantenimiento de pasos de fauna en sitios identificados como rutas de desplazamiento de fauna silvestre en el AP. Los pasos de fauna incluirán: [i] pasos a través de cauces por debajo de caminos, diseñados considerando el tipo de fauna que se desplazará; y [ii] pasos de fauna a lo largo del cerco perimetral de seguridad, en dimensiones acorde a la fauna local.	M		
	Hábitat y movilidad de especies	Perdida de hábitats de fauna y de sitios preferentes de desplazamiento de fauna	Reubicación de fauna silvestre en sitios favorables a su hábitat preferentemente en PEA, AI y/o SAR.	M	**Bj**	**MBj**
			Reubicación de flora silvestre rescatada en áreas dentro del PEA, para favorecer la reconstitución de hábitats con vegetación forestal	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			favorable para la fauna silvestre.			
			Revegetación de áreas donde se aplique la restauración de suelo y del programa de cierre dentro del AP; reubicación de flora silvestre rescatada como parte del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en áreas fuera del AP pero dentro del PEA; y reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP pero dentro del PEA, para reconstituir hábitats para la fauna silvestre.	M		
			Reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP, dentro del PEA, empleando exclusivamente especies características de los tipos de vegetación del AP y Área de Influencia de Proyecto, compensando la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono, así como hábitat para fauna silvestre.	C		
Paisaje	Visibilidad	Variación de la cuenca visual	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	M	**Bj**	**MBj**
			Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.	M		
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M		
			Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			partículas desdelos depósitos de residuos.			
	Calidad paisajística	Variación de la calidad escénica	Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.	M	**Bj**	**MBj**
			Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M		
			Instalación y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el SAR.	M		
			Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.	M		
Social	Servicios Públicos e Infraestructura	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento del tráfico	Asegurar que el Acceso norte en la carretera federal 49 sea exclusivo para el transporte de concentrados y de equipo y maquinaria pesada.	M	**MBj**	**MBj**
			Asegurar que el Acceso sur a la carretera estatal 144 sea exclusivo para el acceso de vehículos ligeros y del personal; incluye el servicio colectivo de transporte de personal.	M		
			Control de traslados de personal regional a partir de la construcción y operación de campamentos para la etapa de construcción y para la etapa de operación dentro del AP.	M		
			Servicio colectivo de transporte de personal coordinado por la empresa	M		

Versión Pública

Cuadro VI.10 Grado en que se estima serán abatidos los impactos adversos por la aplicación de las medidas M = Mitigación; C = Compensación)

Factor	Subfactor	Impacto adverso	Medidas que aplica al impacto	Tipo de Medida	Significancia del Impacto	
					Sin Medidas	Con Medidas
			promovente, incluidas empresas contratistas y subcontratistas.			
	Acceso a la tierra	Cambios y modificaciones en los patrones de usos de la tierra	Acuerdos compensatorios de ocupación temporal en los ejidos de Bajío de San Nicolás y La Blanca	M	**Bj**	**MBj**
	Acceso al agua	Modificación en el acceso al agua	Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua para asegurar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficientes para las comunidades afectadas por la disminución del nivel freático en el Área de Influencia del Proyecto.	C	**Bj**	**Bj**
	Vivienda	Incremento en la demanda de vivienda	Construcción y operación del campamento de Construcción (incluida preparación del sitio) y del campamento de Operación dentro del AP, para disminuir la demanda de vivienda local y regional.	M	**Bj**	**Bj**

Versión Pública

VI.1.2. Medidas generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto

Estas medidas se originan por la necesidad de aplicar medidas generales a impactos no considerados como significativos en la evaluación del impacto ambiental, con el único objetivo de incidir en la mínima medida sobre la calidad ambiental del AI y del AP. Entre estas medidas generales, se incluyen:

- Implementar el PVA autorizado. Contar con la supervisión de personal técnico preparado y capacitado ambientalmente, para que supervise la implementación de todas las medidas propuestas para el buen desempeño ambiental del Proyecto.
- Implementar acciones de inducción, capacitación y sensibilización ambiental, que involucre la capacitación de los actores involucrados, incluyendo a integrantes de empresas contratistas y subcontratistas, visitantes al Proyecto y miembros de comunidades en el área de influencia del Proyecto, esto en todos los temas de importancia, para asegurar el desempeño ambiental, dando a conocer las restricciones y precauciones que se deben de tener en cuenta a lo largo del Proyecto.
- Aplicar un reglamento ambiental del Proyecto que deberá ser observado por la empresa e incluso a empresas contratistas y subcontratistas, así como visitantes al Proyecto, que enfatice la prohibición de colecta, comercialización y tráfico de individuos de flora y fauna silvestre, así como la caza, captura, comercialización y tráfico de individuos de fauna silvestre; y el manejo sustentable de residuos, en sus distintas categorías.

Versión Pública

VI.1.3. Medidas de adaptación ante el cambio climático

Con relación a las acciones o medidas de adaptación ante el cambio climático, durante la etapa de Operación y Mantenimiento del Proyecto, se consideran los escenarios a corto y mediano plazo, donde los efectos provocados por la disminución de la precipitación y el incremento de la temperatura son menos significativos respecto al escenario a largo plazo, periodo en el cual el Proyecto ya se encuentra posterior a la etapa de Post-Cierre. La descripción de los escenarios de cambio climático se presenta en la sección *IV.3.5 Influencia del Cambio Climático* del Capítulo IV de esta MIA-R; así como en la sección *VII.1 Descripción y Análisis sin Proyecto* del Capítulo VII de esta MIA-R.

De esta manera, medidas como la aplicación de riego para prevenir la emisión de partículas por actividades del Proyecto, ante la disminución de la precipitación, representan una medida viable al no depender del uso de agua superficial, sino principalmente de la fuente de agua de laboreo. Ante la estimación de que no habrá cambios significativos a corto plazo provocados por el cambio climático, el agua de laboreo estimada a ser extraída, no se verá afectada por cambios en los patrones climáticos durante la etapa de operación del Proyecto, por lo que los usos previstos para aplicarse como medida de mitigación y/o de compensación, no serían afectados.

En lo referido a la medida de rescate y reubicación de plantas de las áreas que se verán afectadas por CUSTF, estas medidas serán ejecutadas en el corto plazo (dentro de los primeros tres años de la etapa de preparación del sitio), por lo tanto, tampoco se verán afectadas por los cambios en los patrones meteorológicos asociados al cambio climático. Sin embargo, deberán asegurarse condiciones de sobrevivencia al término de la etapa de vigilancia, estimada en 5 años posteriores a su reubicación. La selección de sitios adecuados de reubicación será un factor importante para mitigar un impacto posterior que pudiera estar asociado al cambio climático a largo plazo. Esto ha sido previsto en las áreas seleccionadas para la reubicación de la flora rescatada.

Asimismo, al cierre y post-cierre del Proyecto, deberá establecerse la revegetación de las áreas de restauración de suelo, con el propósito de reconstituir a mediano plazo áreas con cobertura forestal que con la disminución de la precipitación prevista, no incremente la emisión de material particulado.

Otro factor adicional al cierre del Proyecto será el establecimiento de un tajo inundado en el área del minado superficial, que con el incremento de la temperatura a mediano y largo plazo, provocaría un incremento en la pérdida de agua por evaporación y el deterioro de la calidad química del agua por el incremento de sales y posiblemente de metales. La aplicación de una medida para limitar las pérdidas de agua por evaporación acelerará la formación del tajo inundado.

Con relación a las medidas de prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, como se describió previamente en el Capítulo V de esta MIA-R, la posible alta vulnerabilidad identificada al cambio climático en el Municipio de Villa González Ortega que pudiera asociarse al desarrollo del Proyecto, corresponde a la vulnerabilidad por inundaciones ante eventos extremos de precipitación. Si bien se demostró que por influencia del Proyecto esta vulnerabilidad no incrementará, aun considerando un solo punto de descarga del agua de laboreo en excedencia, la medida de mitigación propuesta incluye la descarga del agua de laboreo excedente distribuida en varios cauces que retribuyen la carga superficial hacia la misma cuenca hidrológica, sin incrementar la vulnerabilidad por inundación.

Versión Pública

VI.2. Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)

El **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** tiene como objetivo realizar el seguimiento y vigilancia ambiental para asegurar la correcta aplicación de planes, programas y acciones que garanticen el cumplimiento de las medidas propuestas, la efectividad ambiental de las mismas, el seguimiento de la prevención, mitigación o compensación de los impactos ambientales evaluados y de la identificación de interacciones potenciales entre el Proyecto y el ambiente, tomando en cuenta lo siguiente:

- Medidas presentadas en el estudio, sean de prevención, mitigación o de compensación;
- Especificaciones ambientales en los procedimientos de construcción y operación;
- Actividades de respuesta a contingencias y emergencias ambientales;
- Legislación y normatividad en materia de protección ambiental;

- Contenido del resolutivo ambiental derivado de la evaluación y aprobación de la MIA-R, a través de la aplicación de los términos y condicionantes resultantes de la Autorización.

De esta manera, el PVA permite asegurar la supervisión de las actividades en materia de protección ambiental, para dar cabal cumplimiento a las medidas que previenen, mitiguen o compensen los impactos que podrían ser generados durante el desarrollo del Proyecto.

En el **Anexo VI.1** se incluye el Programa de Vigilancia Ambiental ajustado a detalle para el Proyecto. Cabe señalar que el PVA estará integrado por Planes y Programas específicos que atenderán impactos en factores o componentes, tales como:

- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre (Anexo VI.2);
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (Anexo VI.3);
- Programa de Manejo de Emisiones Atmosféricas (Anexo VI.4);
- Programa de Manejo de Agua (Anexo VI.5);
- Programa de Monitoreo Ambiental (Anexo VI.6);
- Plan de Manejo Integral de Residuos (Anexo VI.7);
- Programa de Acceso Social al Agua (Anexo VI.8);
- Plan de Gestión Social (Anexo VI.9).

A continuación, se presenta de manera general lo que el PVA incluye:

Versión Pública

VI.2.1. Indicadores de cumplimiento para la evaluación de desempeño por el PVA

La ejecución del PVA deberá desarrollarse por especialistas en la materia, propios de la empresa y por personal subcontratado, coordinados por el Responsable Ambiental de la Unidad Minera, así como por una empresa supervisora externa, autónoma a la empresa promovente, que realice seguimiento y validación del cumplimiento de las medidas y de los términos y condicionantes que resulten de la Autorización en materia de impacto ambiental.

El trabajo se dividirá en tres segmentos: [i] el trabajo de campo que representa una actividad diaria de supervisión de cumplimiento de medidas; [ii] el trabajo de campo con visitas periódicas al sitio del Proyecto y de acuerdo con las necesidades del mismo; y [ii] trabajo de gabinete, con la elaboración de reportes de hallazgos y/o de evidencias de cumplimiento o incumplimiento de las medidas, así como de los informes, que muestren el cumplimiento de los objetivos planteados. La principal actividad para llevar a cabo el PVA es la Vigilancia Ambiental, la cual se realizará de manera física mediante la supervisión en campo durante la ejecución del Proyecto (incisos [i] y [ii] anteriores). Para la evaluación de las obras y/o acciones a desarrollar como medidas, se describirán las técnicas y métodos a emplear, así como el tiempo de aplicación de dichas obras y acciones. Para obtener metas

cuantificables, se dará seguimiento a los indicadores señalados para cada medida, así como de umbrales con los cuales se determinará el logro del cumplimiento y aplicación de las medidas ambientales, lo anterior se observará a través de la implementación de fichas técnicas.

Los indicadores (señalados para cada medida en el **Cuadro VI.1** al **Cuadro VI.9**) servirán para medir el grado de cumplimiento ambiental logrado en el Proyecto y reflejarán la forma en que se alcanzarán los objetivos de las medidas ambientales. Con los indicadores se determinará la necesidad de aplicar medidas correctivas o complementarias. Los indicadores que se emplearán serán, de Respuesta y de Efectos; el Indicador de Respuesta demostrará la implementación efectiva de las medidas, y el Indicador de Efectos, medirá y evaluará los resultados de la aplicación de las medidas.

En cuanto a los umbrales, se considera el de Alerta, el cual señala el nivel máximo de afectación del componente ambiental. Las medidas de urgente aplicación serán ejecutadas una vez alcanzado el umbral de alerta. Los indicadores y umbrales serán usados en cada comprobación de aplicación de medidas, y el resultado se registrará en términos de la conformidad del cumplimiento y la aplicación.

Para la aplicación del PVA se tomará como referencia la matriz de planeación y aplicación de medidas que se resume en el **Cuadro VI.11**.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
1	Pérdida de la Cobertura Vegetal por su Remoción debido al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	P	P.S.	Cuadrilla de Topografía	Supervisión diaria, Cumplimiento obligatorio sin desviaciones en las áreas autorizadas por CUSTF.
2		En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se ejecutará la revegetación de áreas mediante la plantación de especies de protección del suelo y recuperación de cobertura vegetal, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.	M	CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Reproducción y/o adquisición de individuos de flora reproducidos a partir del germoplasma local o regional. Cuadrillas dedicadas a la plantación de flora.	Cumplimiento obligatorio al cierre del Proyecto. Supervisión mensual de avance de la acción.
3		Reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP, dentro del PEA, empleando exclusivamente especies características de los tipos de vegetación del AP y Área de Influencia de Proyecto, compensando la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono.	C	CI, P-CI	Reproducción y/o adquisición de ejemplares de flora silvestre de especies características de los tipos de vegetación del Área de Influencia del Proyecto y del SAR, a partir del germoplasma regional; cuadrillas para la plantación.	Cumplimiento obligatorio al cierre del Proyecto. Supervisión semestral de avance de la acción.
4	Variación en la abundancia de especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés biológico.	Ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, que implica el rescate, mantenimiento y reubicación de 100% de individuos sanos de la especie listada en la NOM-050-SEMARNAT-2010 que se encuentra en las áreas	M	P.S.	Cuadrillas de rescate de flora silvestre.	Supervisión diaria, Cumplimiento obligatorio sin desviaciones en las áreas autorizadas por CUSTF.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		autorizadas por SEMARNAT para la ejecución del CUSTF, así como del 20% de individuos sanos de especies de interés biológico que corresponden a especies endémicas de lento crecimiento y difícil regeneración.				
5		Realizar acciones de inducción y capacitación en empleados de la empresa y de empresas contratistas y subcontratistas sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	P, M	P.S., CO, O.M., CI	Equipo de Supervisión Ambiental del Promovente, y de las empresas contratistas y subcontratistas para inducción y capacitación.	Cumplimiento obligatorio para todo personal laborando en el Proyecto, incluyendo contratistas y subcontratistas.
6		Mantenimiento y Monitoreo de Sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre rescatada y reubicada (80% de sobrevivencia de la flora). En caso de mortandad superior al 20%, reposición de ejemplares y especies mediante la reproducción a partir de germoplasma recuperado de áreas forestales del SAR y Área de Influencia del Proyecto.	M	P.S.	Cuadrilla de monitoreo de sobrevivencia.	Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos rescatados y reubicados.
7	Variación de la composición de la cobertura vegetal en el AP.	Revegetación de las áreas restauradas al Cierre del Proyecto, empleando exclusivamente especies características de los tipos de vegetación del AP y Área de Influencia de Proyecto.	M	CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
8		Mantenimiento y Monitoreo de sobrevivencia durante 5 años de la flora silvestre plantada para acciones de revegetación y de reforestación.	M	CI, P-CI	Cuadrilla de monitoreo de sobrevivencia.	Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos de restauración y revegetación.
9	Variación en la abundancia de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, endémicas y/o de interés biológico.	Ejecución del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, aplicado a todos los individuos y especies de fauna identificados en el AP.	M	P.S., CO	Cuadrillas para ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre.	Supervisión diaria, Cumplimiento obligatorio sin desviaciones en las áreas autorizadas por CUSTF y en las áreas operativas durante las etapas de construcción y operación.
10		Ejecución de acciones de monitoreo de fauna silvestre, durante el desarrollo del Proyecto, incluye la identificación de nidos y madrigueras previo a la ejecución del desmonte y despalme; así como la supervisión, ahuyentamiento y rescate de fauna durante la etapa de construcción y operación del Proyecto.	M	O.M., CI, P-CI	Cuadrilla de monitoreo de fauna silvestre.	Supervisión y cumplimiento conforme a Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
11	Afectación puntual a individuos de fauna.	Se prohíbe la cacería, captura, colecta, consumo, comercialización, tráfico y la extracción de especies de fauna silvestre, así como el proporcionar alimentación a la fauna silvestre en el AP, en caminos de acceso y colindancias, por el personal que labore en el Proyecto.	M	P.S., CO, O.M., CI	Equipo de Supervisión Ambiental del Promovente, y de las empresas contratistas y subcontratistas para inducción y capacitación; Instalación de señalética temática.	Cumplimiento obligatorio para todo personal laborando en el Proyecto, incluyendo contratistas y subcontratistas.
12		Instalación de bebederos de agua para promover el desplazamiento dirigido de fauna silvestre.	M	P.S., CO, O.M., CI	Instalación y/o construcción de bebederos; Mantenimiento de bebederos; Instalación de cámaras trampa.	Supervisión mensual de buena operación de bebederos.
13		Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto para evitar atropellamiento de individuos de fauna silvestre, mediante la instalación de señalética y registro de incidencias.	M	P.S., CO, O.M., CI	Instalación de señalética; Reglamento interno de manejo de vehículos en instalaciones de la empresa.	Cumplimiento obligatorio para todo personal laborando en el Proyecto, incluyendo contratistas y subcontratistas.
5		Realizar acciones de inducción y capacitación a empleados de la empresa, y de empresas contratistas y subcontratistas sobre la protección de la flora y fauna silvestre.	P, M	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Equipo de Supervisión Ambiental del Promovente, y de las empresas contratistas y subcontratistas para inducción y capacitación.	Cumplimiento obligatorio para todo personal laborando en el Proyecto, incluyendo contratistas y subcontratistas.
14		Colocar cercas perimetrales en piletas de agua (operativas).	P, M	CO, O.M., CI, P-CI	Instalación de cercas perimetrales.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual de buen estado de cercas perimetrales.
15		Construcción y mantenimiento de pasos de fauna en sitios	P, M	CO, O.M	Construcción de pasos de fauna; Cuadrilla de	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual de

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		identificados como rutas de desplazamiento de fauna silvestre en el AP. Los pasos de fauna incluirán: [i] pasos a través de cauces por debajo de caminos, diseñados considerando el tipo de fauna que se desplazará; y [ii] pasos de fauna a lo largo del cerco perimetral de seguridad, en dimensiones acorde a la fauna local.			mantenimiento de pasos de fauna.	buen estado de pasos de fauna.
16		Colocar equipos para ahuyentamiento de fauna (equipos sonoros para ahuyentamiento de aves de piletas).	P, M	CO, O.M., CI	Instalación de equipos sonoros cerca de piletas de agua.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual de buen estado de equipos sonoros.
17	Pérdida de hábitats de fauna: afectación temporal y puntual en los patrones de distribución de la fauna en el sitio del Proyecto por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a ejecutarse.	Reubicación de fauna silvestre en sitios favorables a su hábitat preferentemente en PEA, AI y/o SAR.	M	P.S., CO	Cuadrillas para reubicación de fauna silvestre.	Supervisión diaria durante acciones de reubicación de fauna. Cumplimiento obligatorio sin desviaciones para reubicar en los sitios recomendados.
18		Reubicación de flora silvestre rescatada en áreas dentro del PEA, para favorecer la reconstitución de hábitats con vegetación forestal favorable para la fauna silvestre.	M	P.S.	Cuadrillas para reubicación de flora silvestre.	Supervisión diaria durante acciones de reubicación de flora. Cumplimiento obligatorio sin desviaciones para reubicar flora en el área recomendada.
19		Revegetación de áreas donde se aplique la restauración de suelo	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		y del programa de cierre dentro del AP; reubicación de flora silvestre rescatada como parte del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en áreas fuera del AP pero dentro del PEA; y reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP pero dentro del PEA, para reconstituir hábitats para la fauna silvestre.			especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Programa. Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
20	Alteración de las rutas naturales de desplazamiento: disminución, pérdida o fragmentación del hábitat por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales a ejecutarse.	El desmonte se deberá realizar de manera programada y direccionada, esto con el objetivo de permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas.	P, M	P.S.	Equipos mecánicos y cuadrillas de ejecución de desmonte y despalme.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante la ejecución del desmonte y despalme.
15		Construcción y mantenimiento de pasos de fauna en sitios identificados como rutas de desplazamiento de fauna silvestre en el AP. Los pasos de fauna incluirán: [i] pasos a través de cauces por debajo de caminos, diseñados considerando el tipo de fauna que se desplazará; y [ii] pasos de fauna a lo largo del cerco perimetral de seguridad, en dimensiones acorde a la fauna local.	M	CO, O.M., CI	Contratista para la construcción de pasos de fauna durante la construcción de obras e instalaciones del Proyecto.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante la etapa de construcción.
19		Revegetación de áreas donde se aplique la restauración de suelo	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		y del programa de cierre dentro del AP; reubicación de flora silvestre rescatada como parte del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre en áreas fuera del AP pero dentro del PEA; y reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP pero dentro del PEA, para reconstituir hábitats para la fauna silvestre.			especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
21	Emisión de polvos y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en concentraciones por arriba de la LBA o del LMP.	Riego de caminos en el Área del Proyecto empleando agua y/o supresor de polvos, cuando sea necesario en función de la temporada del año.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
22		Control de velocidad en caminos del Área del Proyecto, mediante la instalación de señalética y registro de incidencias.	M	P.S., CO, O.M., CI	Instalación de señalética. Reglamento interno de manejo de vehículos en instalaciones de la empresa.	Cumplimiento obligatorio para todo personal laborando en el Proyecto, incluyendo contratistas y subcontratistas.
20		Ejecutar el desmonte y despalme de manera direccionada, en función del avance del desarrollo del proyecto o del avance de obra.	M	P.S.	Equipos mecánicos y cuadrillas de ejecución de desmonte y despalme.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante la ejecución del desmonte y despalme.
23		Control de polvos en áreas operativas del tajo, tepetatera, presa de jales, mediante riego	M	CO, O.M., CI	Equipo y vehículo dedicado al riego en frentes de obra.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante las etapas de preparación

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		con agua y/o supresor de polvos en áreas identificadas como generadoras de emisión de partículas, cuando sea necesario en función de la temporada del año.				del sitio y de construcción.
24		Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M	O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
25		Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	M	CO, O.M.	Adquisición, instalación y mantenimiento de equipos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión semanal de instalación y operación funcional óptima.
26		Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M	CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
27		Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales	M	CO	Material rocoso estéril no generador de drenaje ácido;	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.			Camiones para transporte y disposición del material.	Programa.
28		Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
29		Mantenimiento programado y correctivo de la flotilla de vehículos ligeros y pesados, y maquinaria empleados en el Proyecto.	M	P.S., CO, O.M., CI	Aplicación del programa de mantenimiento de vehículos y maquinaria de promovente, contratistas y subcontratistas.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
30		Uso de combustible diésel con bajo contenido de azufre.	M	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Disponibilidad de diésel con bajo contenido de azufre.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
31		Monitoreo de polvos y partículas (PM10 y PM2.5) y NO2 por laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y autorizado	M	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Contratación de laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa de Monitoreo.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).				
32	Incremento en los niveles de ruido ambiental por las actividades del Proyecto.	Realizar voladuras en el área del tajo, exclusivamente en horario diurno controlado.	M	O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
33		Instalación y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el SAR.	M	CO, O.M., CI	Cuadrilla de personal para plantación de cortinas verdes; individuos de especies por plantar en número suficiente para la instalación de cortinas verdes.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
34		Empleo de equipos e instalaciones para disminuir la generación de ruido que incremente el nivel sonoro en el AP y AI del Proyecto.	M	CO, O.M.	Adquisición, instalación y mantenimiento de equipos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión semanal de instalación y operación funcional óptima.
35		Monitoreo de ruido aplicando lo que dicta la NOM-081-SEMARNAT-1994 para los límites máximos permisibles del nivel sonoro.	M	P.S., CO, O.M., CI	Contratación de laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa de Monitoreo.
24		Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M	O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
36	Variación en las formas del relieve o modificación de las geoformas	Diseño óptimo para minimizar la modificación del relieve y estabilización estructural y	M	CO, O.M., CI	Construcción y adecuación de taludes en estructuras mayores	Cumplimiento obligatorio. Supervisión semestral de construcción/adecuación

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		conformación de taludes en las estructuras mayores				durante etapa de Construcción, de mantenimiento y operación, y de cierre (con la reconformación de taludes).
37	Contaminación de suelo por metales e hidrocarburos: Susceptibilidad de contaminación al suelo por sustancias tóxicas y/o peligrosas.	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso, deberá contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas, etc., así como contar con y ejecutar un Plan de atención a contingencias.	M	P.S., CO, O.M.	Construcción e instalación de sistemas/infraestructura de contención de derrames.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual de construcción/instalación durante etapa de Construcción; y de mantenimiento y operación funcional durante etapa de Operación.
25		Control de polvos en áreas operativas y áreas de transferencia, incluidas almacén de mineral grueso y banda transportadora mediante la instalación de equipos y accesorios para mitigar emisiones.	M	CO, O.M.	Adquisición, instalación y mantenimiento de equipos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión semanal de instalación y operación funcional óptima.
26		Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos	M	CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.				
38		Uso de cubiertas en camiones de transporte de concentrados o uso de camiones en cajas cerradas para el transporte de concentrados.	M	O.M.	Camiones para transporte de concentrado que dispongan de caja cerrada o caja con cubierta.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria a la salida de camiones del AP.
39		Aplicación, ejecución y seguimiento del Plan de Manejo Integral de Residuos, que incluya el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, el Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial y el Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Supervisión Ambiental. Registro del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos y del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial; Instalaciones necesarias para el manejo y disposición temporal de los distintos tipos de residuos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del Plan de Manejo Integral de Residuos
40		En áreas de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas, construir infraestructura como los cárcamos, drenajes y diques de contención, así como brindar mantenimiento periódico para evitar grietas y azolve por residuos.	M	CO, O.M.	Instalaciones para el Manejo de residuos peligrosos, Contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para el manejo y disposición final de residuos peligrosos. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del PVA.
41		El manejo y la disposición final de los residuos peligrosos, se llevará a cabo conforme al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos registrado ante SEMARNAT, con la participación de una empresa autorizada por SEMARNAT para el manejo y	M	P.S., CO, O.M., CI	Instalaciones para el Manejo de residuos peligrosos, Contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para el manejo y disposición final de residuos peligrosos. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		disposición final de los residuos.				
42		El manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme al Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial registrado ante SAMA, con la participación de empresas autorizada por SAMA para el manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de estos residuos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Instalaciones para el Manejo de RME, Contratación de empresas autorizadas por SAMA para el manejo de RME. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial.
43		Manejo de los residuos mineros (jales y tepetate) conforme a lo señalado por la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, y al Pla de Manejo de Residuos Mineros que sea registrado ante SEMARNAT.	M	P.S., CO, O.M., CI	Diseño, construcción, operación y cierre de depósitos de residuos mineros conforme a norma; Supervisión Ambiental. Registraron del Plan de Manejo de Residuos Mineros.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del Plan de Maneo de Residuos Mineros
44		Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la	M	CI, P-CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Cuadrillas dedicadas al retiro de instalaciones y la limpieza del sitio. Contratación de empresas dedicadas al manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Plan de Cierre autorizado por SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.				
45		Aplicación de acciones de remediación o limpieza de suelo en caso de derrames de combustibles, sustancias, mineral o pulpas de proceso.	M	P.S., CO, O.M., CI	Cuadrilla de atención a derrames y contingencias. Equipos atención a derrames. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme avance del Plan de Maneo de Residuos Mineros
28	Degradación del suelo/remoción del suelo superficial: capacidad desarrollar y sostener vegetación.	Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
2		En las áreas que hayan sido objeto de CUSTF y no presente una obra permanente, se ejecutará la revegetación de áreas mediante la plantación de especies de protección del suelo	M	CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Reproducción y/o adquisición de individuos de flora reproducidos a partir del	Cumplimiento obligatorio al cierre del Proyecto. Supervisión mensual de avance de la acción.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		y recuperación de cobertura vegetal, tales como herbáceas y gramíneas características de la vegetación del SAR.			germoplasma local o regional. Cuadrillas dedicadas a la plantación de flora.	
44		Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.	M	CI, P-CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Cuadrillas dedicadas al retiro de instalaciones y la limpieza del sitio. Contratación de empresas dedicadas al manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Plan de Cierre autorizado por SEMARNAT.
46		Construcción de obras para la conservación de suelo y de control de erosión, tales como trincheras de piedra en curvas de nivel y presas filtrantes.	M, C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la construcción de obras de control de erosión y de retención de suelo; Cuadrilla dedicada al mantenimiento y conservación del suelo.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
46	Incremento en la erosión y pérdida del suelo en Áreas del	Construcción de obras para la conservación de suelo y de	M, C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la construcción de obras de	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
	Proyecto.	control de erosión, tales como trincheras de piedra en curvas de nivel y presas filtrantes.			control de erosión y de retención de suelo; Cuadrilla dedicada al mantenimiento y conservación del suelo.	Programa.
28		Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
47	Cobertura del Suelo	Recuperación y mantenimiento de suelo orgánico de las áreas de CUSTF permanente; en las áreas de CUSTF temporal, realizar únicamente el desmonte.	M	P.S.	Cuadrillas dedicadas al desmonte y despalme; Áreas para el almacén temporal de suelo.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante la etapa de preparación del sitio.
44		Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el	M	CI, P-CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Cuadrillas dedicadas al retiro de instalaciones y la limpieza del sitio. Contratación de empresas dedicadas al manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos y de manejo	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Plan de Cierre autorizado por SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.			especial.	
48	Disminución de la carga en los escurrimientos superficiales.	Construcción y operación de canales de captación y derivación de agua superficial (de no contacto) que permitirán dirigir el agua de lluvia y escorrentías fuera de áreas operativas para reincorporarse aguas abajo del Proyecto, en la misma cuenca hidrológica.	M	P.S., CO, O.M.	Contratista para la construcción de canales de captación y derivación de agua superficial. Cuadrilla de mantenimiento de obras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
49		Construcción y operación de obras (alcantarillas y vados) para permitir la libre escorrentía (agua de no contacto).	M	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la construcción de obras. Cuadrilla de mantenimiento de obras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
50		Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito cerrado; [ii] la	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua en circuito cerrado.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales; y [iii] cero descargas en el ambiente.				
51		Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto	M	P.S., CO, O.M.	Autorización por CONAGUA. Construcción de instalaciones y obras para la descarga de agua de laboreo excedente. Adecuación de bordos para facilitar el control y captación del agua descargada.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
52		Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será almacenado para su empleo en el Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua de contacto.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
53		Ejecutar el plan de manejo de agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua de contacto.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, de Operación y de Cierre.
54		Al cierre del Proyecto, limitar la pérdida por evaporación del agua que se acumule en el tajo y promover la formación de un reservorio en el tajo hasta que	M	CI, P-CI	Instalación de sistemas de control de evaporación en el agua del tajo.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		alcance el equilibrio.				
55	Alteración de la calidad química del agua superficial.	Construcción y operación de piletas de captación de agua y bordos de contingencias diseñados para una lluvia de 24 horas, periodo de retorno de 100 años y un bordo libre de 3 m	M	CO, O.M., CI	Construcción de obras e instalaciones para la captación de agua y bordos de contingencias bajo diseño.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
50		Optimización del manejo de agua en las operaciones buscando maximizar el reúso interno para reducir al mínimo los volúmenes de reposición a partir de fuentes externas al proceso productivo (agua de contacto y agua de laboreo), tal como: [i] el manejo de agua en circuito cerrado; [ii] la recuperación y reúso del agua de la planta concentradora (en los tanques espesadores y filtración de concentrados) y del agua de las colas espesadas en la presa de jales; y [iii] cero descargas en el ambiente.	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua en circuito cerrado.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
56		Implementar infraestructura apropiada para la captura, almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas, según aplique, sea instalación de sanitarios portátiles o planta tratadora móvil. Instalar y operar las plantas tratadoras móvil y biodigestores.	M	P.S., CO, O.M., CI	Construcción de instalaciones y obras para la captura y almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas. Operación y mantenimiento de plantas móviles de tratamiento de aguas residuales y de sistemas de biodigestores.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
53		Ejecutar el plan de manejo de	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones	Cumplimiento obligatorio.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.			y obras para el manejo de agua de contacto.	Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, de Operación y de Cierre.
57		Monitoreo periódico de la calidad química del agua superficial en cuerpos de agua ubicados aguas arriba y aguas abajo del AP, mediante laboratorio acreditado por EMA y aprobado por PROFEPA. Comparación con la concentración de línea base ambiental.	M	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Contratación de laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA. Análisis periódicos programados de agua superficial.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa de Monitoreo.
1	Disminución en la recarga de los acuíferos.	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	P	P.S.	Cuadrilla de Topografía	Supervisión diaria, Cumplimiento obligatorio sin desviaciones en las áreas autorizadas por CUSTF.
28		Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
52		Limitar el empleo del agua superficial al agua de contacto	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		correspondiente a la precipitación directa sobre las obras y áreas del Proyecto. El excedente del agua de contacto será almacenado para su empleo en el Proyecto y disminuir el consumo de agua de laboreo			agua de contacto.	durante las etapas de Construcción y de Operación.
53		Ejecutar el plan de manejo de agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua de contacto.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, de Operación y de Cierre.
58		Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero	M, C	P.S., CO, O.M.	Contratista para la construcción y/o adecuación de bordos. Cuadrilla de mantenimiento de obras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
51		Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto	M	P.S., CO, O.M.	Autorización por CONAGUA. Construcción de instalaciones y obras para la descarga de agua de laboreo excedente. Adecuación de bordos para facilitar el control y captación del agua descargada.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
51	Disminución del nivel freático	Reincorporación a la cuenca hidrológica del agua de laboreo excedente, de tal manera que se distribuya en los cauces que han sido interrumpidos aguas arriba por la implementación del Proyecto	M	P.S., CO, O.M.	Autorización por CONAGUA. Construcción de instalaciones y obras para la descarga de agua de laboreo excedente. Adecuación de bordos para facilitar el control y captación del agua descargada.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
58		Construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero	M, C	P.S., CO, O.M.	Contratista para la construcción y/o adecuación de bordos. Cuadrilla de mantenimiento de obras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y de Operación.
69 a 76		Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua para asegurar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficientes para las comunidades afectadas por la disminución del nivel freático en el Área de Influencia del Proyecto.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratistas para la construcción y mantenimiento de obras e instalaciones incluidas en el Programa Social de Acceso al Agua.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión de cumplimiento conforme a Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
37	Alteración de la calidad química del agua subterránea	Las áreas de almacén y manejo de combustibles, de almacén y preparación de reactivos o sustancias, y de proceso, deberá contar con sistemas e infraestructura de contención de derrames, piso impermeable, guardas, etc., así como contar con y ejecutar un Plan de atención a contingencias.	M	P.S., CO, O.M.	Construcción e instalación de sistemas/infraestructura de contención de derrames.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual de construcción/instalación durante etapa de Construcción; y de mantenimiento y operación funcional durante etapa de Operación.
26		Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M	CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
53		Ejecutar el plan de manejo de agua de proceso mediante su captación y reúso, y cero descargas en el ambiente.	M	CO, O.M.	Construcción de instalaciones y obras para el manejo de agua de contacto.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, de Operación y de Cierre.
59		Cumplimiento de concentraciones de línea base para agua subterránea aguas abajo del AP dentro de su AI; recuperación del agua mediante pozos de extracción para su reúso en proceso o tratamiento	M	O.M., CI, P-CI	Contratistas para la construcción y mantenimiento de pozos de recuperación de agua. Contratistas para la instalación de planta de tratamiento de agua impactada.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante el tratamiento de agua subterránea recuperada para dar cumplimiento a descarga.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		para cumplir con concentración de línea base.				
60		Plan de depositación y manejo de tepetate PAG (generador de drenaje ácido) a lo largo de la operación, para asegurar su encapsulamiento por tepetate no PAG, como medida para mitigar la generación de drenajes ácidos.	M	O.M.	Programa de producción de tepetate PAG; camiones para transporte de tepetate. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual conforme PVA y conforme al Plan de Manejo de Residuos Mineros.
61		Recuperación de eventuales infiltraciones de la presa de jales en el tajo para su manejo como parte del reservorio del tajo, evitando a su infiltración hacia el acuífero.	M	O.M., CI, P-CI	Supervisión Ambiental. Registro de niveles y de flujos de infiltraciones hacia el tajo.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión anual conforme PVA.
62		Monitoreo periódico de la calidad química del agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP. Muestreo y análisis mediante laboratorio acreditado por EMA y aprobado por PROFEPA. Comparación con la concentración de línea base ambiental.	M	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Contratación de laboratorio acreditado por EMA y autorizado por PROFEPA. Supervisión Ambiental.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa de Monitoreo.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
63	Afectación al transporte en las vías de comunicación federal y estatal debido al incremento de tráfico.	Asegurar que el Acceso norte en la carretera federal 49 sea exclusivo para el transporte de concentrados y de equipo y maquinaria pesada.	M	P.S., CO, O.M., CI	Permisos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte para el Acceso a la Carretera Federal 49; Contratistas de obra para la construcción y mantenimiento de caminos de acceso.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
64		Asegurar que el Acceso sur a la carretera estatal 144 sea exclusivo para el acceso de vehículos ligeros y del personal; incluye el servicio colectivo de transporte de personal.	M	P.S., CO, O.M., CI	Permisos de la Secretaría de Caminos del Gobierno de Zacatecas para la Carretera Estatal 144; Contratistas de obra para la construcción y mantenimiento de caminos de acceso.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
65		Control de traslados de personal regional a partir de la construcción y operación de campamentos para la etapa de construcción y para la etapa de operación dentro del AP.	M	P.S., CO, O.M., CI	Construcción y operación de campamentos para personal laborando en etapas de construcción y en etapa de operación.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
66		Servicio colectivo de transporte de personal coordinado por la empresa promovente, incluidas empresas contratistas y subcontratistas.	M	P.S., CO, O.M., CI	Vehículos para transporte de personal y plan de acción para el transporte de personal.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
67	Percepción por el incremento de la vibración que provoque impacto en la infraestructura.	Monitoreo de vibraciones en comunidades estratégicas cercanas a la operación, dentro del Área de Influencia del Proyecto.	M	CO, O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras. Equipo para el monitoreo de vibraciones en comunidades ubicadas en su radio de influencia.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
32		Realizar voladuras en el área del tajo, exclusivamente en horario diurno controlado.	M	O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
24		Aplicación de método de voladuras que asegure disminuir el nivel y dispersión de vibraciones, minimice el incremento del ruido y de la emisión de partículas.	M	O.M.	Cuadrilla capacitada para el manejo controlado de voladuras.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión diaria durante voladuras en tajo.
68	Cambios y modificación en los patrones de usos de la tierra.	Acuerdos compensatorios de ocupación temporal en los ejidos de Bajío de San Nicolás y La Blanca	C	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Mantener contratos y convenios vigentes a través del pago compensatorio correspondiente; y su correspondiente registro en el Registro Público de la Propiedad o en el Registro Agrario Nacional, según corresponda.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión anual conforme avance del Programa.
69 a 76	Modificación en el acceso al agua.	Aplicación del Programa Social de Acceso al Agua para asegurar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficientes para las comunidades afectadas por la disminución del nivel freático en el Área de Influencia del Proyecto.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme avance del Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
69	Modificación en el acceso al agua.	Mejora de la infraestructura de la red pública de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades de Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña, San Antonio de las Huertas y San Martín.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme avance del Programa.
70		Mantenimiento, rehabilitación y conexión de las norias públicas existentes a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera y Colonia Aguiña.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme avance de Programa.
71		Rehabilitación y ampliación del tanque de almacenamiento y redistribución de agua de pozo profundo municipal en las comunidades de Bajío de San Nicolás, San Antonio de las Huertas.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme avance del Programa.
72		Rehabilitación de la tubería principal de distribución de agua de pozo profundo municipal de Bajío de San Nicolás.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme al avance del Programa.
73		Suministro, instalación y conexión a la red de distribución de agua de pozo profundo municipal de cisternas domésticas en sustitución de las norias de traspatio censadas en Bajío de San Nicolás, Colonia Los Rivera, Colonia Aguiña y	C	P.S., CO, O.M., .CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme al avance del Programa.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		San Martín.				
74		Instalación de sistemas de control de calidad de agua en colaboración con el Departamento de Agua Potable Municipal en los pozos profundos municipales de Bajío de San Nicolás y San Antonio de las Huertas.	C	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de obras e instalaciones.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme al avance del Programa.
75		Fortalecimiento de los Comités Comunitarios de Agua en el AI. Planes y programas de educación en valores y cultura del agua. Promoción y difusión de campañas sobre el cuidado y manejo responsable del agua.	C	P.S., CO, O.M., CI, P-CI	Acuerdos y convenios con los Comités Comunitarios de Agua.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme al avance del Programa.
76	Incremento en la demanda de la vivienda.	Construcción y operación del campamento de Construcción (incluida preparación del sitio) y del campamento de Operación dentro del AP, para disminuir la demanda de vivienda local y regional.	M	P.S., CO, O.M., CI	Contratista para la ejecución y mantenimiento de las instalaciones del Campamento Temporal de Obra.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme al avance del Programa.
1	Variación de la cuenca visual	Limitar la remoción de suelo y de la cobertura vegetal a las áreas del Proyecto autorizadas por SEMARNAT para el CUSTF.	P	P.S.	Cuadrilla de Topografía	Supervisión diaria, Cumplimiento obligatorio sin desviaciones en las áreas autorizadas por CUSTF.
28		Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.			asegurar la restauración del sitio.	asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
27		Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.	M	CO	Material rocoso estéril no generador de drenaje ácido; Camiones para transporte y disposición del material.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
26		Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.	M	CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
44		Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del	M	CI, P-CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Cuadrillas	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Plan de Cierre autorizado por SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.			dedicadas al retiro de instalaciones y la limpieza del sitio. Contratación de empresas dedicadas al manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial.	
27	Variación de la calidad escénica	Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.	M	CO	Material rocoso estéril no generador de drenaje ácido; Camiones para transporte y disposición del material.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa.
26		Construcción de cubiertas diseñadas en las coronas de la tepetatera y de la presa de jales para prevenir la dispersión de polvos y de partículas, así como para limitar la difusión de oxígeno y la infiltración de agua pluvial al cierre de la operación	M	CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		de los depósitos de residuos mineros, para prevenir la generación de drenajes ácidos.			restauración.	individuos plantados.
33		Instalación y mantenimiento de cortinas verdes empleando especies características del tipo de vegetación en el SAR.	M	CO, O.M., CI	Cuadrilla de personal para plantación de cortinas verdes; individuos de especies por plantar en número suficiente para la instalación de cortinas verdes.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
28		Realizar y ejecutar la restauración de suelo, a través de la recuperación, almacenamiento temporal y utilización del suelo orgánico que se haya recuperado durante el CUSTF, para su reincorporación en acciones de restauración del suelo en áreas temporales o en la etapa de cierre, incluyendo acciones de revegetación en áreas temporales y permanentes.	M	CO, CI	Cuadrilla de personal para revegetación; individuos de especies por plantar en número suficiente para asegurar la restauración del sitio.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar una sobrevivencia de 80% de individuos plantados en las áreas de restauración y revegetación.
44		Realizar el retiro de instalaciones al término de la etapa de Operación del Proyecto y como parte de la etapa de cierre del Proyecto (con previa notificación y autorización de la SEMARNAT). llevar a cabo la limpieza de las áreas ocupadas por las instalaciones, retiro de estructuras y de todo tipo de	M	CI, P-CI	Autorización del Plan de Cierre por SEMARNAT al término de la etapa de Operación. Cuadrillas dedicadas al retiro de instalaciones y la limpieza del sitio. Contratación de empresas dedicadas al manejo, transporte y disposición final de residuos	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Plan de Cierre autorizado por SEMARNAT.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		residuos generados durante el Proyecto, para ejecutar la restauración final del sitio, previa evaluación de los requerimientos de remediación de suelo. En caso de que sea necesario, se ejecutará la remediación del suelo en las áreas ocupadas por el Proyecto a las concentraciones de línea base en suelo.			peligrosos y de manejo especial.	
41	Generación y disposición de Residuos Peligrosos.	El manejo y la disposición final de los residuos peligrosos, se llevará a cabo conforme al Plan de Manejo de Residuos Peligrosos registrado ante SEMARNAT, con la participación de una empresa autorizada por SEMARNAT para el manejo y disposición final de los residuos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Contratista autorizado por SEMARNAT para el manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
40		En áreas de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas, construir infraestructura como los cárcamos, drenajes y diques de contención, así como brindar mantenimiento periódico para evitar grietas y azolve por residuos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Equipos, materiales, obras e instalaciones disponibles y operables en sitio para el manejo de residuos peligrosos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.
77		Supervisar el manejo seguro de residuos peligrosos. Empleo de contenedores adecuados. En caso de derrame en suelo, se procederá de inmediato a su control aplicando mecanismos de remediación, a cargo de una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Equipos, materiales e instalaciones disponibles en sitio para el manejo de residuos peligrosos; Contratista autorizado por SEMARNAT para el manejo, transporte y disposición final de residuos peligrosos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.
42	Generación y disposición de Residuos de manejo especial.	El manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme al Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial registrado ante SAMA, con la participación de empresas autorizada por SAMA para el manejo, reciclado, valorización, reúso y/o disposición final de estos residuos.	M	P.S., CO, O.M., CI	Registro del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial por la Secretaría de Agua y Medio Ambiente del Gobierno de Zacatecas; Contratistas autorizados por la Secretaría de Agua y Medio Ambiente del Gobierno de Zacatecas para el manejo, transporte y disposición final de residuos de manejo especial.,	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
80	Generación y disposición de Residuos sólidos urbanos.	Aplicación, ejecución y seguimiento de un Plan de Manejo Integral de Residuos en su categoría residuos sólidos urbanos, que deberá incluir acciones de prevención, manejo, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final.	M	P.S., CO, O.M., CI	Equipos, materiales e instalaciones disponibles en sitio para el manejo de residuos sólidos, urbanos; Contratista autorizado por el Municipio de Villa González Ortega para el manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos urbanos.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de desarrollo del Proyecto.
81	Generación y disposición final de roca estéril y de descapote del tajo en tepetatera.	Construcción y operación de tepetatera como sitio de disposición final de la roca estéril y material de descapote del tajo.	M	CO, O.M.	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros por DGGIMAR-SEMARNAT; Instalación, operación y mantenimiento de Tepetatera.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción y Operación del Proyecto.
82		Manejo de los residuos mineros (jales y tepetate) conforme a lo señalado por la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, y al Plan de Manejo de Residuos Mineros que sea registrado ante SEMARNAT.	M	CO, O.M., CI	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros por DGGIMAR-SEMARNAT; Instalación, operación y mantenimiento de Tepetatera.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, Operación y Cierre del Proyecto.
62		Plan de depositación y manejo de tepetate PAG (generador de drenaje ácido) a lo largo de la operación, para asegurar su encapsulamiento por tepetate no PAG, como medida para mitigar la generación de drenajes ácidos.	M	CO, O.M., CI	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros por DGGIMAR-SEMARNAT; Instalación, operación y mantenimiento de Tepetatera.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, Operación y Cierre del Proyecto.
27		Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para	M	CO, O.M., CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y

Versión Pública

Cuadro VI.11 Matriz de planeación y aplicación de medidas de prevención, mitigación y compensación que atenderán los impactos identificados asociados al desarrollo del Proyecto San Nicolás

P.S.: Etapa de Preparación del Sitio; **CO**: Etapa de Construcción; **O.M.**: Etapa de Operación y Mantenimiento; **CI**: Etapa de Cierre (Abandono); **P-CI**: Etapa de Post-Cierre

No. Medida	Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención [P], mitigación [M] o compensación [C]		Tiempo (Etapa) en que se instrumentará	Recursos necesarios para la aplicación	Supervisión y grado de cumplimiento
		lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.			donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.
83	Generación y disposición final de colas finales espesadas en presa de jales.	Construcción y operación de Presa de Jales como único sitio de disposición final de las colas de flotación y de la roca estéril con alta capacidad de generar ácido y movilizar metales. Diseñada y operada conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.	M	CO, O.M., CI	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros por DGGIMAR-SEMARNAT; Instalación, operación y mantenimiento de presa de jales conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, Operación y Cierre del Proyecto.
82		Manejo de los residuos mineros (jales y tepetate) conforme a lo señalado por la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009, y al Plan de Manejo de Residuos Mineros que sea registrado ante SEMARNAT.	M	CO, O.M., CI	Registro del Plan de Manejo de Residuos Mineros por DGGIMAR-SEMARNAT; Instalación, operación y mantenimiento de presa de jales conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión mensual durante las etapas de Construcción, Operación y Cierre del Proyecto.
27		Enrocamiento en taludes de la tepetatera y de la presa de jales con material pétreo local para lograr una perspectiva paisajística homogénea de los depósitos de residuos y la mitigación de emisión de partículas desdelos depósitos de residuos.	M	CO, O.M., CI	Materiales para construcción de la cubierta diseñada; sustrato para la capa superior donde se aplicará la revegetación; individuos de flora por plantar en número suficiente para asegurar la restauración.	Cumplimiento obligatorio. Supervisión conforme a Programa; Monitoreo y Mantenimiento para asegurar la eficiencia de la cubierta diseñada y una sobrevivencia de 80% de individuos plantados.

Versión Pública

VI.3. Seguimiento y control (monitoreo)

Como parte del PVA (**Anexo VI.1**) y con la finalidad de mostrar la correcta ejecución de éste, se presentarán fichas técnicas diseñadas acorde al PVA que permitirán realizar una descripción y seguimiento de las actividades ambientales en las distintas etapas y actividades del Proyecto. Todas las medidas ambientales están agrupadas por componente e Indicador Ambiental para el establecimiento de acciones de seguimiento (supervisión), programación (cronograma) y control (registros) del Programa.

Para la aplicación del PVA se contará con un Programa de Monitoreo, el cual se presenta en el **Anexo VI.6**. Como se describe en este Programa, durante el desarrollo del Proyecto, se ejecutará el seguimiento y monitoreo de la calidad de aire, ruido, vibraciones, aguas superficiales y agua subterránea, así como también se aplicarán acciones para verificar que se alcancen los objetivos de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre.

En el **Cuadro VI.12** se resumen los criterios de aplicación del Programa de Monitoreo propuesto, así como la normatividad aplicable, de donde se tomarán como referencia los límites máximos permisibles, aunque en el caso de calidad de aire, agua superficial y agua subterránea, se tomarán también como criterio de referencia los valores reportados en el análisis de línea base (ver Capítulo IV de esta MIA-R), puesto que algunos parámetros normados se encuentran en concentraciones cercanas o por arriba de los límites permisibles.

Versión Pública

Cuadro VI.12 Criterios y Normatividad Aplicable para el Monitoreo Ambiental.

Factor	Criterios	Normatividad	Criterio de referencia
Calidad de Aire	Centros poblados en el AI donde se estima que ocurren los mayores aportes de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ bajo condiciones normales de operación, y NO_2 como producto de las voladuras.	NOM-025-SSA1-2021 (PM_{10} y $PM_{2.5}$) ; NOM-023-SSA1-2021 (NO_2). **Normas de referencia.**	Especificaciones de la NOM-025-SSA1-2021 para PM_{10} y $PM_{2.5}$; (**norma de referencia**). Especificaciones de la NOM-023-SSA1-2021 para NO_2; (**norma de referencia**) Concentraciones de Línea Base Ambiental en aire para PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NO_2.
Ruido y Vibraciones	Para el ruido se consideran los centros poblados en el AI desde donde se percibirá el ruido generado. Para las vibraciones se consideran los Centro Poblados de Bajío San Nicolás y Colonia Los Rivera.	NOM-081-SEMARNAT-1994 (para Ruido). Para Vibraciones no existe NOM, ni límites permisibles.	Límites Máximos Permisibles de emisión de ruido; Se medirá el nivel de ruido en línea base antes de cualquier actividad del Proyecto.
Agua	Descargas de agua de	Línea Base de calidad	Concentraciones de línea

Cuadro VI.12 Criterios y Normatividad Aplicable para el Monitoreo Ambiental.

Factor	Criterios	Normatividad	Criterio de referencia
Superficial	laboreo. Arroyos, bordos y lagos presentes en el AI aguas arriba y aguas abajo del Proyecto.	química de agua superficial en arroyos, bordos y lagos. Condiciones naturales de descarga para agua de laboreo.	base en agua superficial
Agua Subterránea	Ubicaciones aguas abajo de las instalaciones del Proyecto con el potencial de generar infiltraciones que afecten la calidad del agua subterránea; Pozos Profundos Comunitarios desde donde se abastecen las comunidades ubicadas en el AI.	Concentraciones de línea base de calidad química de agua subterránea.	Concentraciones de línea base en agua subterránea.
Flora Silvestre	Flora Silvestre rescatada y relocalizada en el Área de Reubicación. Mantenimiento y monitoreo de ejemplares de flora silvestre rescatados y reubicados, por un periodo de 5 años, basado en actividades como riego de auxilio, deshierbe, trasplante, y seguimiento de sobrevivencia.	NOM-059-SEMARNAT-2010.	Rescate y reubicación del 100% de individuos sanos de especies de flora silvestre listadas en NOM-059-SEMARNAT-2010. Asegurar el mantenimiento y monitoreo durante 5 años la sobrevivencia de 80%.
Fauna Silvestre	Fauna Silvestre reubicada y hábitats para su sobrevivencia y rutas de desplazamiento.	NOM-059-SEMARNAT-2010.	Ahuyentamiento, rescate y reubicación del 100% de individuos de especies de fauna silvestre listadas en NOM-059-SEMARNAT-2010.

Versión Pública

El seguimiento de las medidas se realizará a través de la Supervisión Ambiental, para verificar el cumplimiento de los indicadores señalados en el **Cuadro VI.1** al **Cuadro VI.9.**

VI.3.1. Evidencias de ejecución, evaluación y presentación de resultados

Se elaborarán actas de inspección, que consisten en una matriz con filas que presentan las medidas de mitigación a cumplir para el Proyecto, divididas por rubro o elemento del ambiente a afectar; mientras que en las columnas se registra el cumplimiento de cada medida, así como observaciones pertinentes al respecto y sus datos de ubicación. Las listas de verificación utilizadas en cada visita de inspección serán elaboradas y firmadas por los inspectores que participarán en la misma y serán fechadas y foliadas.

La bitácora ambiental consiste en un cuadro con columnas donde se registrará el incumplimiento, el sitio en que ocurrió y las recomendaciones de los especialistas encargados de la vigilancia para la subsanación. Dicha bitácora será elaborada por el personal de inspección y firmada por el representante ambiental de la empresa. Además, se generará un anexo fotográfico que evidencie los cumplimientos más relevantes efectuados.

VI.3.1.1. Elaboración de informes

La evaluación del cumplimi7ento de cada medida o acción se hará en función de la fecha de término del cumplimiento de esta, así como del porcentaje de avance al momento de la evaluación y la calidad de las medidas adoptadas. El resultado de las evaluaciones realizadas durante la inspección se notificará en el documento Informe Final de Inspección, que será entregado a la empresa y de manera interna.

Cada Informe incluirá un desglose ordenado y secuencial de los resultados de inspección para cada uno de los rubros:

i. Evidencia de cumplimientos de los términos, condicionantes y medidas de mitigación;

ii. Estimación de los indicadores de éxito propuestos; y

iii. Evidencia fotográfica.

Versión Pública

Los informes del PVA de cumplimiento de medidas, términos y condicionantes establecidos en el oficio de Autorización, serán elaborados por la Supervisión Ambiental conforme se establezca en la Autorización, sea semestral o anualmente. Estos informes incluirán todas las evidencias de cumplimiento por medida, en función de la etapa o del periodo de cumplimiento establecido.

Capítulo VII

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas 5

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin Proyecto 5

VII.2. Descripción y análisis del escenario con Proyecto 36

VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección 39

VII.4. Pronóstico ambiental 43

Versión Pública

Índice de Figuras

Figura VII.1 Mapa de distribución de vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto.....6

Figura VII.2 Mapa de distribución de vegetación y uso de suelo en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto. 8

Figura VII.3 Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, donde se observa la perturbación importante en la vegetación de matorral.....9

Figura VII.4 Riesgo actual a la erosión del suelo en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto (con cobertura vegetal).....13

Figura VII.5 Carta geoquímica de arsénico en sedimentos activos de arroyo en el Sistema Ambiental Regional (Servicio Geológico Mexicano, 1999, 2007; modificado por IDEAS, 2021). 14

Figura VII.6 Distribución puntual de la concentración de arsénico (As) en muestras de suelo superficial en el Área del Proyecto.....15

Figura VII.7 Distribución de los arroyos (intermitentes) y cuerpos de agua en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto. 16

Figura VII.8 Distribución de la concentración de arsénico, cobre, zinc y sólidos suspendidos totales en agua superficial durante la temporada de lluvias 2019.....19

Figura VII.9 Ubicación de los aprovechamientos registrados en el REPDA en junio 2023.....23

Figura VII.10 Distribución de la concentración en agua subterránea del Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto para arsénico y flúor en las temporadas de lluvias y secas del año 2019. 24

Figura VII.11 Temperatura promedio para el Estado de Zacatecas en un escenario de cambio climático para el futuro cercano. 29

Figura VII.12 Temperatura promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro cercano. 30

Figura VII.13 Temperatura promedio para el Estado de Zacatecas en un escenario de cambio climático para el futuro lejano. 31

Figura VII.14 Temperatura promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro lejano. 32

Figura VII.15 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro cercano. 33

Figura VII.16 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro medio. 34

Figura VII.17 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro lejano. 35

Versión Pública

Figura VII.18 Panorámica reconstruida del arreglo general de obras en el Área del Proyecto, donde se aprecian la depresión y las elevaciones como producto del desarrollo del Proyecto. 36

Índice de Cuadros

Cuadro VII.1 Resultados del análisis de línea base de agua superficial en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto San Nicolás. 17

Cuadro VII.2 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto San Nicolás. 25

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás. 44

Listado de Anexos citados

Anexo VII.1 Evaluación de alternativas de ubicación del Proyecto

Versión Pública

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

En este capítulo se presenta el análisis de los escenarios presentes y futuros para el Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia (AI) y Área del Proyecto (AP) minero **San Nicolás** (enseguida denominado el Proyecto), incluyendo la identificación de las acciones o actividades que provocan y pueden provocar impactos en cada factor ambiental que los representan. Para el análisis de escenarios, se toma como referencia el escenario actual, sin Proyecto, el cual fue descrito en el Capítulo IV de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R), seguido del escenario con Proyecto sin aplicar las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VI a los impactos evaluados en el Capítulo V de esta MIA-R; y finalmente, el escenario que incluye al Proyecto con sus impactos y la aplicación de las medidas descritas en el Capítulo VI.

Los pronósticos detallados para cada escenario son descritos a partir de las características del entorno temporal y permanente, con y sin la implementación del Proyecto. Además, se proyecta con y sin medidas aplicables a los factores ambientales en las condiciones particulares que prevalecen en el SAR y el AP. La descripción de los factores de acuerdo con el componente ambiental se basa en los indicadores ambientales descritos para representar la condición más cercana que pudiera suceder ante cada escenario evaluado. A continuación, se describirá la proyección de cada uno de estos tres escenarios.

Versión Pública

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin Proyecto

El área donde se desarrollará el Proyecto (denominada Área del Proyecto, AP), ocupa una superficie de 1,455.492 ha, de las cuales 1,406.854 ha (96.7%), corresponden a superficies con cobertura vegetal, constituida principalmente por matorral desértico micrófilo (1,323.342 ha), y en menor cobertura por vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo (74.452 ha) y por matorral crasicaule (9.060 ha) (**Figura VII.1**). El 3.3% restante de la superficie del AP corresponde a áreas sin vegetación aparente, donde dominan los caminos rurales y brechas existentes (24.806 ha, 1.7% del AP), superficies dedicadas a actividades agrícolas (19.704 ha, 1.4% del AP), y a cuerpos de agua artificiales (4.128 ha, 0.3% del AP). En el AP no existen centros de población o comunidades establecidas.

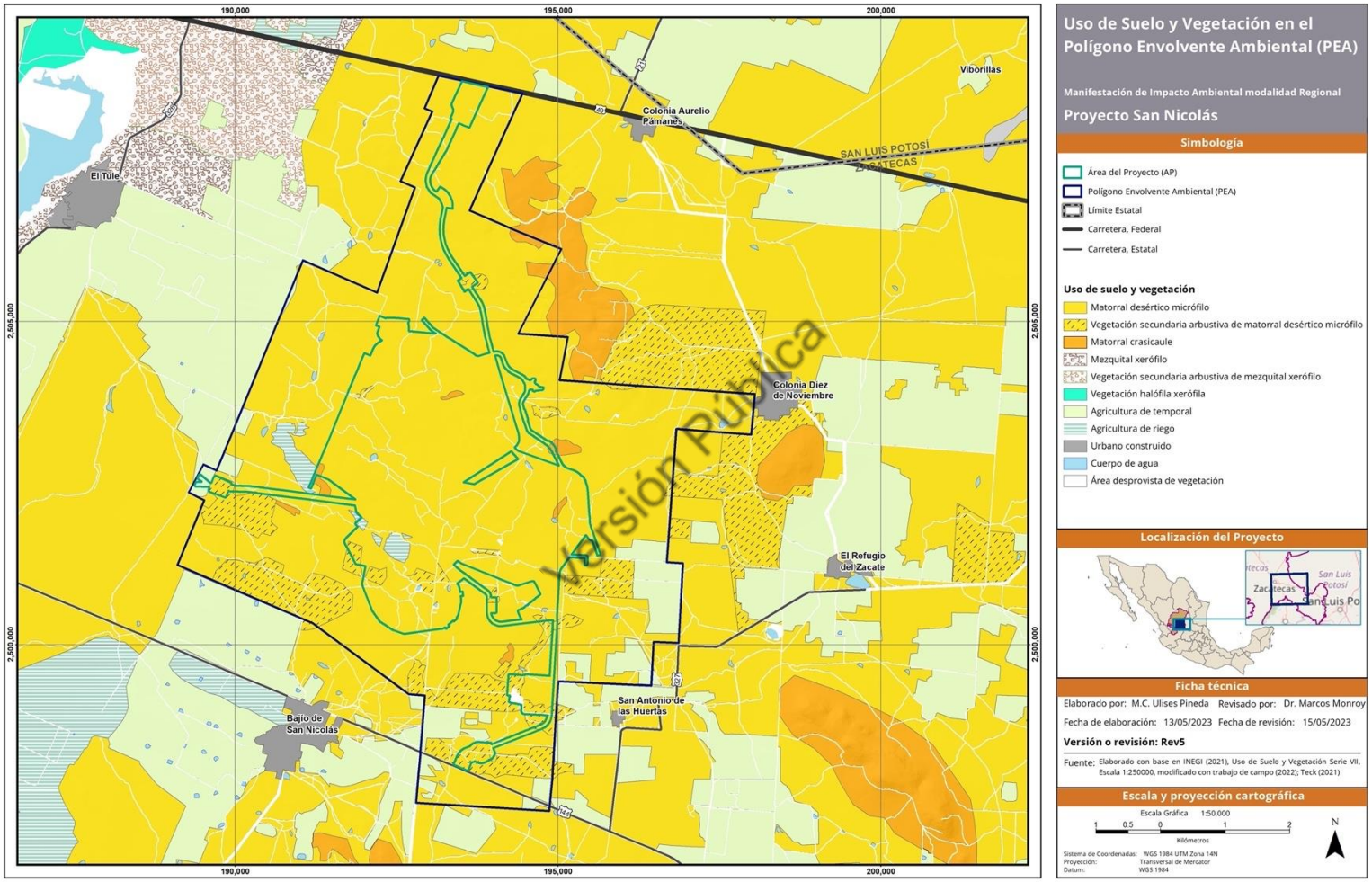


Figura VII.1 Mapa de distribución de vegetación y uso de suelo en el Área del Proyecto.

La superficie del AP representa apenas el 1.4% del área total del SAR (102,890.146 ha), donde las áreas con cobertura vegetal apenas ocupan el 44.88% de su superficie (44,493.1873 ha). En el SAR, el suelo de uso agrícola representa el 51.4% de su superficie (52,876.118 ha), y el restante 4.8% se distribuye entre las carreteras, caminos rurales y brechas existentes (2,285.028 ha, 2.2% del SAR), los cuerpos de agua artificiales (964.492 ha, 0.9% del SAR), y las áreas ocupadas por los centros de población rural (1,712.615 ha, 1.7% del SAR), (**Figura VII.2**).

La distribución de las áreas con cobertura vegetal, donde se ubicará el AP, representa un núcleo con vegetación forestal dominante, que permanece relicto y rodeado al oeste, sur y noreste por las superficies preferentemente de ocupación agrícola (mayormente de temporal) del SAR, aunque incluso este "núcleo" con cobertura vegetal dominante se encuentra fragmentado por parcelas con uso y ocupación agrícola que rodean los centros de población rural, tal como Colonia Aurelio Pámanes, Colonia Diez de Noviembre, el Refugio del Zacate, San Antonio de las Huertas y Bajío de San Nicolás (**Figura VII.2**).

Si bien en el AP, el 96.7% de la superficie está representada por suelo con cobertura vegetal, 74.452 ha (5.1% de la superficie total del AP) corresponden a superficies con vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo que se ha desarrollado principalmente en áreas agrícolas abandonadas, así como en áreas con una actividad pecuaria intensa también desarrollada hasta hace algunos años, que ha favorecido la presencia de áreas desprovistas de vegetación o con una importante degradación (**Figura VII.3**).

Versión Pública

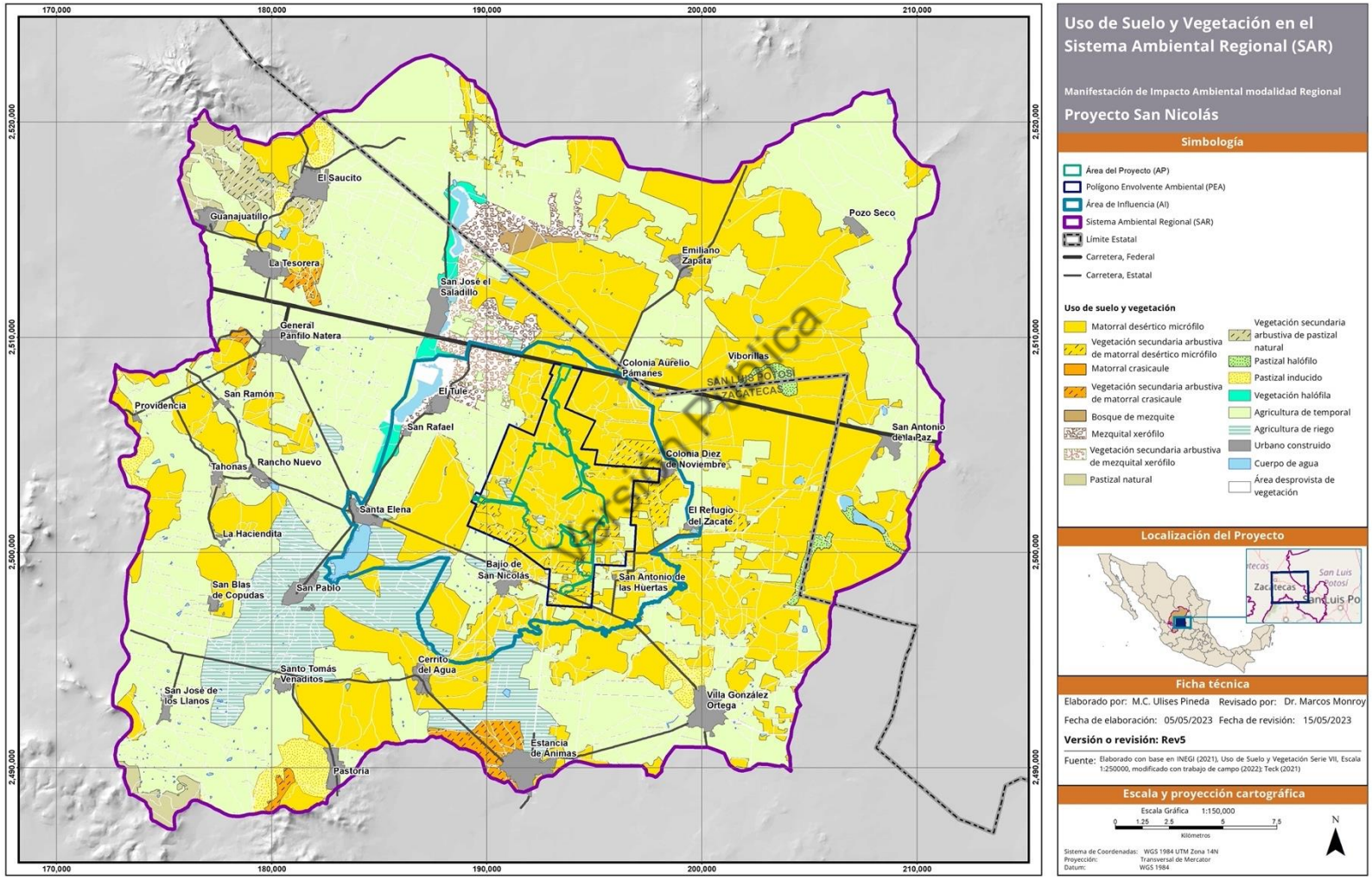


Figura VII.2 Mapa de distribución de vegetación y uso de suelo en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto.



Figura VII.3 Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo en el Área del Proyecto, donde se observa la perturbación importante en la vegetación de matorral.

Versión Pública

El SAR presenta dos tipos de climas, en donde el clima semiárido templado BS_1kw ocupa la mayor parte del SAR, el total del AI y del AP; y únicamente en el extremo oriental del SAR se registró el tipo de clima BS_0kw, que es más seco respecto al BS_1kw. Los climas dominantes tienen una temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, una temperatura media del mes más frío entre -3ºC y 18ºC, una temperatura media del mes más caliente, mayor a 18ºC; la temporada de lluvias durante el verano, con un cociente de precipitación/temperatura mayor de 22.9, y un porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.2% del total anual. La precipitación media anual en el SAR corresponde a 410.2 mm, con el periodo de lluvias que abarca los meses de verano (junio a septiembre), con una medida mensual promedio durante estos meses de 74 mm. La evaporación registra un nivel anual promedio de 1,805 mm, siendo los meses de marzo a junio donde se observa la mayor evaporación (>170 mm). Aunque la evaporación supera en promedio 6 veces a la precipitación, las intensidades estimadas para 24, 48 y 72 horas son mayores en la precipitación. Esto es consecuencia de los eventos de precipitación que no son constantes, como sí lo es el caso de la evaporación, pero cuando se presentan, lo hacen con mayor intensidad, de tipo torrencial. La velocidad promedio anual del viento registrada es de 8.57 km/h (2.38 m/s) con una dirección dominante hacia el oeste. El Atlas de Riesgos Naturales reporta un bajo a alto riesgo por sequía, donde al E del SAR se presenta un riesgo bajo, el cual se incrementa hacia el oeste a un riesgo alto. Estas características climáticas son relevantes en las condiciones medioambientales actuales en el SAR, AI y AP, sin embargo, tendrán tendencias de cambios a mediano y largo plazo de acuerdo con las proyecciones de Cambio Climático.

Las proyecciones de cambio climático a corto plazo (2021-2040) indican un porcentaje de cambio en la precipitación de +0.6% (RCP8.5), a mediano plazo (2041-2060) de -1.5% (RCP8.5) y a largo plazo (2081-2100) de -8.9% (RCP8.5). Las proyecciones de la precipitación en el escenario más favorable (RCP2.6) presentan solo una ligera variación de la precipitación en los diferentes periodos, mientras que en el escenario más pesimista (RCP8.5), de acuerdo con lo anterior, tiene un ligero incremento en el corto plazo, y una disminución gradual de la precipitación en el mediano y largo plazo hasta 8.9% por debajo con respecto al periodo reciente delimitado entre 1981-2010. Respecto a las proyecciones de la temperatura, en todos los escenarios de cambio climático se presenta un incremento gradual de la temperatura, de 1.1 a 1.5°C en el escenario más favorable (RCP 2.6), y de 1.2 a 5.1°C en el escenario pesimista (RCP8.5), (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/32_Ficha.pdf).

La mayor distribución de las topoformas en el SAR corresponde a la topoforma llamada la Bajada Típica, donde predominan altitudes entre 2,000 y 2,150 msnm, es decir una planicie con pendientes menores de 5%. En el AP se identificó una altitud hasta 2,250 msnm, aunque en promedio su pendiente es menor de 10%. En esta topoforma de la Bajada Típica se localizan cerros en el sureste del SAR que destacan sobre la planicie, con los cerros San Miguel (2,350 msnm), La Mesita (2,200 msnm), la mesa El Triste (2,220 msnm) y en noreste el cerro El Malpaís (2,200 msnm). El Atlas Nacional de Riesgos, en el Municipio de Villa González Ortega, solo reconoce como riesgo en el área cercana al Proyecto a pequeñas áreas con susceptibilidad alta por inestabilidad de laderas, aunque estas se encuentran en áreas fuera del Polígono Envolvente Ambiental (PEA), al este y sureste fuera del AP. Se muestran áreas con susceptibilidad alta de inestabilidad de laderas prácticamente inapreciables al noreste del AP, que corresponden a los sitios con mayor elevación topográfica cercanas al AP, pero fuera de este polígono y del PEA.

Versión Pública

Definitivamente esta topografía, junto con la composición del complejo material rocoso parental, el clima semiárido templado y el tipo de vegetación, han jugado su rol para definir los tipos y características del suelo dominante en el SAR y el AP. El suelo con mayor distribución en el SAR, en el AI y en el AP, corresponde al Luvisol, que se ocupa el 40% del SAR. En una franja de orientación NW-SE, al noreste del SAR se presenta Calcisol, también presente en el área de los lagos El Tule, El Sapo y El Salado al centro - oeste del SAR, así como en el AP, donde ocupa hasta el 56% de su superficie. En menor medida, se desarrollaron los tipos de suelo Durisol, Leptosol (dominante en elevaciones pequeñas y en sierras que delimitan al SAR), Cambisol, Kastanozems y Phaeozems. En el AP la profundidad efectiva del suelo es somero a medianamente profundo, variando de 10 a 60 cm.

En el SAR, AI y AP se encontraron suelos con una capa petrocálcica de caliche o tepetate blanco. Cuando esta capa de caliche se encuentra debajo del suelo, producen discontinuidades; impiden la infiltración del agua y favorecen el escurrimiento laminar, e incluso pueden favorecer la erosión del suelo. La degradación del suelo es moderada al oeste y ligera al este del SAR, acompañada con una pérdida de suelo por la acción del viento. Las principales causas de la degradación del suelo en el SAR, son las actividades agrícolas y pecuarias, así como la deforestación provocada por el cambio de uso de suelo con cobertura vegetal, provocada principalmente por las actividades agrícolas y pecuarias, mientras que en el AP no se reportó degradación intensa, excepto en las áreas con vegetación secundaria y de mayor actividad pecuaria histórica.

En el SAR se presenta de forma dominante un grado moderado de erosión, con pérdidas anuales que van de 10 a 50 toneladas por hectárea. Los suelos que se identificaron con mayor riesgo a la erosión son aquellos que presentan baja o nula cobertura vegetal y que son utilizados por las actividades agrícolas. En el área de influencia, el grado de erosión dominante es moderado, perteneciente a zonas con actividades agrícolas o siendo sitios con remoción de cobertura vegetal, sobre todo al oeste del AI. Solo se presentan áreas con erosión fuerte (50 a 200 ton/ha/año) en áreas al sur del AI. En cambio, en el AP predomina una baja erosión del suelo (< 10 ton/ha/año), lo cual está controlado por la dominancia de cobertura vegetal, que representa casi el 96.7% de la superficie del AP (**Figura VII.4**).

Con relación a la geoquímica de suelos en el SAR, AI y AP, se encontraron arsénico y la plata ligeramente enriquecidos en el suelo y en el material del lecho rocoso degradado, en suelo dentro del área destinada a la presa de jales. Se registraron concentraciones de arsénico hasta 34.7 mg/kg en suelo y hasta 240 mg/kg en lecho rocoso erosionado. Estos valores de enriquecimiento de metales en suelo, es común en áreas con mineralizaciones polimetálicas, lo cual es confirmado por resultados reportados por el Servicio Geológico Mexicano en sus cartas geoquímicas a escala 1:50,000 de Ojocaliente F13-B69 y Salinas Hidalgo F14-A61. De acuerdo con estas cartas, el contenido de arsénico en sedimentos activos de arroyo del AI varía de 6.01 a 207.77 mg/kg; al este del AI, entre las colonias Diez de Noviembre y San Antonio de las Huertas se presentan las mayores concentraciones con valores de 20.66 a 207.77 mg/kg As; mientras que, al oeste, cerca de El Tule, se presentan concentraciones de 6.15 a 14.24 mg/kg As. En el AP, las concentraciones encontradas en sedimentos activos varían entre 6.01 y 13.46 mg/kg As (**Figura VII.5**).

Versión Pública

Con el propósito de conocer la calidad química del suelo en el AI y AP, se hicieron análisis preliminares aprovechando las campañas de exploración minera del depósito polimetálico de San Nicolás. En el caso del vanadio, se reportaron muestras de suelo superficial con concentración total por arriba de su CR_T para suelo de uso humano y comercial (78 mg/kg), que se encuentran distribuidas en el AI, alrededor del AP; mientras que, en el caso del arsénico, valores por arriba de su CR_T para suelo de uso humano y comercial (22 mg/kg) se distribuyen hacia el sureste del AI, fuera del AP (**Figura VII.6**). Estos valores deberán confirmarse en un muestreo de línea base de suelo conforme a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y la NMX-AA-132-SCFI-2016, considerando que los sitios con mineralizaciones polimetálicas comúnmente presentan concentraciones naturales de elementos metálicos por arriba de las concentraciones normativas de referencia.

Casi la totalidad del SAR pertenece a la subcuenca hidrológica “P. San Pablo” que se ubica en la región hidrológica “El Salado”. La subcuenca presenta una forma irregular alargada en una dirección de Sureste-Noroeste. En la subcuenca existen varios arroyos principales a lo largo de la extensión de la subcuenca que reciben los caudales de varios afluentes locales formando microcuencas endorreicas sin conexiones hidráulicas entre los afluentes principales. Todos los escurrimientos recibidos en los arroyos fluyen hacia una zona topográficamente baja, donde se infiltran en la propia microcuenca en suelos permeables (cuenca arreica) o desembocan en lagos donde se evaporan o infiltran. Existen en la subcuenca una multitud de tanques, bordos, represos y lagos que reciben los escurrimientos locales cortando la trayectoria natural de los arroyos y evitando un desarrollo natural de los cauces. De esta manera, en el SAR se encuentran una serie de lagos, bordos de almacenamiento o represos que reciben los escurrimientos y los caudales de los arroyos

(intermitentes), que ocasionalmente almacenan agua durante la temporada de lluvias (lagos El Tule, El Sapo, El Salado, Las Adjuntas), que tienen poca profundidad, variables niveles de agua y en el periodo de sequía tienden a perder agua por evaporación, hasta quedar prácticamente secos, favoreciendo la formación de sales (**Figura VII.7**). Ninguno de los cauces o arroyos son perennes en el SAR, ni en el área de influencia y el área del Proyecto. Todos son intermitentes, con carga de agua superficial únicamente en temporada de lluvias, en eventos de precipitación extrema.

Los bordos y represos de capacidad reducida fueron construidos a base de tierras compactadas en los mismos cauces y puntos de acumulación de flujos que captan y almacenan agua por algunos días o semanas solo durante temporada de lluvias. En el SAR, existen más de 300 aprovechamientos, que corresponden a bordos, abrevaderos y represos construidos a base de suelo y arcillas para captar y almacenar agua superficial, que son destinados principalmente para uso de abrevadero (**Figura VII.7**). Estas condiciones continuarán prevaleciendo, sin embargo, cambiarán seguramente con las tendencias del cambio climático, como consecuencia de las proyecciones de disminución en la precipitación a mediano plazo (2041-2060) y largo plazo (2081-2100).

Versión Pública

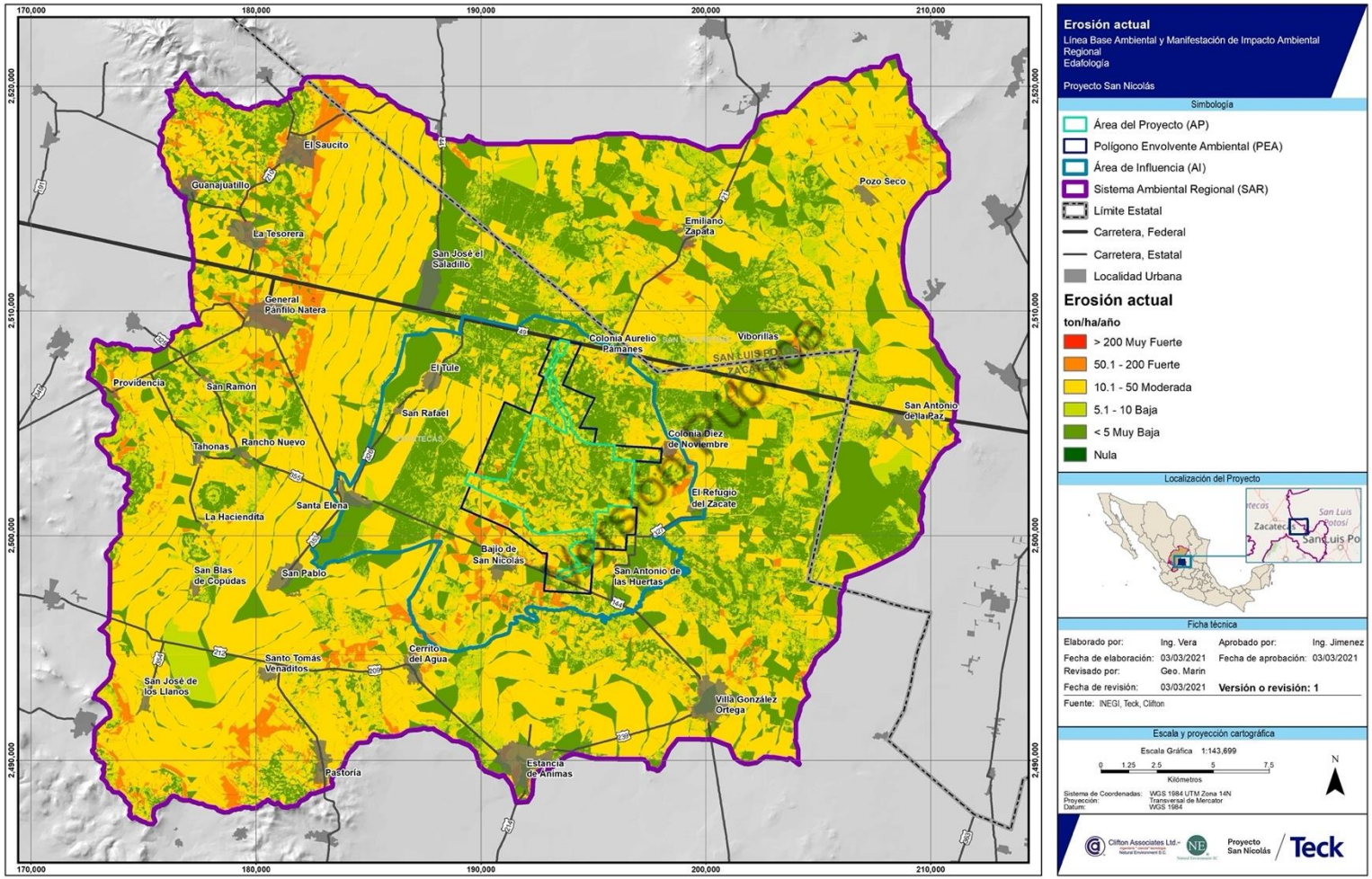


Figura VII.4 Riesgo actual a la erosión del suelo en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto (con cobertura vegetal).

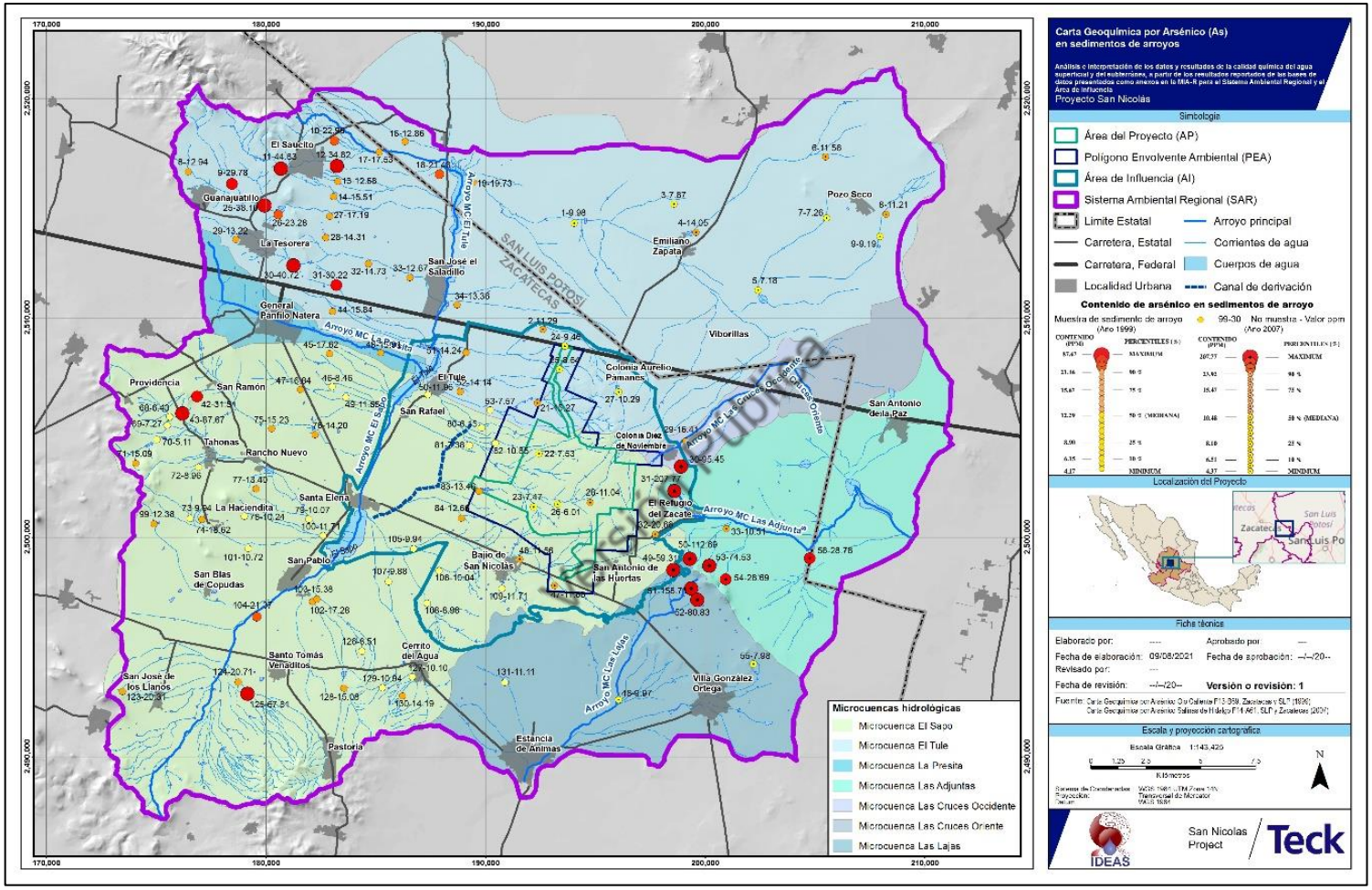


Figura VII.5 Carta geoquímica de arsénico en sedimentos activos de arroyo en el Sistema Ambiental Regional (Servicio Geológico Mexicano, 1999, 2007; modificado por IDEAS, 2021).

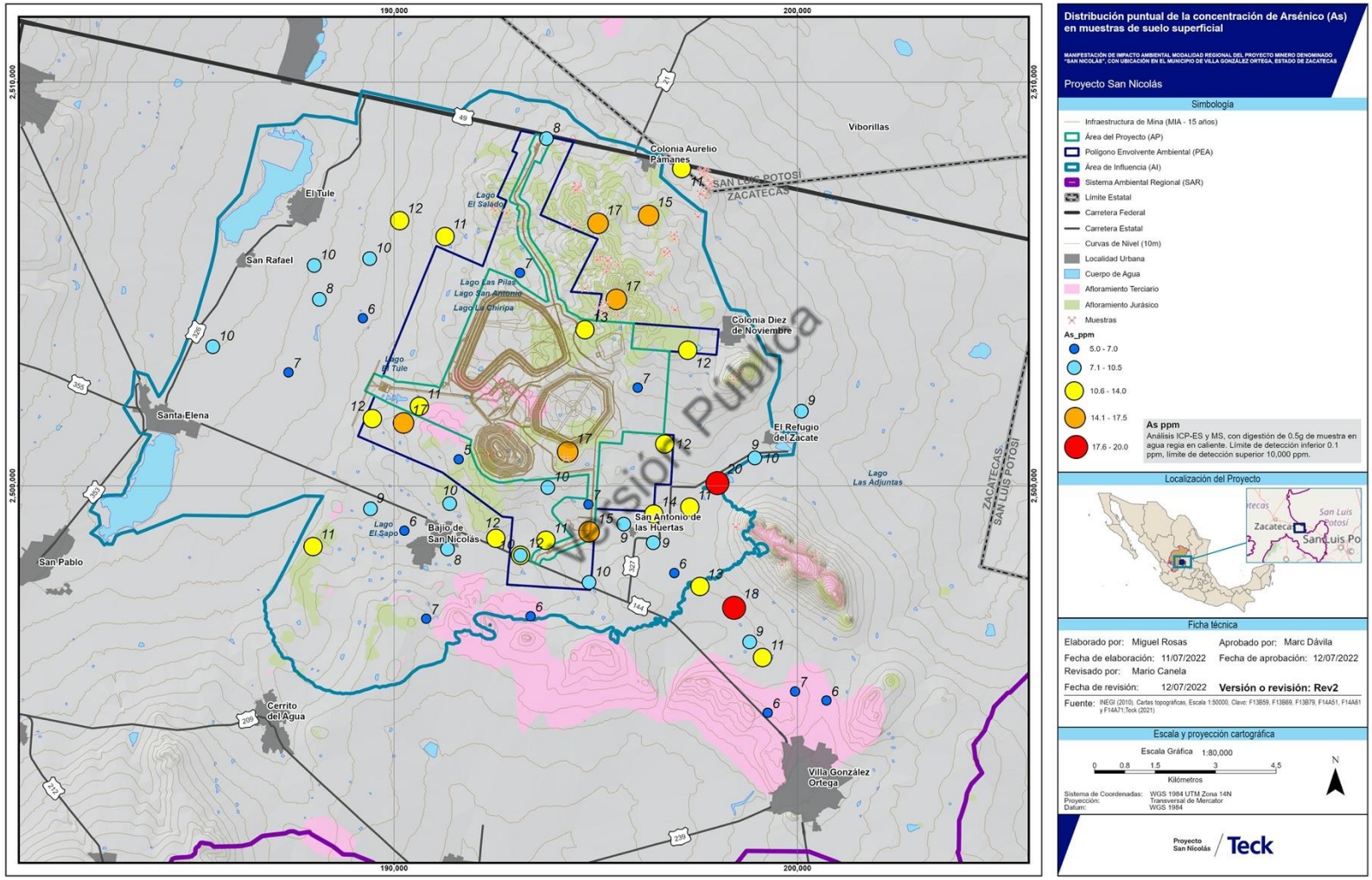


Figura VII.6 Distribución puntual de la concentración de arsénico (As) en muestras de suelo superficial en el Área del Proyecto.

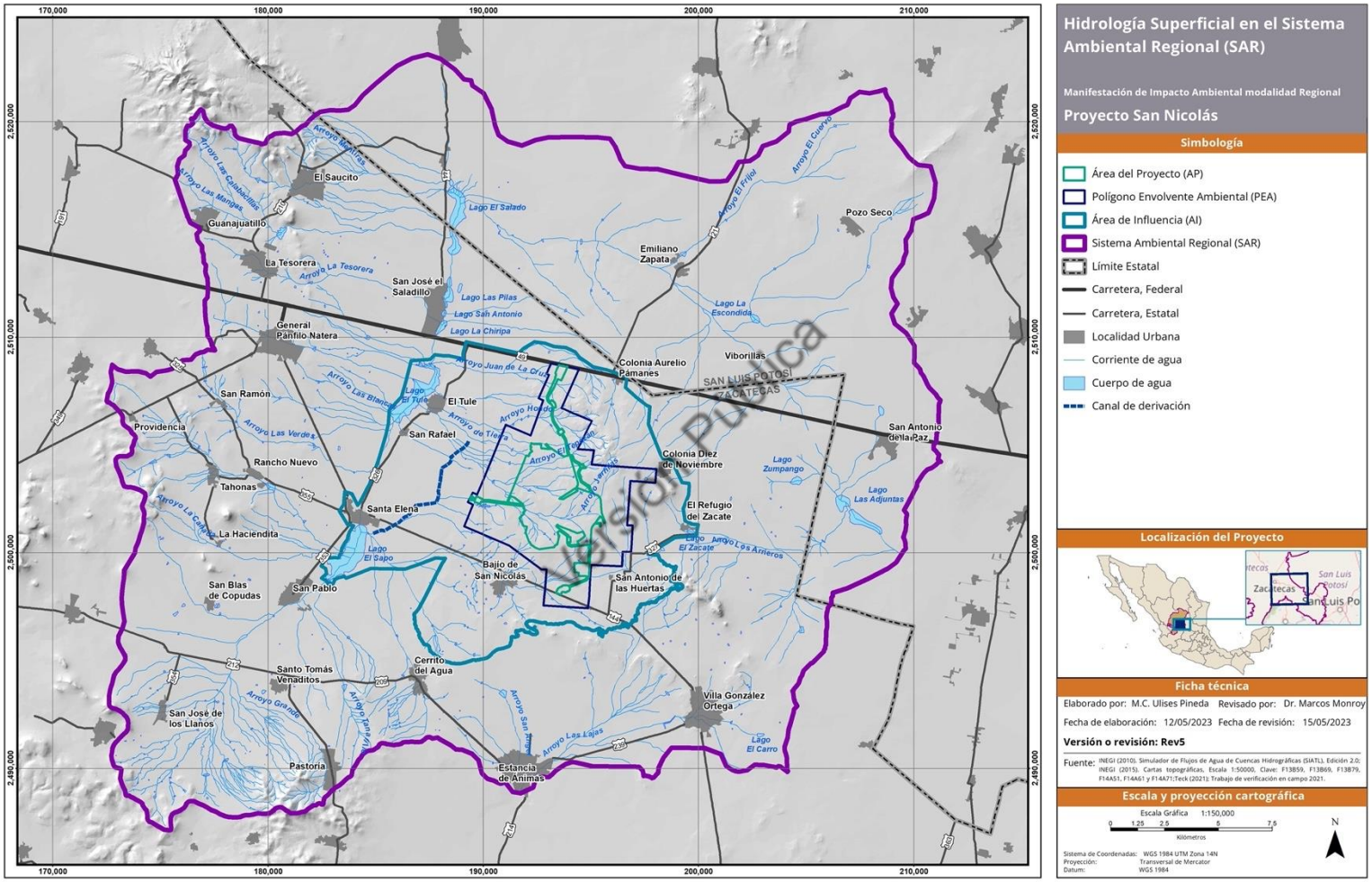


Figura VII.7 Distribución de los arroyos (intermitentes) y cuerpos de agua en el Sistema Ambiental Regional, Área de Influencia y Área del Proyecto.

Los estudios hidrológicos demostraron que la microcuenca hidrológica El Sapo, cuya cabecera está ocupada por el AP, tiene una precipitación media anual de 421.9 mm, un coeficiente de escurrimiento medio anual de 0.941 y un caudal promedio anual de 15.6 Mm^3; lo cual influye para que las profundidades de las inundaciones detectadas en la microcuenca se presentan con un valor no mayor de 1 m, en promedio de 0.4 m.

En el lago El Tule, aguas abajo del AP, se encuentra el nivel de agua por inundación a 0.72 m. Al terminar el evento pluvial y las aportaciones de agua a los arroyos, el agua empieza a desaparecer por infiltración o evaporación en los sedimentos de los arroyos o depresiones topográficas y las zonas máximas de inundación disminuyen. En el AP se mantienen las zonas de inundación y sus profundidades muy limitadas a menos de 10 cm, esto es porque en el AP se encuentra en una elevación del terreno donde apenas inician los escurrimientos con caudales todavía bajos, al estar en la cabecera de la microcuenca.

El análisis de calidad química del agua superficial, colectada principalmente en cuerpos de agua naturales y artificiales durante las temporadas de lluvias 2019 y 2020 en el SAR, demostró una distribución de las concentraciones más altas de metales como arsénico, zinc y cobre, respecto a sus valores de la media en línea base (**Cuadro VII.1**), que se encuentran en los lagos El Sapo y El Tule, y que son los cuerpos de agua receptores finales del agua superficial aguas abajo en las microcuencas que atraviesan el AP y AI, en particular la microcuenca El Sapo (**Figura VII.8**).

Versión Pública

Cuadro VII.1 Resultados del análisis de línea base de agua superficial en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto San Nicolás.

Elemento o Criterio	Unidad	Área de Influencia (AI)				Sistema Ambiental Regional (SAR)			
		N	MIN	MAX	MEDIA	N	MIN	MAX	MEDIA
Temporada de lluvias 2019									
Arsénico Total	mg/L	53	<0.005	0.719	0.023	57	<0.005	0.719	0.025
Zinc Total	mg/L	49	<0.005	1.243	0.108	53	<0.005	1.243	0.105
Cobre Total	mg/L	53	<0.005	0.405	0.028	57	<0.005	0.405	0.027
DBO	mg/L	31	<2	120.00	16.19	32	<2	120.00	17.18
Nitrógeno Total	mg/L	31	0.830	42.32	6.01	32	0.830	42.32	6.32
Fósforo Total	mg/L	31	0.106	13.44	1.20	32	0.106	13.44	1.23
SST	mg/L	35	<10	8400	481	36	<10	8400	485
Temporada de lluvias 2020									
Arsénico Total	mg/L	20	<0.005	0.319	0.021	22	<0.005	0.319	0.020
Zinc Total	mg/L	20	0.009	0.584	0.086	22	0.009	0.584	0.086
Cobre Total	mg/L	20	<0.005	0.179	0.024	22	<0.005	0.179	0.023
DBO	mg/L	10	<2	16.80	3.53	11	<2	16.80	3.30
Nitrógeno Total	mg/L	10	0.92	8.71	3.36	11	0.92	8.71	3.38
Fósforo Total	mg/L	10	0.11	6.88	1.16	11	0.11	6.88	1.12
SST	mg/L	10	25	9340	1025	11	25	9340	955

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno; SST = Sólidos Suspendidos Totales; N = Número de muestras analizadas; MIN = Valor mínimo reportado; MAX = Valor máximo reportado.

Estas concentraciones de metales en el agua superficial en los lagos El Sapo y El Tule podrían ser consecuencia de la movilidad de los metales en las zonas mineralizadas de la región (como los cuerpos mineralizados de San Nicolás y El Salvador), así como del arrastre de partículas suspendidas, como lo sugiere la distribución espacial de los SST (**Figura VII.8**) y del contenido de metales en sedimentos activos de arroyo reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (**Figura VII.5**).

Al noroeste del SAR, en la microcuenca La Presita, se encontraron también concentraciones en agua superficial de varios elementos analizados (p.e., arsénico) por arriba de su media, lo cual es atribuido a una zona mineralizada que se encuentra al norte de General Pánfilo Natera, según también se confirma por las concentraciones reportadas por el SGM en sedimentos activos de arroyo (**Figura VII.5**). Estas evidencias demuestran que las concentraciones de metales en agua superficial están en algunos cuerpos de agua por arriba de las concentraciones de línea base determinadas a partir del análisis de la calidad química del agua para el SAR y AI del Proyecto.

El SAR abarca casi en la totalidad el acuífero La Blanca que ocupa la parte occidental y centro del SAR. Al sur del acuífero La Blanca se localiza el acuífero Loreto, cuya parte septentrional se ubica en el SAR. El AI y el AP se encuentran solo en los acuíferos La Blanca y Loreto, aunque el acuífero La Blanca en mayor proporción. Ambos acuíferos (La Blanca y Loreto) son acuíferos no vulnerables, aunque presentan un déficit en la disponibilidad del volumen del agua subterránea. En la región existe un sistema acuífero estratificado compuesto por un acuífero superior, uno intermedio y otro profundo. El acuífero superior está constituido por sedimentos aluviales y fluviales, de granulometría variada (gravas, arenas y limos) con un espesor máximo del orden de 35 m, que presenta permeabilidad primaria. Como acuífero freático es de tipo “libre” o no confinado. Su recarga es típicamente local, procede de las temporadas de lluvias con infiltración directa al subsuelo, y alcanza el nivel freático o forma niveles colgados.

Versión Pública

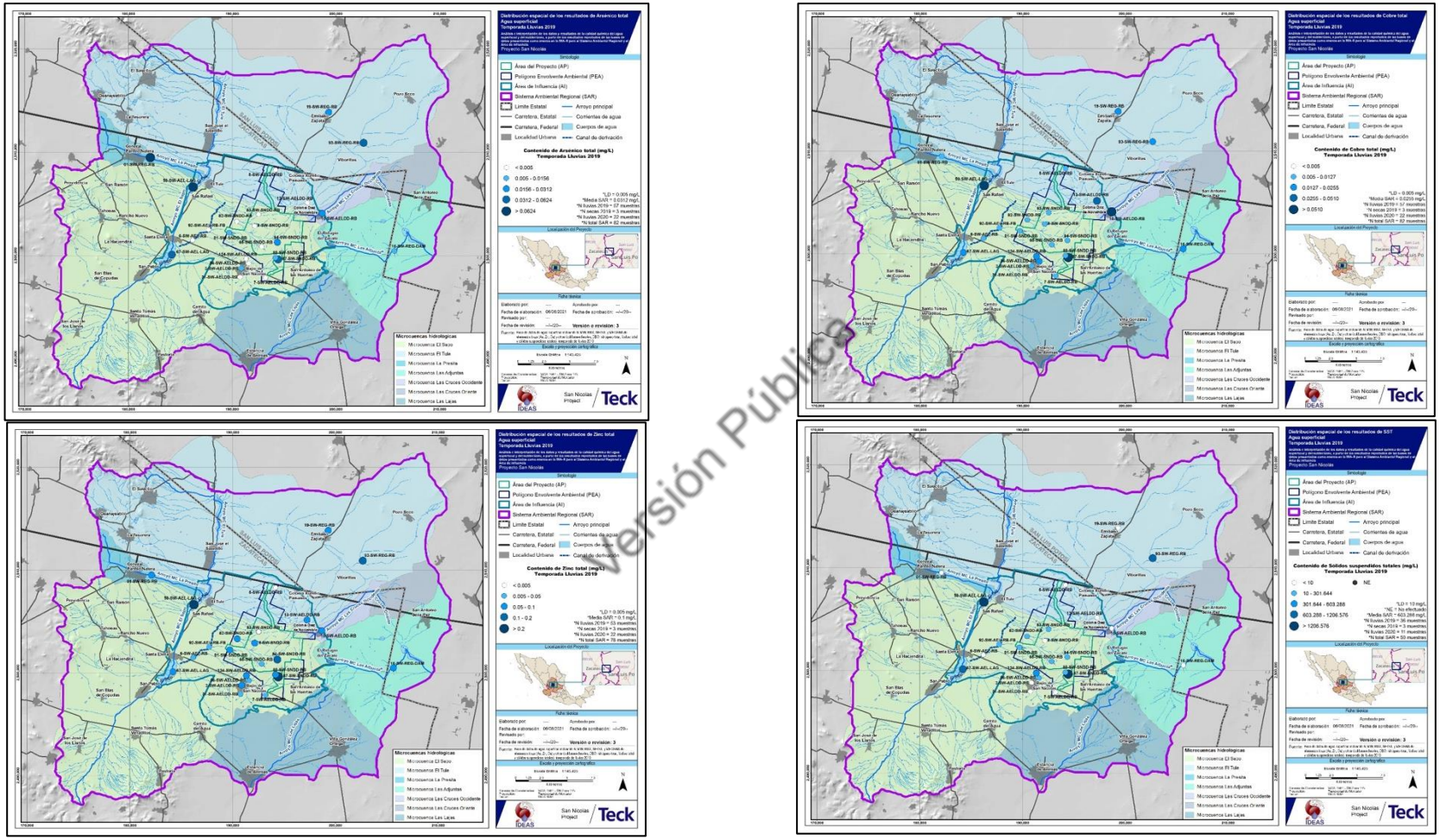


Figura VII.8 Distribución de la concentración de arsénico, cobre, zinc y sólidos suspendidos totales en agua superficial durante la temporada de lluvias 2019.

Esto hace que en el AP y en el AI, el nivel de agua se encuentre a una profundidad entre 10 y 30 m, aunque la profundidad del nivel estático reconocida por CONAGUA es mayor de 50m para ambos acuíferos (CONAGUA, 2018a[1]; CONAGUA, 2018b[2]; CONAGUA, 2020a[1]; CONAGUA, 2020b[2]).

La distribución de la profundidad del nivel estático no presenta un comportamiento particular, sin embargo, la presencia de aprovechamientos con niveles menores a los 10 m genera una isolínea cuyo trazo pasa cerca del contorno del AP. Las profundidades entre los 10 y 50 m se ubican principalmente en los límites y cercanías de los lagos El Sapo y El Tule. Se detectaron 3 conos de abatimiento, dos al sureste del AI con profundidades de 80 m y 150 m, y uno en el norte dentro del AI con una profundidad de 80 m. Estos conos son consecuencia de la extracción intensiva en los pozos de uso agrícola y por la cercanía de los pozos que se interfieren y potencian el abatimiento.

En el SAR existen 598 aprovechamientos de agua subterránea de acuerdo al Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de CONAGUA (2023), que representan un volumen anual de descarga de 37,144,999 m^3, de los cuales 367 aprovechamientos para uso agrícola o pecuario representan el 92% de la descarga anual, y menos del 8% de la descarga es utilizada para uso doméstico o público urbano. En el AI, el porcentaje del volumen de descarga de los aprovechamientos destinados al uso agrícola o pecuario se incrementa al 96%, con una descarga anual total de 3,407,960 m^3 en el AI. Es por ello que la distribución espacial de los aprovechamientos de agua subterránea en el SAR y AI registrados en el REPDA, se concentra en las áreas con uso de suelo preferentemente agrícola, al oeste y al sureste del SAR y del AI **(Figura VII.9**).

Versión Pública

La alta vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico como consecuencia al cambio climático es importante en el SAR puesto que el uso de suelo dedicado a la actividad agrícola de temporal ocupa hasta el 43.7% de la superficie del SAR, mientras que en el AP apenas ocupa el 0.2% de su superficie. La disminución de la precipitación en el mediano y largo plazo hasta casi 9% en el escenario más pesimista, podría tener un fuerte impacto desfavorable en la producción agrícola de temporal, lo que podría favorecer el incremento de consumo y aprovechamiento del agua subterránea para pasar de agricultura de temporal hacia agricultura de riego, con el consecuente incremento en los conos de abatimiento del agua subterránea.

El limitado acceso al agua para usos domésticos se manifiesta por la existencia extensiva de aprovechamientos de agua somera en la zona, llamados localmente norias, en sitios específicos en donde las características hidrogeológicas lo permiten. La mayoría de la población rural consume agua cruda de estas norias, y en el mejor de los casos, consume agua potabilizada procedente de unos cuantos pozos municipales, cuya operación es limitada por falta de infraestructura de distribución y constantes problemas de mantenimiento, que limitan el acceso público al agua subterránea, de ahí que predomine el uso de las norias en la región.

---

[1] Comisión Nacional del Agua, 2018a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Blanca (3228), Estado de Zacatecas. Diario Oficial de la Federación. México.

[2] Comisión Nacional del Agua, 2018b. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Loreto (3229), Estado de Zacatecas. Diario Oficial de la Federación. México.

El uso de norias domésticas para acceso a agua de consumo humano es común, con los problemas de salud que esto implica y que es corroborado por la información pública disponible que indica la prevalencia de padecimientos gastrointestinales en algunas poblaciones del AI del Proyecto.

Pero no solo padecimientos gastrointestinales en la población pueden ser consecuencia de la calidad del agua subterránea en el SAR y AI del Proyecto. El análisis de línea base de la calidad del agua subterránea llevada a cabo durante las temporadas de secas y de lluvias de 2019 y de lluvias de 2020, demostró que existen concentraciones de línea base por arriba de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, particularmente de arsénico, flúor, aluminio, hierro y coliforme fecales, tanto en el SAR como en el AI del Proyecto (**Cuadro VII.2**). Cabe destacar que los niveles de aluminio y hierro disminuyeron en la temporada de secas respecto a las dos temporadas de lluvias, lo cual deberá ser confirmado.

Destaca la distribución espacial de la concentración en línea base de estos elementos, que se concentra en valores arriba de los límites permisibles, sobre todo al sur del AI, como es el caso del arsénico y del flúor (**Figura VII.10**), concentraciones distribuidas en ambos acuíferos (La Blanca y Loreto), cuya diferenciación es puramente administrativa, por lo que debe existir una distribución de la anomalía geoquímica en la concentración que obedece seguramente a factores naturales, como puede ser la presencia de las mineralizaciones polimetálicas de San Nicolás y El Salvador, y el enriquecimiento del flúor bajo condiciones hidrotermales, características ambos del agua subterránea en acuíferos granulares del centro de México (Soto et, 2004; Ortega-Guerrero, 2009; Aguilar-Ortega, 2018).

Versión Pública

Si bien en el SAR se distribuyen once tipos de vegetación que ocupan el 43.8% de su superficie (matorral desértico micrófilo, vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, bosque de mezquite, mezquite xerófilo, pastizal natural, vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural, vegetación halófila y pastizal halófilo), solo tres de estos tipos se distribuyen en el AP (Matorral Crasicaule, Vegetación secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo y Matorral Desértico Micrófilo), donde representan el 96.7% del AP, aunque tan solo representan el 3.1% de la superficie con cobertura vegetal del SAR (**Figura VII.1** y **Figura VII.2**).

De manera general, la vegetación primaria en el SAR, dominada por el matorral desértico micrófilo, que representa el 34.5% de la superficie en el SAR, mantiene un buen estado de conservación, presentando una composición variada por especies nativas, alto porcentaje de cobertura y diversidad de especies. Su distribución mayor es la parte central del SAR, donde precisamente se encuentra el AP, de ahí que represente esta cobertura vegetal la mayoría de la superficie del AP (90.9% que representa la vegetación primaria de matorral crasicaule y matorral desértico micrófilo).

La conservación de esta cobertura preferentemente forestal en el centro del SAR debe estar asociada al relieve del terreno, ya que estas áreas representan las áreas con mayores pendientes en las partes altas de las microcuencas, en particular de las microcuencas El Sapo, El Tule, Las Lajas y Las Adjuntas; mientras que las áreas sin cobertura vegetal preferente y con actual uso de suelo agrícola, se han desarrollado en las partes bajas de estas microcuencas, donde la pendiente es

relativamente plana. Justamente las áreas de menor pendiente, en la parte baja de las microcuencas hidrológicas, han favorecido el desarrollo de la actividad agrícola de temporal, que representa el 43.7% de la superficie en el SAR.

Debido a esta característica en el relieve del terreno, que conserva aún cobertura vegetal en el SAR y en el AP, sería menos probable el crecimiento de las áreas agrícolas en el núcleo forestal del SAR, seguramente con una tendencia de crecimiento en las áreas planas que permanecen al poniente y al sureste del SAR, que favorece la agricultura de temporal. Esta tendencia podría motivar la conservación de hábitats con cobertura vegetal para la fauna silvestre; sin embargo, las áreas con cobertura vegetal podrían ser propensas para el restablecimiento de la actividad pecuaria, con la consecuente degradación de la cobertura vegetal actual y del suelo. El cambio de uso de suelo en terrenos forestales para favorecer el incremento de las actividades agrícolas y pecuarias sería el principal motor para incrementar la producción económica ante la falta de alguna otra actividad económica en la región.

Versión Pública

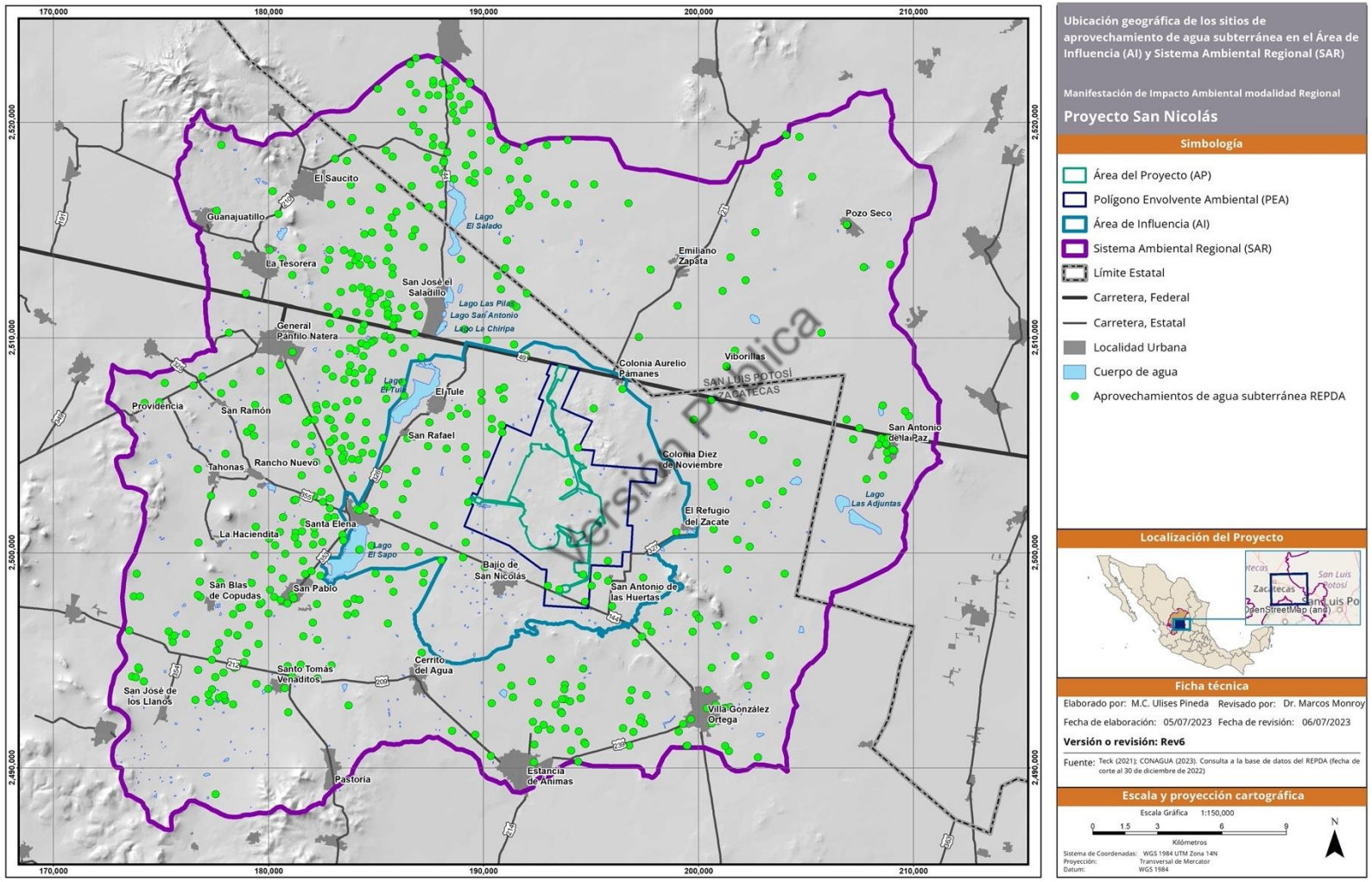


Figura VII.9 Ubicación de los aprovechamientos registrados en el REPDA en junio 2023.

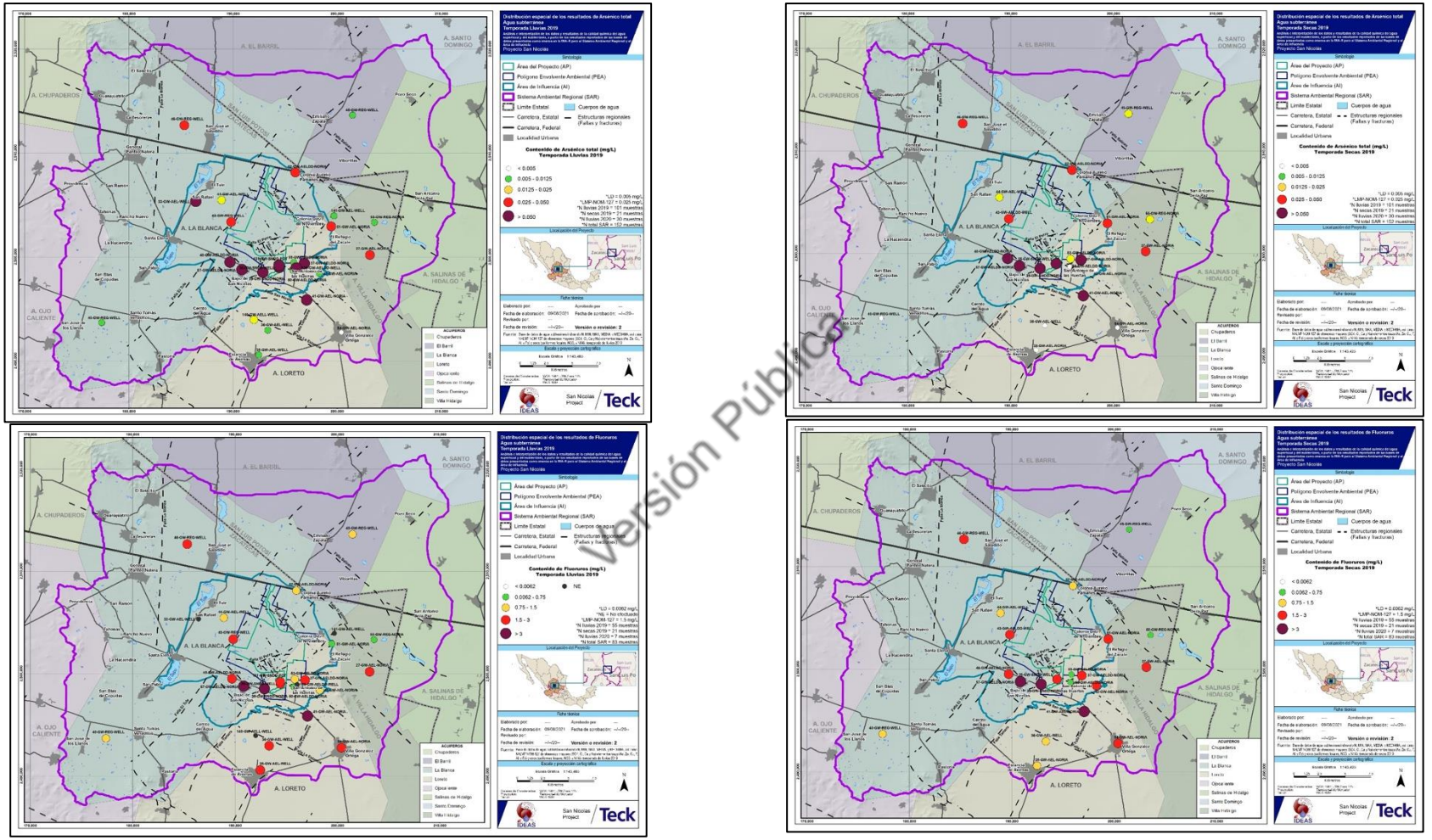


Figura VII.10 Distribución de la concentración en agua subterránea del Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto para arsénico y flúor en las temporadas de lluvias y secas del año 2019.

Cuadro VII.2 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)			Sistema Ambiental Regional (SAR)		
			MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
Temporada de Lluvias 2019								
SO_{4T}	mg/L	400	8.1	176.2	76.9	8.1	502.5	83.9
Cl_T	mg/L	250	<9	151.9	40.8	<9	151.9	39.2
Ca_T	mg/L	N/A	12.4	143.7	38.2	12.4	143.7	39.7
Na_T	mg/L	200	1.7	282.8	97.2	1.7	282.8	87.1
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2045	0.0751	<0.005	0.2045	0.059
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.139	0.008	<0.005	0.139	0.006
Zn_T	mg/L	5	<0.005	0.953	0.053	<0.005	0.953	0.043
F^-	mg/L	1.5	<0.0062	5.576	1.989	<0.0062	5.576	1.97
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	54.03	2.546	<0.05	54.03	1.837
Fe_T	mg/L	0.3	0.003	26.92	1.538	0.003	26.92	1.185
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>24,000	1,494	ND	>24,000	1,116
Nitratos	mg/L	10	0.064	35.961	6.026	0.064	35.961	6.238
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	<0.0029	2.93	0.398	<0.0029	6.409	0.566
Temporada de Secas 2019								
SO_{4T}	mg/L	400	<0.44	208.7	74.9	<0.44	208.7	74.7
Cl_T	mg/L	250	<9	83.1	36.1	<9	101.7	33.3
Ca_T	mg/L	N/A	22.4	117.5	49.4	22.4	181.5	61.9
Na_T	mg/L	200	4.2	318.5	119.5	4.2	318.5	103.8
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2	0.065	<0.005	0.2	0.047
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.003	0.002	<0.005	0.003	0.002
Zn_T	mg/L	5	<0.005	0.183	0.032	<0.005	0.183	0.025
F^-	mg/L	1.5	0.182	5.055	1.887	0.182	5.055	1.791
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	0.27	0.094	<0.05	0.27	0.073
Fe_T	mg/L	0.3	0.005	0.206	0.087	0	0.206	0.069
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>24,000	2,527	ND	>24,000	1,707
Nitratos	mg/L	10	0.074	30.672	5.481	0.074	33.485	6.087
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.5	0.056	2.799	0.373	0.05	2.799	0.335

Versión Pública

Cuadro VII.2 Resultados del análisis de línea base de agua subterránea en el Sistema Ambiental Regional y Área de Influencia del Proyecto San Nicolás.

Elemento	Unidad	LP NOM	Área de Influencia (AI)			Sistema Ambiental Regional (SAR)		
			MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA
Temporada de Lluvias 2020								
SO_{4T}	mg/L	400	105.6	430.4	206.8	49.2	430.4	162.5
Cl_T	mg/L	250	20.2	279.6	94	15.9	279.6	72.2
Ca_T	mg/L	N/A	22	135.2	45.3	22	135.2	44.4
Na_T	mg/L	200	11.9	6059.6	478	11.9	6059.6	402.1
As_T	mg/L	0.025	<0.005	0.2073	0.0789	<0.005	0.2073	0.0753
Cu_T	mg/L	2	<0.005	0.126	0.01	<0.005	0.126	0.01
Zn_T	mg/L	5	<0.005	0.259	0.056	<0.005	0.259	0.049
F^-	mg/L	1.5	0.759	4.842	2.102	0.759	4.842	2.085
Al_T	mg/L	0.2	<0.05	6.315	0.768	<0.05	6.315	0.632
Fe_T	mg/L	0.3	<0.05	3.311	0.658	<0.05	3.311	0.56
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND o ausente	ND	>8	4	ND	>8	3
Nitratos	mg/L	10	0.067	8.549	3.426	0.067	8.549	3.268
N amoniacal	mg/L	0.5	0.029	0.564	0.168	0.029	0.564	0.144

SO_{4T} = sulfato total; Cl_T = cloruro total; Ca_T = calcio total; Na_T = sodio total; As_T = arsénico total; Cu_T = cobre total; Zn_T = zinc total; F^- = fluoruros; Al_T = aluminio total; Fe_T = hierro total; N = nitrógeno; NMP = número más probable; ND = no detectado; N/A = no aplica; LP NOM = límite permisible de la NOM-127-SSA1-2021; MIN = Valor mínimo reportado; MAX = Valor máximo reportado.

Versión Pública

Con ello, se incrementarían los impactos asociados a esta actividad, tal como la disminución de la cobertura vegetal, la alteración y disminución de hábitats para fauna silvestre, el favorecimiento de la degradación y erosión del suelo, el incremento del escurrimiento sobre la infiltración del agua pluvial; y la modificación de la carga de agua superficial, al establecer bordos artificiales y desvío de las corrientes de agua superficial para favorecer la actividad económica. Adicionalmente, se incrementaría y favorecería la fragmentación de las áreas con cobertura vegetal y de los hábitats para la fauna silvestre.

El prevalecimiento de las actividades agrícolas, ante la falta de otra actividad económica incrementaría el aprovechamiento del agua subterránea a través de la operación de pozos de extracción, lo que no solo aumentará el volumen extraído, sino también favorecerá el incremento del abatimiento del nivel estático en las zonas ya identificadas de abatimiento en los acuíferos La Blanca y Loreto, al oeste, noroeste y sureste del SAR.

A pesar de que el uso de suelo en el SAR se distribuye en un 51.4% como de uso agrícola (de temporal y de riego) y que el aprovechamiento y descarga del agua superficial y subterránea está destinado al uso agrícola y pecuario, la población económicamente activa que se ocupa de actividades relacionadas con el campo representa apenas entre el 20 a 40%, sea como agricultor o jornalero. Para los trabajadores del campo, el promedio de ingresos mensuales oscila entre $2,400 y $4,700 por persona ocupada, siendo Bajío de San Nicolás la localidad con mayor ingreso mensual para los trabajadores del campo, con un promedio de $4,690/mes. La economía local y regional

basada en las actividades agrícolas y pecuarias, no incrementará el beneficio económico de las comunidades, ni hará que reciban un servicio de salud garantizado a partir de una fuente de empleo diferente a las actividades agrícolas. Esto podría incrementar los niveles de inseguridad en la región o, bien, los niveles de migración de población económicamente activa hacia regiones que les ofrezcan mejores condiciones laborales o una mayor remuneración económica. De hecho, los niveles de inseguridad se han incrementado en el Estado de Zacatecas, así como en la región, lo que podría verse incrementado ante la falta de una actividad económica que incremente los niveles de percepción y de seguridad social de la población.

La salud de las comunidades, particularmente la población infantil, podrá verse deteriorada por el uso y consumo del agua subterránea, particularmente en las comunidades al sur del AI y del SAR, debido al incremento de los niveles particularmente de arsénico y flúor, aunque también los niveles altos de coliformes fecales pueden ser una de las causas asociadas al incremento reportado de las enfermedades gastrointestinales. La falta de estudios que identifiquen pozos y norias de uso y consumo humano con concentraciones de los contaminantes por arriba de los límites permisibles, no podrá evitar su uso y con ello la posibilidad de la persistencia de la exposición de la población infantil a los contaminantes.

En el escenario sin Proyecto, podrían verse incrementados los impactos actuales identificados y citados en el SAR, principalmente asociados a la eliminación de coberturas vegetales por el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, y cuyo incremento dependerá de la suma de áreas con cambio de uso de suelo en terrenos forestales para incrementar las áreas agrícolas ante la falta de otra actividad económica en la región.

Versión Pública

Con relación a los escenarios de cambio climático en la región, en sus tres escenarios: cercano (2015-2039), intermedio (2045-2069) y lejano (2075-2099), para el Estado de Zacatecas y el SAR, se reconocen variaciones importantes en los parámetros climatológicos, en particular en la temperatura promedio anual y la precipitación media anual para el largo plazo.

De acuerdo con la ficha climática para el Estado de Zacatecas publicada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, las proyecciones de la temperatura muestran en todos los escenarios de cambio climático un incremento gradual de la temperatura de 1.1 a 1.5°C en el escenario más favorable (SSP1 RCP 2.6), y de 1.2 a 5.1°C en el escenario más pesimista (SSP5 RCP8.5), (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/32_Ficha.pdf).

Las proyecciones de la precipitación muestran en el escenario más favorable (SSP1 RCP2.6) una ligera variación de la precipitación en los diferentes periodos, mientras que en el escenario más pesimista (SSP5 RCP8.5) tiene un ligero incremento en el corto plazo, y una disminución gradual de la precipitación en el mediano y largo plazo hasta llegar a 8.9% por debajo con respecto a 1981-2010. En la región donde se ubica el Proyecto, se estima una variación a largo plazo (2081- 2100) de la precipitación del orden de -8%, mientras que a corto plazo (2021-2040), no tendría variación (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/Proyecciones/img/32_Ficha.pdf). Sin embargo, cabe señalar que el Municipio de Villa González Ortega presenta una alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante las inundaciones, así como una alta vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico, particularmente a largo plazo.

Como se aprecia en la **Figura VII.11** a la **Figura VII.17**, entre el escenario cercano (2015-2039) y el escenario lejano (2075-2099), en aproximadamente 60 años de diferencia, se observa un incremento significativo en la temperatura promedio anual del orden de 2 a 3 grados centígrados, si no disminuyen los escenarios pronosticados actuales de cambio climático. A este incremento en la temperatura promedio anual, se asocia una disminución significativa en la precipitación, ya que del escenario de porcentaje de cambio 12% a 20% en el escenario más cercano, este se incrementa a 100% en el porcentaje de cambio para el escenario lejano.

Es decir, se prevén escenarios que incrementarían la sequía en la región, uno de los riesgos también previstos en el Atlas Nacional de Riesgos para el Municipio de Villa González Ortega (https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global). A pesar de que se prevé un escenario de cambio tendiente al incremento de la sequía, que se relaciona con una máxima vulnerabilidad de la producción forrajera al estrés hídrico, también se prevé el incremento en la tendencia de la máxima vulnerabilidad a las inundaciones provocadas por eventos de lluvias extremas y con una mínima capacidad adaptativa ante estas situaciones de cambio climático, de acuerdo con los modelos previstos por la SEMARNAT y el INECC (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/index.html#zoom=10&lat=22.5439&lon=-101.9441&layers=1).

Versión Pública

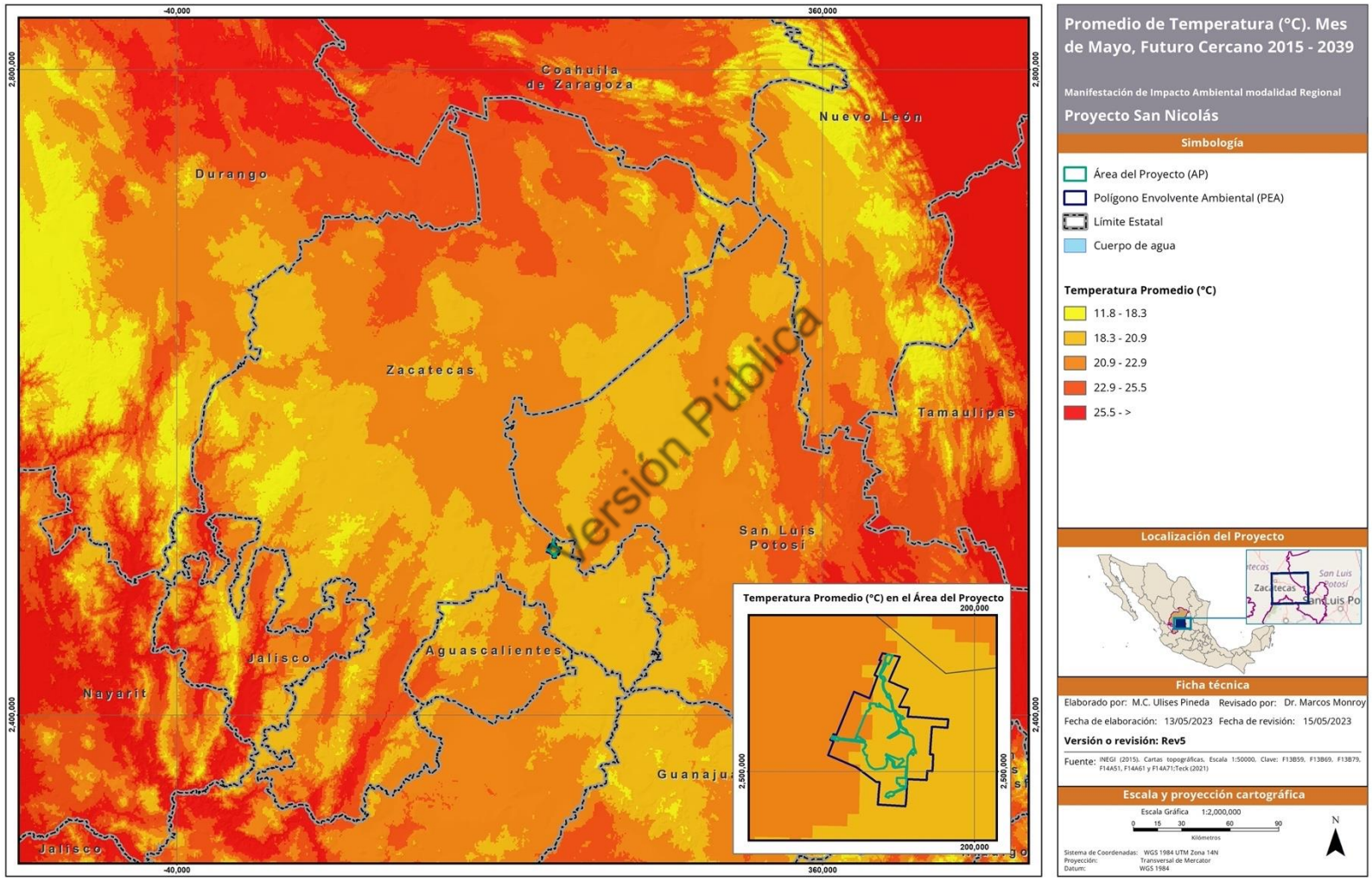


Figura VII.11 Temperatura promedio para el Estado de Zacatecas en un escenario de cambio climático para el futuro cercano.

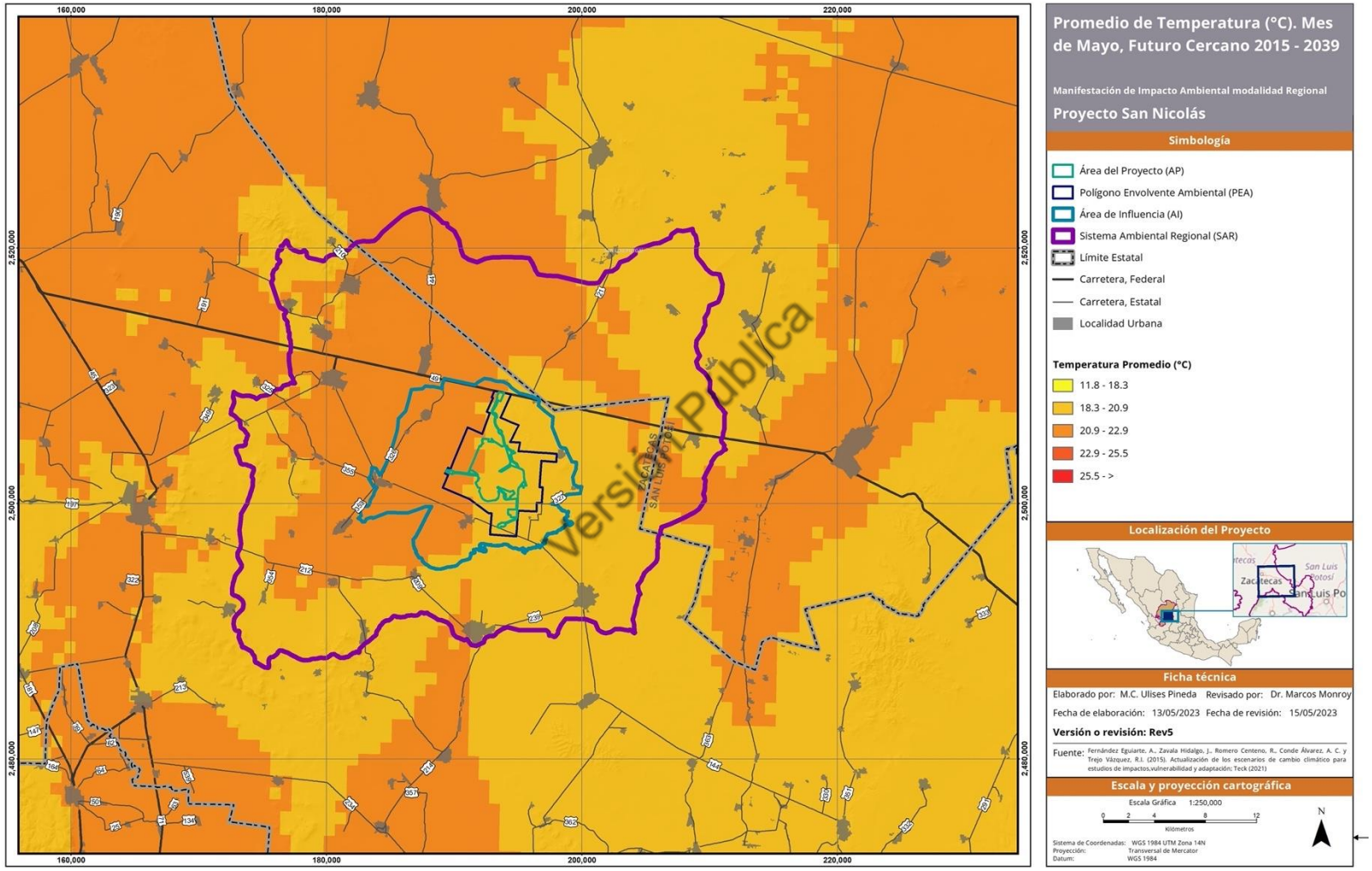


Figura VII.12 Temperatura promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro cercano.

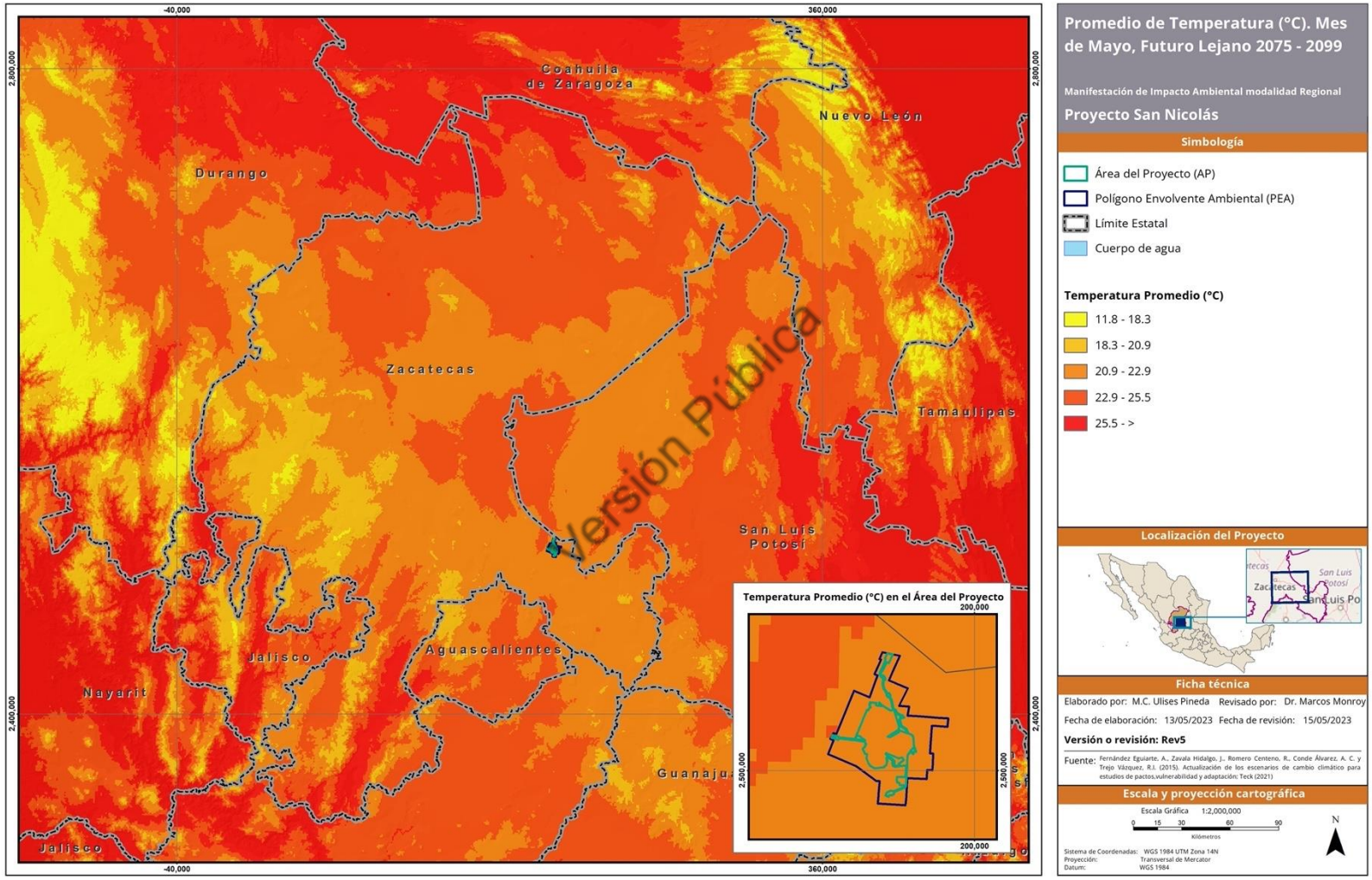


Figura VII.13 Temperatura promedio para el Estado de Zacatecas en un escenario de cambio climático para el futuro lejano.

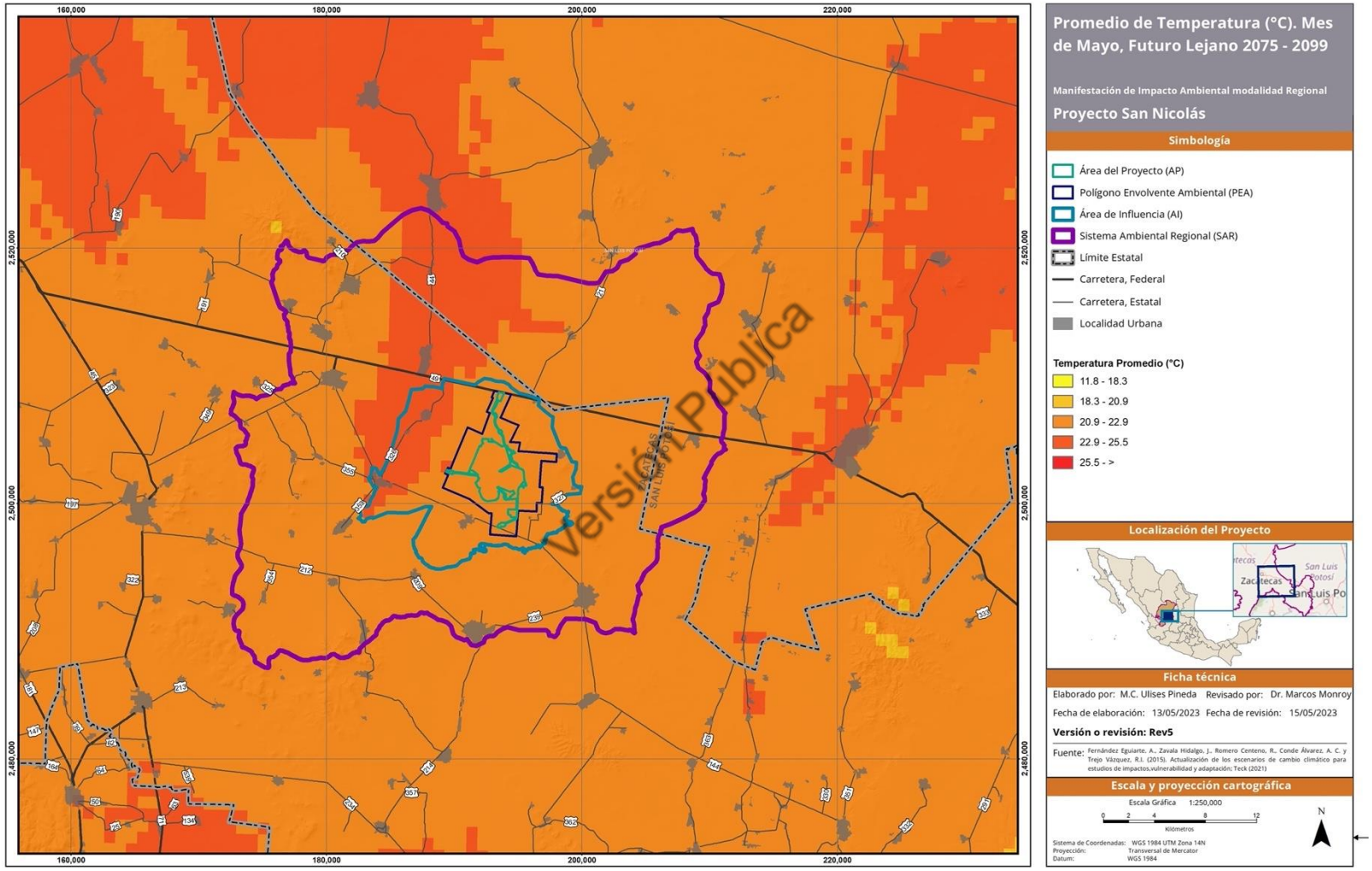


Figura VII.14 Temperatura promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro lejano.

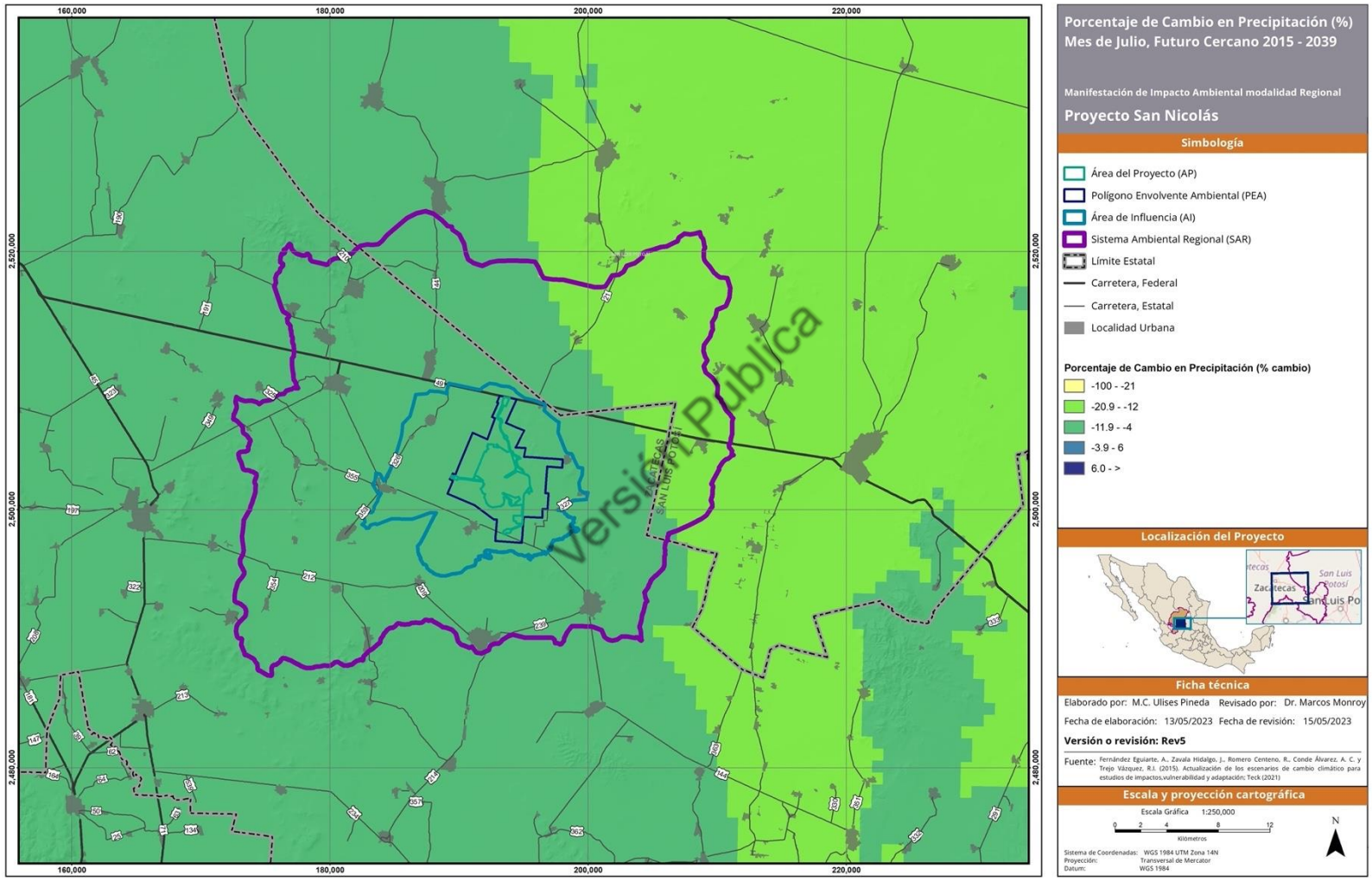


Figura VII.15 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro cercano.

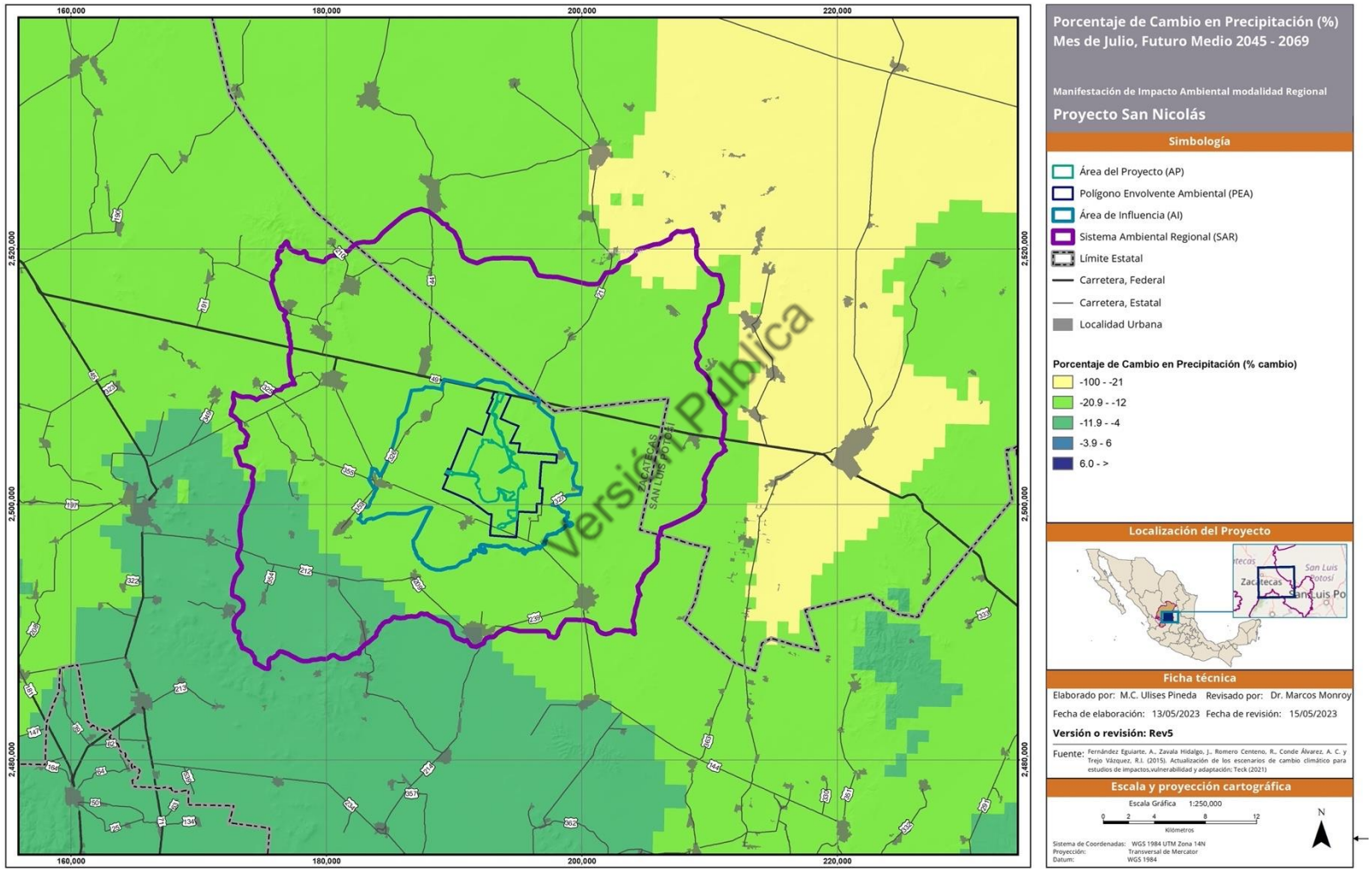


Figura VII.16 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro medio.

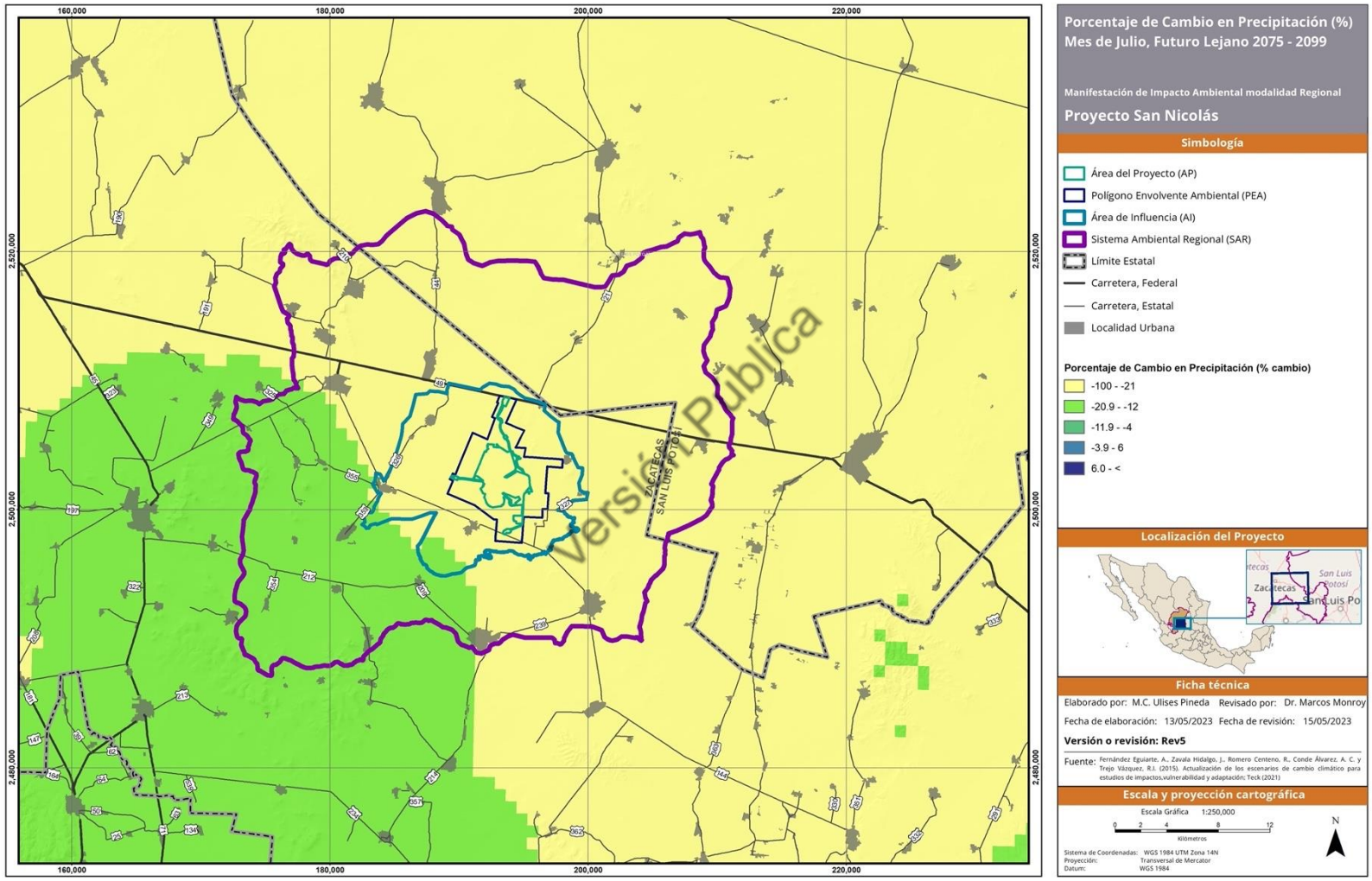


Figura VII.17 Precipitación promedio para el Área del Proyecto en un escenario de cambio climático para el futuro lejano.

VII.2. Descripción y análisis del escenario con Proyecto

Enseguida se describe el escenario con Proyecto sin la aplicación de las medidas de prevención y de mitigación propuestas en el Capítulo VI de esta MIA-R. Con el desarrollo del Proyecto, se modificarán las características geomorfológicas del AP, creando una depresión y dos elevaciones que alterarán la configuración topográfica del AP, en relieve y pendiente, respecto al entorno natural de las topoformas, permaneciendo estas alteraciones en el relieve de manera permanente (**Figura VII.18**).

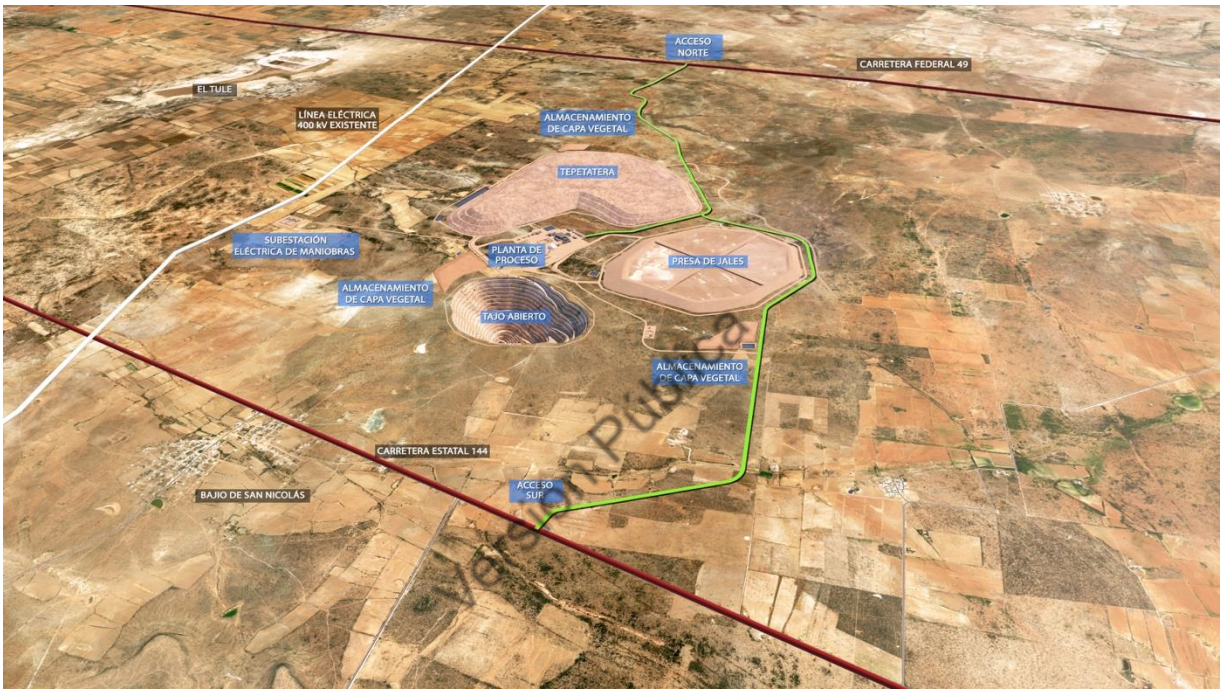


Figura VII.18 Panorámica reconstruida del arreglo general de obras en el Área del Proyecto, donde se aprecian la depresión y las elevaciones como producto del desarrollo del Proyecto.

La depresión topográfica que será generada por el Proyecto corresponde al tajo, que al final de su vida útil, constituirá un sumidero de escurrimientos superficiales y de flujos subterráneos con una superficie aproximada de 128 ha y una profundidad de 550 m. Al no establecer medidas de mitigación para asegurar la estabilidad de sus taludes (lo cual es asegurado a través del diseño de las dimensiones de los bancos en el tajo), podrían provocarse derrumbes de material rocoso en el interior del tajo, representando además un riesgo para la seguridad para habitantes de las comunidades cercanas si no se prevén medidas de inhabilitación de accesos al tajo con el cierre de la unidad minera. Al cierre de la operación minera, con el llenado paulatino del tajo por el agua subterránea a través de flujos naturales, si no se establecen medidas de control, se favorecerá una pérdida importante de agua del tajo (convertido en un reservorio) por evaporación, que podrá ir aumentando a medida que la temperatura ambiente general en la región se incremente, sobre todo en el escenario a largo plazo de la proyección del cambio climático.

Mientras se desarrolla la depresión del tajo con la explotación minera, se construirán paulatinamente las dos mayores elevaciones en el AP: la presa de jales y la tepetatera (**Figura VII.18**). La configuración final de la presa de jales tendrá una forma de poliedro octagonal que ocupará una superficie de 250.43 ha, con una altura máxima de 70 m, a partir de la cual se desplantará una cortina de enrocamiento con un talud externo de diseño de 2.5H/1V. En cambio, la tepetatera, donde se depositarán aproximadamente 360 millones de metros cúbicos de roca estéril procedente del tajo, ocupará una superficie de 425.06 ha y una altura máxima de 120 m en su desarrollo más elevado, con una inclinación promedio del talud externo de 26°. La no aplicación de medidas para asegurar y monitorear la estabilidad de los taludes de ambos depósitos de residuos mineros, aun cuando por diseño se encuentre bajo condiciones seguras, podría puntualmente provocar áreas inseguras en los taludes, particularmente si no se controla el contenido y el nivel de agua en los depósitos. Esto provocaría el impacto en suelo en áreas aledañas a los cuerpos de los residuos mineros, con posible incremento en la concentración de metales en suelo.

La presencia de estas elevaciones, junto con el efecto del retiro de la cubierta vegetal para la construcción de las obras e instalaciones del Proyecto, serán los principales factores de impacto en la calidad visual. Si bien durante el desarrollo del Proyecto, la calidad visual no se verá alterada respecto al estado actual, por la ubicación y distancia de las comunidades y de sus áreas de desplazamiento, sí podría ser un factor importante de deterioro de la calidad visual al cierre del Proyecto. De no aplicarse el plan de cierre, que incluya el retiro de instalaciones, la limpieza del sitio, la restauración del suelo y la revegetación de áreas restauradas, y al no limitar el acceso a las instalaciones al cierre, se tendrá una calidad visual deteriorada en el AP, dominada por el monocromismo del suelo degradado.

Versión Pública

Durante el desarrollo del Proyecto, se incrementarán los niveles de ruido ambiental particularmente en las etapas de preparación del sitio, de construcción y de operación, provocado por el empleo de maquinaria, por las voladuras para el descapote del tajo y para la extracción del mineral en el tajo, y por el procesamiento de mineral en la planta de beneficio. El impacto podría extenderse del AP, pero no se extenderá más allá del PEA ni del AI, en cuyo límite se encuentran los centros de población. El impacto será persistente con efecto directo pero recuperable a corto plazo, una vez se terminen las acciones que lo provocan (por ejemplo, un evento de voladura o el empleo de maquinaria); sin embargo, la no aplicación de medidas de mitigación, tal como el ejecutar voladuras sin control o más de una voladura por día o en horario nocturno, y la construcción y operación de instalaciones para la planta de beneficio que mitigan el ruido ambiente, provocarían niveles de ruido más elevados, aunque dentro de límites permisibles dentro del AP.

Durante la operación del Proyecto, el no implementar el programa de vigilancia ambiental (PVA), implicará la posibilidad de llevar a cabo un mantenimiento no vigilado de vehículos y maquinaria en sitio, con la consecuencia de derrames de hidrocarburos, aceites o lubricantes en suelo, provocando su contaminación en áreas puntuales.

Durante el desarrollo del Proyecto, se hará afectación del suelo en el AP, principalmente por el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), sin embargo, la no aplicación estricta del PVA haría que este CUSTF se pueda provocar incluso fuera de los polígonos forestales, donde se podría retirar la cubierta de suelo vegetal para la ejecución de obras permanentes o temporales en áreas no autorizadas, ocasionando de esa manera el incremento de la afectación del suelo. El retiro

de suelo orgánico se realizaría de manera no controlada, por lo tanto, el suelo orgánico no sería recuperado ni almacenado para su posterior aplicación en el programa de restauración y conservación de suelos, y esto representaría una deficiencia de suelo orgánico para el establecimiento de la cubierta vegetal al cierre del Proyecto.

Al retirar la cobertura de suelo por las acciones del CUSTF por el desarrollo del Proyecto, se incrementaría el riesgo a la erosión del suelo, puesto que la vegetación es una barrera que limita la escorrentía quitándole el poder erosivo.

En el caso del agua superficial, el hecho de no implementar las medidas de mitigación propuestas haría que la carga de agua superficial prevista como de no contacto tuviera interacción con las obras y actividades del Proyecto, evitando la captación aguas arriba y, en consecuencia, no se derivaría agua pluvial de no contacto hacia la cuenca hidrológica. Toda el agua de escorrentía y precipitación se integraría como agua de contacto al Proyecto, aun cuando no es necesaria su incorporación. En el caso de las escorrentías que atraviesan el norte y el sureste del AP, a través de los correspondientes caminos de acceso, su curso no sería libre debido a la obstrucción generada por los caminos de acceso al Proyecto sin obras de drenaje (alcantarillas, vados o ductos) que permitan su libre tránsito durante eventos de precipitación pluvial. Todo esto disminuirá de manera la carga de agua superficial aguas abajo de la microcuenca El Sapo, sobre todo porque el Proyecto se encuentra en la cabecera hidrológica de esta microcuenca.

Versión Pública

La no aplicación del PVA podría traer como consecuencia derrames de agua o pulpas de proceso con la consecuente alteración de la calidad química del suelo y/o del agua superficial, sobre todo al no poder evitar el operar en circuito cerrado. La falta de sistemas para la captación y contención de efluentes y lixiviados que pudieran acompañar eventos de precipitación pluvial extraordinarios, no podría evitar descargas y derrames, lo que alteraría la calidad química del agua superficial. La falta de un programa de monitoreo periódico de la calidad química del agua superficial no permitiría identificar oportunamente la alteración de la calidad del agua superficial, lo que impediría establecer medidas correctivas al impacto de alteración de la calidad química del agua superficial. El agua superficial con niveles incrementados de metales disueltos o suspendidos, producto de derrames o faltas de control en los sistemas operativos de manejo de agua en el proceso, escurriría a través de los cauces, provocando el incremento del contenido de metales en sedimentos activos de cauces y bordos, de agua superficial en bordos y finalmente, en los cuerpos de agua El Sapo y El Tule, receptores finales del agua superficial en la microcuenca El Sapo, donde se ubica el AP. Con ello, se incrementaría aún más, en los lagos El Sapo y el Tule, la concentración de contaminantes, tales como el arsénico, el cual en su estado actual de línea base, contienen varios órdenes de magnitud más elevada que la media del elemento en el SAR.

La extracción del agua de desagüe de las áreas del tajo sin control provocaría no solo un uso no sustentable del agua de laboreo, sino también la no restitución del excedente del agua de laboreo de una manera sustentable en la cuenca hidrológica. De no descargar el excedente del agua de laboreo bajo condiciones controladas, no podrá compensarse la pérdida de agua superficial provocada por la ejecución del Proyecto, particularmente en la microcuenca El Sapo.

Con la extracción del agua de laboreo para el desagüe del área del tajo, se disminuirá el nivel freático dentro del AI del Proyecto, con la posibilidad de que no haya disponibilidad de agua en algunas norias de traspatio y de uso común para las comunidades dentro del AI, y sin la aplicación del programa social de acceso al agua, se no sería posible que estas comunidades cuenten con una fracción del agua para su uso y consumo.

Durante el desarrollo del Proyecto, la posibilidad del impacto por la alteración de la calidad química del agua subterránea podría estar asociada a la generación de DAR y movilidad de metales solubles desde la tepetatera y la presa de jales, así como también posiblemente por el intemperismo en las paredes expuestas del tajo. En el caso de la presa de jales, cualquier infiltración que pudiera alterar la calidad química del agua subterránea crearía una pluma que migrará hacia el tajo, donde sería recuperada el agua con la calidad química alterada. Sin embargo, la falta de aplicación de medidas al cierre del tajo haría que se incremente la concentración de elementos contaminantes en el agua del tajo, aunque este proceso sea lento, se vería potenciado por la evaporación no controlada en el agua del tajo al cierre del Proyecto.

En el caso de crearse infiltraciones contaminantes desde la tepetatera, se podría alterar la calidad química del agua subterránea, si no se aplican de manera oportuna las medidas de manejo adaptativo mediante la instalación de sistemas para su recuperación y tratamiento en los sitios más próximos a su origen.

Versión Pública

Si se ejecutara el CUSTF en áreas autorizadas y no autorizadas, sin aplicar los programas de rescate y reubicación de la flora y de la fauna silvestre, se provocaría la pérdida de individuos no solo de aquellos clasificados por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, sino también de numerosos individuos de interés biológico y endémicos, que si bien no se pone en riesgo su existencia en el SAR, en el caso de la flora sí se pone en riesgo la posibilidad de rehabilitar áreas para el hábitat de la fauna silvestre, más aún si no se ejecutan acciones de revegetación al cierre del Proyecto. Adicionalmente, se tendría la afectación a la fauna silvestre si no se construyen los pasos de fauna correctamente diseñados, así como los bebederos estratégicamente ubicados para favorecer su desplazamiento dirigido. La falta de pasos de fauna a través de los cauces que atraviesan los caminos favorecería el atropellamiento de la fauna; mientras que la falta de pasos de fauna diseñados y construidos a través del cerco perimetral de seguridad, limitaría el desplazamiento de fauna y favorecería el incremento de mortandad sin la aplicación correcta del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.

La falta de aplicación del plan de cierre de la unidad minera al término de la etapa de operación, incluiría el dejar expuestos los depósitos de residuos mineros, sin la construcción de la cubierta diseñada, incrementando con ello la posibilidad de generación de drenajes ácidos a partir de los materiales que cuentan con esta capacidad, así como la emisión de material particulado desde los jales desecados. En estas condiciones se esperaría la contaminación de suelo y posiblemente de agua superficial dentro del AI del Proyecto.

VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección

Las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VI de esta MIA-R, son necesarias para prevenir o atenuar el efecto negativo de los impactos identificados, por lo que, el no establecimiento de estas medidas tendría las consecuencias señaladas en el escenario anterior. Las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el Capítulo VI y programas específicos incluidos, atenderán de manera específica los impactos identificados, tanto los de orden general, como los impactos adversos relevantes.

La aplicación de las medidas enlistadas en el Capítulo VI para los diferentes componentes susceptibles de algún impacto es parte del diseño y ejecución de un conjunto de programas específicos integrados al PVA (**Anexo VI.1**), tales como: el programa de rescate y reubicación de flora silvestre (**Anexo VI.2**); el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre (**Anexo VI.3**); el programa de manejo de emisiones atmosféricas (**Anexo VI.4**); el programa de manejo de agua (**Anexo VI.5**); el programa de monitoreo (**Anexo VI.6**); el plan de manejo integral de residuos (**Anexo VI.7**); el programa social de acceso al agua (**Anexo VI.8**) y el plan de gestión social (**Anexo VI.9**). El programa de restauración y conservación de suelos; el plan de cierre de la unidad minera que incluye acciones progresivas de cierre desde la etapa final de la construcción y durante la operación; y el programa de monitoreo post-cierre serán incluidos como parte del PVA, pero estos se presentarán en detalle al término de la etapa de operación del Proyecto para consideración y acuerdo de SEMARNAT. Además de considerar acciones para compensar la pérdida de biodiversidad y de capacidad de captura de carbono, la pérdida y/o degradación de suelo y la pérdida de captación de agua, asociadas al CUSTF que deberá ejecutarse por implementación del Proyecto en el AP. Estas acciones serán detalladas a SEMARNAT como parte del Estudio Técnico Justificativo (ETJ) para el CUSTF de 1,406.854 ha en el AP.

Versión Pública

Bajo el escenario de desarrollo del Proyecto con la aplicación de las medidas de prevención, de mitigación y de compensación propuestas en el Capítulo VI, se establecerán condiciones que asegurarán la protección de los factores y componentes ambientales afectados (atmósfera, suelo, agua, flora silvestre, fauna silvestre, agua superficial y subterránea, y paisaje), así como los componentes social y económico asociados a los impactos provocados por el Proyecto.

En el caso de las áreas con cobertura vegetal que serán objeto de CUSTF autorizado, estas se limitarán exclusivamente a la superficie de 1,406.854 ha, las cuales serán delimitadas para asegurar que durante el desarrollo del Proyecto no se exceda la superficie desmontada. La preparación del sitio incluirá actividades que representan desde el diseño algunas medidas de mitigación, tal como la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre y del programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, la recuperación y almacenamiento del suelo orgánico, y la ejecución gradual del desmonte y despalme en las áreas objeto del CUSTF. Adicionalmente, se prevé que, en las áreas de ocupación temporal, se ejecute exclusivamente desmonte sin remoción de la cubierta de suelo orgánico, disminuyendo así la afectación por el CUSTF para el Proyecto.

Durante la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre, se prevé el rescate en las áreas CUSTF de todos los individuos sanos de la especie listada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Coryphantha echinoidea*), así como el 20% de individuos sanos de 13 especies de interés biológico, que corresponden a especies endémicas, así como de lento crecimiento y difícil regeneración. A través de la aplicación de este programa, se asegurará una sobrevivencia del

80% a través del monitoreo y mantenimiento de la flora rescatada durante un periodo de 5 años posteriores a su reubicación. La reubicación se realizará en 416 ha dentro del PEA, seleccionadas por sus características para la conservación de la flora silvestre rescatada, para favorecer el restablecimiento de hábitat para la fauna silvestre (áreas de resguardo, rutas de desplazamiento, sitios de anidación y de alimentación), así como para asegurar la preservación de los individuos rescatados al ser áreas dentro del PEA.

La ejecución del programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre será aplicado a todos los individuos de fauna, estén o no listados por la NOM-059-SEMARNAT-2010, durante las etapas de preparación de sitio, de construcción y de operación, garantizando que la reubicación de los individuos de fauna rescatados se realice en sitios con hábitats que aseguren su sobrevivencia y propagación, seleccionados en áreas con cobertura vegetal dentro del PEA, AI y/o SAR. Adicionalmente, como parte de las medidas de mitigación para la preservación de la fauna y de su hábitat, se prevé la instalación de bebederos para favorecer el desplazamiento dirigido de fauna y de pasos diseñados para fauna a través de los cauces que atraviesan los caminos de acceso al Proyecto y a lo largo del cerco perimetral de seguridad con el propósito de asegurar su sobrevivencia y libre desplazamiento; así como durante la etapa de cierre se promoverá la revegetación de las áreas que fueron objeto de CUSTF, de tal manera que pueda favorecerse la regeneración de hábitats para la fauna silvestre, sobre todo porque el AP representa actualmente parte del núcleo con cobertura vegetal de matorral primario y suelo bien conservado en el SAR.

Versión Pública

El suelo en el AP se mantiene actualmente con un bajo índice de erosión y degradación, en comparación con el resto el SAR. Esto producto de la conservación de la cobertura vegetal en el 96.7% del AP, donde la vegetación primaria (principalmente matorral desértico micrófilo) representa el 90% de la superficie del AP. Con el desarrollo del Proyecto, se recuperará el suelo orgánico en las superficies con cobertura vegetal objeto del CUSTF, que podría representar alrededor de 1.5 Mm^3 de suelo orgánico (considerando entre 5 y 10 cm de capa de suelo orgánico y sin aplicar el índice de abundamiento del material) por recuperar y almacenar para su posterior empleo en el programa de restauración y conservación de suelo, como parte del plan de cierre de la unidad minera. El programa de restauración y conservación de suelo será diseñado para identificar las áreas susceptibles de erosión, donde se aplicarán obras que limiten la pérdida de suelo y, una vez obtenido el establecimiento de la capa de suelo orgánico, favorecer la revegetación de las áreas restauradas, que representarían cerca de 600 ha del AP, más superficies degradadas e impactadas fuera del AP, pero dentro del PEA. La revegetación consistirá en la plantación de especies herbáceas, arbustivas y, en menor medida, arbóreas, características del matorral desértico micrófilo.

Puesto que el AP ocupa la parte alta de la microcuenca El Sapo, se construirán obras hidráulicas (canales) para la captación y derivación del agua superficial que escurra aguas arriba del Proyecto. Esta agua superficial derivada será reintegrada aguas abajo a la misma cuenca hidrológica. De esta manera, el agua de contacto que caiga directamente por precipitación sobre la superficie de las obras e instalaciones del Proyecto en el AP, será la única carga superficial que se perderá en la microcuenca hidrológica El Sapo. Sin embargo, parte de esta pérdida de carga superficial en el sistema hidrológico del AP y AI, podrá ser restituida con la descarga de las excedencias del agua de laboreo. Se descargará el agua de laboreo excedente a través de un sistema de canales o tuberías distribuidas en tres cauces de la misma microcuenca el Sapo, aguas abajo del AP, para evitar la

inundación de tierras, y se rehabilitarán los bordos existentes para favorecer la infiltración y disminuir la pérdida del agua por evaporación.

Para el descapote y extracción bajo condiciones de seguridad del mineral en la mina, será necesario, además de operar bajo condiciones de diseño de los bancos en el tajo, el desaguado del área del tajo, recuperando así el agua de laboreo, de la cual 47.5 Mm^3 serán utilizados para la operación del Proyecto. El plan de manejo de agua, que solo utiliza agua de laboreo y agua de contacto, incluye su manejo en circuito cerrado, sin descargas previstas al ambiente del agua de contacto y sin entradas de otras fuentes de suministro de agua fresca. Las pérdidas previstas serán consecuencia de la evaporación, del volumen retenido de agua intersticial entre las partículas de residuos mineros, y de la infiltración en la presa de jales y la tepetatera.

Para evitar cualquier alteración de la calidad química del agua subterránea por la operación de la tepetatera, se aplicarán medidas adaptativas que incluyen la instalación de obras cercanas al punto de origen para la recuperación y tratamiento del agua contaminada. En el caso de las infiltraciones en el área de la presa de jales, estas serán recuperadas directa e íntegramente en el tajo, sin posibilidad de contaminar el acuífero aguas abajo del AP. Con estas medidas se asegura que el Proyecto no será fuente de alteración en la calidad del agua subterránea. Como parte de esta medida, el Proyecto implementará el programa de monitoreo, que incluye el monitoreo de agua subterránea aguas arriba y aguas abajo del AP, tomando en cuenta que ya existen en el SAR y área de influencia del Proyecto, concentraciones geoquímicas de línea base de varios elementos por arriba de límites normativos permisibles. Con la operación del Proyecto, la calidad química del agua subterránea no deberá alterarse más allá de las concentraciones reportadas en la línea base ambiental, por lo que el aporte de otras fuentes naturales (p.e., sustrato rocoso en el acuífero para el caso del arsénico y de fluoruros) o antropogénicas (p.e., actividades agrícolas o asentamientos humanos para el caso de los coliformes fecales y nitratos) podrá continuar siendo reportado durante el monitoreo realizado por el Proyecto.

Versión Pública

Al cierre del Proyecto, el plan de manejo del agua cambiará. Durante la etapa de cierre cesarán las descargas de agua de laboreo excedente y se favorecerá la inundación progresiva natural del tajo, ya que, al cierre y post-cierre, se canalizarán flujos (entradas) de agua subterránea hacia el tajo, sumando la precipitación directa en el área del tajo y la escorrentía de las paredes del tajo. Los flujos de salida del tajo incluirán la evaporación del agua captada en el tajo. La capacidad de almacenamiento de agua en el tajo equivale a 261 Mm^3, que constituirá un *reservorio* al cierre del Proyecto, al favorecerse el llenado natural del tajo. Las pérdidas por evaporación en el tajo se limitarán mediante la instalación de una cubierta flotante en el espejo de agua del tajo inundado, lo que favorecerá el llenado del tajo y la reconstitución del nivel estático en el AI. El balance de agua del tajo inundado indica que, con la aplicación de estas medidas, el espejo de agua del tajo inundado alcanzaría la elevación 1,920 msnm en aproximadamente 36 años. La elevación 1,920 msnm estará aproximadamente a 200 metros por debajo de la elevación de la cresta del tajo y representará una elevación desde la cual es posible el bombeo de agua para su potencial aprovechamiento con fines agrícolas por las comunidades. La aplicación de una cubierta flotante por un periodo no menor a 100 años hace factible un aprovechamiento en el largo plazo de hasta 1 Mm^3/año a partir de la elevación 1,920 msnm.

El desaguado del área de la mina traerá como impacto la disminución del nivel freático al sur del área de influencia, alcanzando una profundidad de apenas 20 m en el límite N de la población Bajío de San Nicolás. Esta disminución del nivel estático podría afectar solo algunas norias de traspatio utilizadas por los pobladores para acceder a agua para su uso y consumo. Como medidas de mitigación-compensación a este impacto, se aplicará: [i] el retorno a la cuenca hidrológica del excedente del agua de laboreo; [ii] la construcción o adecuación, operación y mantenimiento de obras hidráulicas de captación de agua (bordos) para favorecer la infiltración de agua con propósitos de recarga del acuífero (previa autorización por CONAGUA); y [iii] la ejecución del Programa Social de Acceso al Agua descrito en el **Anexo VI.8**, a partir del cual se asegurará el acceso al agua para las comunidades dentro del AI, así como se promoverá la mejora de la infraestructura de suministro de agua en los pozos y norias de uso común. Con ello, no habrá comunidad que resulte afectada por el desarrollo y operación del Proyecto, ni a corto ni largo plazo, promoviendo las acciones para que gradualmente se restablezca el nivel estático. El Programa de Acceso Social al Agua incluso atenderá la problemática del agua en comunidades que no serán afectadas por el abatimiento del nivel freático.

Al cierre de la operación minera, el tajo se llenará de manera natural conforme se recupere el nivel freático. Durante este proceso de llenado del tajo con agua subterránea, se evitará su pérdida por evaporación al colocar sobre la superficie del nivel de agua en el tajo a esferas tipo *barrier-ball* que reducen la interfaz líquido-gaseosa y, con ello, la pérdida del agua por evaporación.

Versión Pública

Se ha identificado como un impacto residual relevante asociado al Proyecto la afectación a las geoformas en el AP. Las características geomorfológicas del AP resultarán modificadas por la depresión que quedará del tajo al término de la operación y por las elevaciones de la tepetatera y de la presa de jales, que alterarán la configuración topográfica del lugar con un alto contraste, en relieve y pendiente, con el entorno natural. Las elevaciones tendrán implicaciones progresivas en la cuenca visual y la calidad del paisaje; aunque la alteración de la calidad del paisaje no será significativa dado que la ubicación de los centros de población y sitios de tránsito no crearán situaciones en el horizonte que reconozcan una alteración mayor de la calidad visual por las elevaciones de la tepetatera y de la presa de jales. El desarrollo futuro de los centros de población ubicados al este y al sur del AP podría implicar una mayor visión de estas estructuras, sin embargo, la revegetación de la corona y el enrocamiento de los taludes con materiales naturales de la región para la tepetatera y la presa de jales no alterará, en gran medida, la calidad visual.

VII.4. Pronóstico ambiental

La descripción de los escenarios descritos se realiza a través de una comparación del pronóstico ambiental para los tres escenarios, que se presenta en el **Cuadro VII.3**.

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
Atmósfera	La calidad del aire se ve seriamente afectada por las condiciones climáticas en temporada seca, en particular en las áreas desprovistas de cubierta vegetal producto del CUSTF por actividades agrícolas y pecuarias. La calidad del aire en el AP y SAR puede ser considerada apenas dentro del límite de lo aceptable tomando en cuenta los valores reportados en el análisis línea base, en comparación a los criterios normativos de referencia, lo cual parece ser consecuencia de la intensidad de la modificación del uso de suelo en el SAR y el AP al incrementar el CUSTF para actividades agrícolas y favorecer la degradación del suelo por actividades pecuarias, a lo que se suma la apertura de caminos rurales y las condiciones generales naturales del clima semidesértico. La concentración de polvos y partículas en estas áreas semiáridas es significativa debido a que la erosión y la desertificación son más intensas por la menor cobertura de vegetación forestal, considerando que en el SAR apenas cubre el 43.8% de su superficie. Esta generación de polvos y partículas suspendidas favorecida por las actividades antrópica, sobre todo en temporada de secas, es acompañado por otras fuentes antrópicas en forma de circulación vehicular a través de la carretera federal, las carreteras estatales y los caminos rurales, principal fuente actual de las emisiones de gases de efecto invernadero, y del incremento en los niveles de ruido. El no desarrollo del Proyecto, incrementaría la ocupación agrícola y pecuaria en la región, principal actividad económica en el SAR, lo que favorecería	La implementación del Proyecto sin aplicación de las medidas de prevención y de mitigación, tendría una fuerte influencia adversa en la calidad del aire, principalmente por la emisión de polvos y partículas por actividades sin acciones de control en caminos del Proyecto y en áreas operativas del Proyecto, principalmente el tajo y sus caminos de acarreo y de acceso. El empleo de combustible diésel en los vehículos del Proyecto sin la calidad para disminuir los gases de efecto invernadero (GEI), así como la falta de control en el mantenimiento de los vehículos y maquinaria incrementaría los niveles de emisiones contaminantes. Sin las medidas de prevención y mitigación propuestas puede afectarse de manera severa la calidad del aire, no solo del sitio del Proyecto, sino también dentro del AI del Proyecto, debido a los altos niveles basales de partículas suspendidas y de algunos gases. Se provocaría un incremento en niveles superiores a los criterios normativos de referencia. Esto con un efecto acumulativo, deteriorando la calidad del aire y, en consecuencia, potenciales daños a la salud de los centros de población del AI. El escenario sin la ejecución de medidas de mitigación acelera los efectos de emisiones en el aire y por consecuencia la disminución de la calidad de vida de la población al ser más susceptibles a enfermedades respiratorias.	La aplicación de medidas de prevención y de mitigación por el Proyecto se limita y limitará al AP durante las etapas de construcción y de operación, por lo que las condiciones línea base de la calidad del aire en el SAR y el AI no se verían mayormente modificadas. Es decir, los niveles actuales de partículas suspendidas y de emisión de gases continuarán prevaleciendo en el SAR dentro de los límites ya cercanos a los valores normativos de referencia. Sin embargo, para no deteriorar o alterar los niveles actuales en la calidad del aire, deberá aplicarse todo el conjunto de medidas de mitigación propuestas durante el desarrollo del Proyecto, puesto que, de acuerdo con el modelado de la calidad del aire, cada actividad tiene un aporte de impacto, de ahí la aplicación de medidas específicas a los impactos identificados. Entre las medidas se destacan el riego de caminos y áreas operativas dónde se generen polvos y partículas, uso del diésel UBA y la aplicación de acciones de mantenimiento de vehículos, equipos y maquinaria. Al cierre del Proyecto, las acciones de restauración y revegetación del suelo en las áreas donde se ejecutó el CUSTF, así como el cierre diseñado de los depósitos de residuos mineros (presa de jales y tepetatera) deberá restituir gradualmente la cobertura vegetal en el AP, evitando la erosión del suelo y la generación de partículas suspendidas. El monitoreo de la calidad del aire permitirá

Versión pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	el incremento de áreas agrícolas con la correspondiente eliminación de cobertura vegetal e incremento de áreas de suelo expuesto a las condiciones que favorecen la emisión de partículas suspendidas, con el consecuente deterioro de la calidad del aire, y seguramente sobrepasando aún más los valores normativos de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$). La emisión de partículas se verá incrementada sobre todo en la temporada de secas debido al incremento de la aridez como consecuencia del cambio climático a mediano y largo plazo.		asegurar que el Proyecto no incremente los niveles de contaminantes atmosféricos en las áreas cercanas a las comunidades del AI del Proyecto.
Suelo	En el SAR se presenta de forma dominante un grado moderado de erosión, con pérdidas anuales de 10 a 50 toneladas por hectárea. Los suelos que se identificaron con mayor riesgo a la erosión son aquellos que presentan baja o nula cobertura vegetal y que son utilizados para actividades de agricultura, que cubren el 51.4% de la superficie del SAR. En el AI el grado de erosión dominante es también moderado, predominantemente en las zonas con actividades agrícolas o sitios con remoción de cobertura vegetal, que representan casi el 30% de la superficie del AI. En el AP, la erosión del suelo es baja (5 a 10 ton/ha/año), como consecuencia de la mayor cobertura vegetal (representa casi el 97% de la superficie del AP), sin embargo, algunas áreas del AP aun con cobertura vegetal presentan una tendencia a una mayor degradación del suelo por las actividades pecuarias que prevalecieron hasta años recientes. Sin el desarrollo del Proyecto, se incrementaría la	El suelo al tener un uso y ocupación por la actividad minera sin aplicación de medidas está expuesto al deterioro y a la alteración de algunas de sus propiedades, que pueden ser acumulativas y sinérgicas, no solo por ejecutarse las actividades dentro del AP sino también en áreas aledañas, que podrían provocar el incremento de la erosión, degradación y contaminación del suelo. El desarrollo del Proyecto sin implementación de las medidas de mitigación incrementaría la erosión en el AP, pasando de nivel bajo a moderado e incluso a fuerte (> 50 ton/ha/año) provocado por un CUSTF no controlado y sin acciones de control de erosión. El mayor deterioro del suelo durante la operación del Proyecto sería la contaminación provocada por derrames de pulpas minerales o por falta de control de emisión de partículas, que podría incrementar los niveles de metales por arriba de las concentraciones de línea base. Puntualmente,	La dinámica de erosión en el SAR y AI se mantendrán sin cambio alguno con la implementación del Proyecto, puesto que solo se verá manifestado en el AP con actividades de eliminación de la cobertura vegetal en las áreas limitadas a las obras y actividades del Proyecto. La erosión en el AP con la eliminación gradual de la cobertura vegetal por el CUSTF, tendrá un grado bajo, puesto que desde el inicio se aplicarán medidas de control de los procesos erosivos, que podrán ser minimizados con ejecución de medidas de conservación de suelo adaptadas a las condiciones específicas del área y obras del Proyecto, tales como; rescate de suelo orgánico, control de curvas de nivel, control de escorrentías, etc., pero sobre todo con la aplicación de las acciones y obras que sellan al suelo y limitan su erosión (tal como la construcción de obras permanentes y la restauración de las obras temporales).

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	ocupación agrícola y pecuaria en la región, principal actividad económica en el SAR, que favorecería el incremento de áreas agrícolas con la correspondiente eliminación de cobertura vegetal e incremento de áreas de suelo expuesto. Se incrementaría el porcentaje de superficie de suelo con erosión moderada, así como la degradación de suelo por actividades pecuarias. Si bien no existen datos suficientes sobre la calidad química del suelo, no se espera un deterioro significativo en el SAR, AI y AP, dado que no se desarrollan actividades antrópicas que lo modifiquen de manera importante; sin embargo, la falta de control de aguas residuales podría alterar la calidad química del suelo en áreas puntuales del SAR y del AI.	derrames de hidrocarburos (gasolina, diésel y aceite de vehículos y maquinaria) contaminarían el suelo superficial en concentraciones arriba de las permisibles por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Al cierre, la no aplicación de las medidas de mitigación asociadas al programa de cierre del proyecto, implicaría la falta de construcción de las cubiertas en los depósitos de residuos mineros, la falta de ejecución del programa de restauración y revegetación de suelo, y la falta de medidas para asegurar la estabilidad física de la presa de jales y de la tepetatera, promoviendo el incremento de la erosión del suelo y el deterioro de su calidad química, por el aumento de niveles de metales en suelo, con la consecuente exposición y riesgo para la población en el AI del Proyecto.	La delimitación del Proyecto es la primera actividad a considerar con la finalidad de no causar afectaciones a áreas circundantes; además como medida de compensación se propone la revegetación de las áreas degradadas de suelo dentro del PEA, para restablecer ecosistemas a través de la cobertura vegetal; mientras que la susceptibilidad a la contaminación del suelo será prevenida y mitigada a través de programas de mantenimiento de equipos, tuberías, y tanques de almacenamiento de sustancias con fosas para la contención de derrames; asegurando la estabilidad de los depósitos de residuos mineros; y brindando capacitación al personal de operación; también se colocará señalética acorde a la normatividad vigente para la identificación y conocimiento de las sustancias peligrosas, y se implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos en cada una de las etapas del Proyecto. Con el cierre del Proyecto, las áreas que fueron objeto de CUSTF serán restauradas y revegetadas; los niveles de erosión regresarán a niveles bajos en el AP, como previo al inicio del Proyecto. En caso de encontrar concentraciones de contaminantes en suelo por arriba de las concentraciones de línea base, se aplicarán acciones de remediación conforme norma.
Agua	Si bien la carga de escurrimientos de agua superficial en el SAR está influenciada por varias microcuencas, corresponde a la microcuenca El Sapo la única que tiene interacción con el AP. En	Con la implementación del Proyecto sin medidas, se interrumpirá la carga superficial aguas abajo del AP, con impacto principalmente en el aporte que representa esto para la vegetación forestal al oeste	El Proyecto ha establecido un Plan de Manejo de Agua con controles estimados de entradas y salidas, donde las entradas principales son el agua de laboreo recuperada de las acciones de

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	esta microcuenca se reconoce un escurrimiento medio anual de 15.6 Mm^3, que descarga hacia el oeste del AP, hacia los cuerpos de agua El Sapo y El Tule, aunque con importantes pérdidas por infiltración a lo largo de los escurrimientos, infiltraciones que representan parte de la recarga del acuífero La Blanca. En parte esta carga es utilizada en aprovechamientos a través de algunos bordos para uso pecuario, aunque la falta de mantenimiento de estos bordos, limitan su función en la temporada de lluvias. Con relación al agua subterránea, representa la principal y prácticamente única fuente para los diversos usos, tanto para la ganadería, agricultura como para las poblaciones. El SAR abarca casi en su totalidad el acuífero administrativo (3228) La Blanca que ocupa la parte occidental y centro del SAR. Al sur del acuífero La Blanca se localiza el acuífero administrativo (3229) Loreto donde la parte septentrional se ubica en el SAR. Se determinó que en la región existe un sistema acuífero estratificado compuesto por uno superior, uno intermedio y otro profundo. El acuífero superior está constituido por sedimentos aluviales y fluviales, de granulometría variada (gravas, arenas y limos) con un espesor máximo del orden de 35 m, que presenta permeabilidad primaria. Como acuífero freático, es de tipo “libre” o no confinado. Su recarga es típicamente local, procedente de las temporadas de lluvias con infiltración directa al subsuelo, alcanzando el nivel freático o formando niveles colgados. Esto ha favorecido el establecimiento de aprovechamientos del agua	del AP, para los hábitats de la fauna silvestre en áreas con cobertura vegetal y en la recarga del Acuífero La Blanca. La no construcción de obras de captación y derivación de agua pluvial traerá como consecuencia que los escurrimientos en la parte alta de la microcuenca El Sapo deriven en su mayoría hacia el AP, donde se integrarían al manejo no controlado del agua, con las consecuentes pérdidas sin recuperación, y la falta de incorporación de agua superficial aguas abajo del AP. Con la entrada en operación del Proyecto, se iniciará el desagüe del área del tajo con el consecuente abatimiento del nivel freático al sur del AP y del AI. El excedente del agua de laboreo no sería restituido a la cuenca hidrológica, se perdería o descargaría sin control en las áreas operativas, ya que una operación no controlada de la presa de jales incrementaría la tasa de evaporación de agua, que se compensaría con el excedente del agua de laboreo. El agua de contacto en las áreas operativas sería descargada al no tener medidas de control en el plan de manejo de agua, que se realizaría sin tratamiento previo, implicando la potencial contaminación del agua subterránea y superficial. El abatimiento del nivel freático sin control por el desagüe del área del tajo secará progresivamente las norias de traspatio conforme se incremente el área de influencia del abatimiento. No habrá acceso al agua que actualmente aprovechan los centros de población al sur del AI del Proyecto, con las consecuencias en el incremento de problemas	desagüe en el área del Tajo y al agua de contacto recuperada de la precipitación directa en las obras y áreas operativas del Proyecto; mientras que las salidas de agua estarán controladas para aprovechar el recurso hídrico al manejar circuitos cerrados a través de las áreas operativas, donde un conjunto de piletas permiten el almacenaje temporal para no tener requerimientos de descargas. La mayor salida en el balance de entradas y salidas corresponde a la descarga del excedente del agua de laboreo, el cual no entrará en contacto con áreas operativas del Proyecto y podrá ser derivado y descargado en una serie de cauces aguas debajo de la microcuenca El Sapo, para favorecer tanto la compensación de la carga de agua superficial, como la infiltración para la recarga del acuífero a partir de la optimización de bordos al oeste del Proyecto. De acuerdo con el balance de agua estimado, las mayores pérdidas de agua están asociadas a la evaporación y a la retención intersticial entre las partículas de los residuos de tepetate y de jales. El plan de manejo de agua del Proyecto no considera por tanto descargas de agua del proceso o de agua de contacto. Toda agua de contacto no perdida por evaporación o por retención intersticial en jales o tepetate, será recuperada y reusada. Reconociendo que la microcuenca El Sapo, donde se encuentra la totalidad del AP, reconoce un escurrimiento medio anual de 15.6 Mm^3, que se descarga hacia el oeste del AP, y que el AP

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	subterránea a través de norias de traspatio y de algunos pozos de uso de las comunidades en el AI. La disponibilidad de agua potable es muy limitada y la red de agua publica es limitada y con bajo mantenimiento. Por otra parte, ambos acuíferos se encuentran sobreexplotados en particular por las actividades agrícolas, que ocupan 51.4% de la superficie del SAR y tan solo el 1.4% del AP. Sin la presencia del Proyecto, continuará el incremento de las actividades agrícolas y pecuarias, con el consecuente incremento en la explotación de los acuíferos somero y profundo, aun cuando domina la agricultura de temporal. Asimismo, continuará la explotación casera del acuífero somero a través de las norias de traspatio, que se seguirán incrementando en número. Gran parte del agua subterránea en el área no presenta una calidad óptima para ser utilizada como fuente de abastecimiento de agua potable, dado el contenido de contaminantes asociados a efluentes residuales municipales y a las actividades agrícolas y pecuarias. Los contaminantes inorgánicos continuarán por ser en su mayoría de origen natural, asociado a las rocas encajonantes, las cuales liberan flúor y arsénico a los acuíferos, con la consecuente exposición para la población, aunque esto continuará siendo limitado dado el poco uso del acuífero profundo por parte de los centros de población de la región, así como a una aparente distribución limitada espacialmente en los acuíferos.	sociales y de la salud pública por la falta de acceso al agua. El problema aumentaría ya que el Proyecto no atendería exclusivamente la falta de acceso al agua por la implementación del Proyecto, sino el Programa Social asociado al Proyecto, atendería otras mejoras de infraestructura que daría acceso de agua potable incluso a centros de población no afectados por el abatimiento del nivel freático, lo cual ya no sería atendido por la falta de implementación de la medida. La falta de aplicación de medidas adaptativas, por el incremento de contaminantes en agua subterránea desde la tepetatera o de la presa de jales, por falta de implementación del programa de monitoreo durante el desarrollo del Proyecto, podría provocar un incremento de la concentración de arsénico, hierro y sulfato en áreas del acuífero somero La Blanca; que podría alcanzar mayores niveles de concentración si el tepetate reactivo, generador de drenaje ácido, no es encapsulado en la presa de jales, y se deja depositado en la tepetatera sin acciones de encapsulamiento.	solo ocupa una superficie que representa el 6% de la superficie de esta microcuenca, y que la superficie, que capta el agua de contacto que se integra como entrada al plan de manejo del Proyecto, representa en realidad menos del 4% de la superficie de la microcuenca, se ha propuesto una serie de obras de captación y derivación del agua pluvial aguas arriba del AP para que los escurrimientos aguas arriba del AP, sean derivados y continúen aportando la carga de escurrimiento en la microcuenca El Sapo, de esta manera el impacto en el agua superficial se limita a menos del 5% por la implementación del Proyecto. Puesto que, al cierre del Proyecto, permanecerán las grandes obras que representan la tepetatera y la presa de jales, las obras de captación y derivación de los escurrimientos aguas arriba del AP, también permanecerán, asegurando que la carga superficial en la microcuenca El Sapo siga siendo alimentada con los aportes aguas arriba del AP. Con las acciones del desagüe del área del tajo, un abatimiento del nivel estático irá creciendo gradualmente conforme se desarrolla el Proyecto, afectando el nivel del agua en algunas norias de traspatio. Este incremento gradual de la afectación por el abatimiento del nivel freático traerá como consecuencia de manera asociada un impacto social, la modificación en el acceso al agua, en algunas norias de traspatio, así como en 4 de 5 norias públicas. Para mitigar este

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
			impacto, se ha establecido que desde el inicio del Proyecto se implementará el Programa Social de Acceso al Agua (**Anexo VI.8**), que representará la principal medida de atención (compensación) al impacto provocado por el abatimiento al nivel freático. Sin embargo, este plan no se limita exclusivamente a compensar a los habitantes que pierden acceso al agua de sus norias de traspatio o de norias comunitarias (municipales), sino se concentra en acciones que atienden un problema de las comunidades del área de influencia social del Proyecto, entre las que destacan: a) Mejora de la infraestructura de pozo de agua profunda (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Antonio de las Huertas); b) Mantenimiento y mejora de tuberías de la red principal de distribución (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Antonio de las Huertas); c) Rehabilitación y ampliación del tanque principal de distribución de agua (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña, San Martín y San Antonio de las Huertas); d) Rehabilitación y ampliación del tanque principal de distribución de agua (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña, San Martín y San Antonio de las Huertas); e) Mantenimiento y conexión de las norias públicas tradicionales a la red de distribución de agua potable (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña); y f) Suministro, instalación y conexión a la red pública de cisternas domésticas en sustitución de las norias de

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
			traspatio privado (Bajío de San Nicolás, Colonia Rivera, Colonia Aguiña y San Martín). Estas acciones de carácter social que serán implementadas por el Proyecto como medida de compensación, atenderán un problema del SAR y del AI con relación al acceso al agua pública potable, acción que permanecerá más allá del periodo de vida del Proyecto, y que será favorecido a través del fortalecimiento interinstitucional con participación de instituciones de gobierno de orden federal, estatal y municipal.
Flora y Fauna	Las comunidades vegetales que se distribuyen en el SAR son típicas de la provincia florística Altiplanicie, siendo los matorrales xerófilos las comunidades con mayor superficie en el AI y AP, con variaciones florísticas y fisonómicas derivadas de gradientes ambientales. En el SAR, la mayor superficie es ocupada por la agricultura (51.4%), le siguen las comunidades vegetales de Matorral Desértico Micrófilo (34.5%), Matorral Crasicaule (2.3%), Vegetación Secundaria arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo (1.2%), Mezquital Xerófilo (1.1%), Vegetación Secundaria arbustiva de matorral crasicaule (0.9%) y Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo (1.1%). La mayor parte de la vegetación mantiene una condición primaria; la perturbación que muestran el SAR y el AI está influenciada por las actividades antrópicas derivadas de sus actividades económicas: agricultura y ganadería extensivas; que han contribuido a la ocupación de suelos, disminuyendo	En la etapa de preparación del sitio al realizar el desmonte y despalme en el AP para la implementación del Proyecto, se perderían especies de flora silvestre de una amplia diversidad biológica, además de causar la fragmentación al hábitat y provocar el desplazamiento de algunas especies de fauna, esto al no implementar los programas de rescate y reubicación de la flora y de la fauna silvestres. El desmonte y despalme no se limitará a las áreas necesarias para la ejecución de las obras del Proyecto, sino también en áreas del PEA, eliminando ejemplares rescatables de especies endémicas, de lento crecimiento/difícil regeneración y en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Durante el desmonte y despalme, así como durante la etapa de construcción, la falta de supervisión ambiental y la aplicación de acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de ejemplares de fauna silvestre, provocará la muerte	El CUSTF gradual se limitará a las áreas requeridas para las obras permanentes y temporales, así como para las actividades temporales asociadas a maniobras y requerimientos de superficies durante las etapas de preparación de sitio y de construcción. Se mantendrán áreas forestales sin CUSTF en el PEA para privilegiar ahí la reubicación de las especies de flora silvestre que serán rescatadas como parte del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre, que se destinará a todos los individuos sanos listados por la NOM-059-SEMARNAT-2010, a especies endémicas y a un porcentaje de especies de lento crecimiento y difícil regeneración. El mantenimiento y vigilancia durante un periodo de 5 años asegurará su sobrevivencia en un 80%, y permitirá restituir cobertura vegetal primaria en áreas del AP degradadas por actividades pecuarias.

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	la cobertura vegetal. La fragmentación presente en el SAR es producto de las actividades humanas, que ha desencadenado una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia impacta en los todos los factores ambientales. En el SAR se registraron siete especies enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Dasylirion acrotrichum* y *Echinomastus unguispinus subsp* bajo la categoría de Amenazada (A), *Coryphantha echinoidea, Mammillaria crinita subsp. crinita, Mammillaria jaliscana, Ferocactus histrix* y *Stenocactus coptonogonus* bajo la categoría de Sujetas a Protección especial (Pr); de las cuales solo una se presentan en el AP (*Coryphantha echinoidea*). **En cuanto a la fauna**: para el Sistema Ambiental Regional (SAR), el área del proyecto (AP) y su Área de influencia (AI), el grupo de las aves fue el que presentó mayor diversidad, debido a que presenta un mayor rango de distribución, además de compartir diferentes tipos de ambientes entre especies, con muy pocas especies específicas para algún tipo de hábitat. El grupo menos diverso fue el de los anfibios. En cuanto al grupo de los reptiles, se obtuvieron valores intermedios. En el SAR, las actividades humanas han desencadenado una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia ha impactado en los factores ambientales, caminos y áreas agrícolas. Las rutas de desplazamiento de la fauna parecen limitarse a las áreas de los escurrimientos superficiales, particularmente para	de individuos de lento desplazamiento (reptiles y mamíferos) por atropellamiento. La falta de acciones de revegetación como parte del Programa de restauración de suelos al cierre del Proyecto provocará la no reconstitución de la cobertura vegetal y, con ello, la no reintegración de hábitats para la fauna silvestre, lo cual sería promovido gradualmente conforme avanza la cobertura vegetal en las áreas restauradas al cierre del Proyecto. Si bien la falta de aplicación de medidas de mitigación destinadas a la flora y a la fauna silvestre se limitarían al AP, la falta de aplicación de medidas destinadas al factor agua, tendría implicaciones en la flora y la fauna silvestre a la escala del AI, puesto que afectaría su hábitat a esa escala. En particular, la falta de instalación y/o de mantenimiento de los canales de captación de agua pluvial limitará la escorrentía aguas abajo del AP, lo que incrementaría el impacto si no se descarga el excedente del agua de laboreo de manera controlada durante la operación del Proyecto. La falta de instalación de los canales de agua pluvial incrementará los efectos del cambio climático a corto y mediano plazo, al no haber aportes aguas abajo de las escorrentías que deberían ser favorecidas por la precipitación pluvial en la cabecera de la microcuenca El Sapo.	Adicionalmente, al cierre del Proyecto, se aprovechará el suelo orgánico que se recuperó de las acciones de desmonte y despalme gradual durante el CUSTF, a través de su aplicación como parte del programa de restauración de suelo. Este suelo orgánico servirá a su vez como sustrato para la implantación de la revegetación de las áreas restauradas al cierre. Para la revegetación de las áreas restauradas, se utilizarán especies de flora característica del matorral desértico micrófilo, de los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), de tal manera que se promueva la reconstitución gradual a mediano plazo de la cobertura vegetal en el AP restaurado al cierre del Proyecto. Durante las etapas de preparación del sitio y de construcción del Proyecto, se implementarán las acciones del Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, que estará destinado a toda la fauna silvestre, no exclusivamente a la fauna en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o en algún listado de protección de fauna silvestre. Esto se hará a través del ahuyentamiento de la avifauna y de los mamíferos de rápido desplazamiento; mientras que el rescate y reubicación se destinará a especies de anfibios, reptiles y mamíferos de lento desplazamiento, estén o no clasificados por la norma. La reubicación de la fauna rescatada se hará en hábitat característico de cada grupo, o incluso de especies, en el AI o SAR para asegurar su

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	los reptiles y los mamíferos roedores, sin identificarse plenamente áreas de amplios corredores biológicos a la escala del SAR y del AI. El no desarrollo del Proyecto incrementaría la ocupación agrícola y pecuaria en la región, principal actividad económica en el SAR, que favorecería el incremento de áreas agrícolas con la correspondiente eliminación de cobertura vegetal, sin el consecuente rescate de individuos de flora en clasificación de NOM-059-SEMARNAT-2010, especies endémicas y de importancia biológica por su lento crecimiento y difícil regeneración. Se disminuirían las áreas de hábitat para la fauna silvestre, motivando su desplazamiento o incluso, su afectación a través de la depredación. El incremento de CUSTF para conversión a áreas agrícolas, puede ocasionar un mayor desequilibrio al ecosistema eliminando bienes y servicios ambientales característicos del SAR, de por sí ya limitados al representar las áreas agrícolas el 48% de su superficie. En el escenario con cambio climático, se prevé una pérdida de biodiversidad en los matorrales xerófilos, por la falta de adaptación y tolerancia de algunas especies a las nuevas condiciones de mayor temperatura y menor precipitación pluvial. Sin condiciones de cambio de uso de suelo o de incremento de la actividad pecuaria, el matorral desértico micrófilo podrá mantener su distribución, aunque con un menor número de especies, particularmente de especies aéreas, con lo cual disminuirá también el servicio ambiental de captura	Versión Pública	sobrevivencia. Se promoverá el desplazamiento dirigido y seguro para la fauna silvestre a través de la instalación de bebederos y de pasos diseñados para fauna a través de los cauces que atraviesan los caminos de acceso al Proyecto y a lo largo del cerco perimetral de seguridad. En las etapas de cierre y post-cierre se ejecutarán monitoreos de seguimiento de la abundancia y presencia de fauna silvestre en áreas restauradas y en las áreas donde se reubicaron los individuos rescatados de fauna. Al cierre del Proyecto, se promoverá la reintegración gradual a mediano plazo de la cobertura vegetal en el AP, y se evaluarán áreas de desplazamiento de fauna, áreas de hábitat de fauna y sitios de alimentación, de tal manera que la flora silvestre pueda reconstituir los servicios ambientales que le ofrecen, aun cuando sea esta una meta a mediano/largo plazo para el Proyecto en cierre. Acciones de compensación serán emprendidas ante el CUSTF que se ejecutará por la implementación del Proyecto, de tal manera que se compense la pérdida de biodiversidad y de captura de carbono, de captación de agua y de suelo. Estas acciones serán también monitoreadas durante 5 años como parte de las actividades post-cierre. Esto incluye la reforestación de áreas degradadas e impactadas fuera del AP, pero dentro del PEA.

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
	de carbono.		
Paisaje	De manera general el paisaje dentro del SAR, AI y AP presenta una calidad paisajística media-baja, donde los elementos de origen natural son los más sobresalientes a la escala del AP, mientras que los de origen antrópico sobresalen a la escala del SAR, propiciando vulnerabilidad en la fragilidad visual. La cuenca visual en general es moderada, delimitada por la vegetación y la topografía del lugar. El paisaje general del SAR y del AP presenta una transición que evidencia la entrada de elementos urbanos (tal como carreteras y líneas eléctricas) y elementos agrícolas dominantes. El SAR representa un área donde las zonas agrícolas van creciendo de acuerdo con las necesidades de los habitantes, por lo que el paisaje está sujeto a la modificación del entorno por las actividades antrópicas. La falta del desarrollo del Proyecto incrementaría las áreas agrícolas, al verse privilegiada esta actividad económica, se reducirían también las áreas con cobertura vegetal, y se provocaría una disminución gradual de la calidad del paisaje.	El paisaje dentro del AP estaría dominado por la instalación y operación del Proyecto, que al no considerar medidas de prevención y mitigación para cada uno de los factores ambientales (aire, suelo, agua, flora y fauna) pueden contribuir al desequilibrio de este disminuyendo la calidad paisajística y aumentando la fragilidad visual del AP. La cuenca visual se vería alterada por el desarrollo de estructuras mayores en el proyecto minero, en particular, tres estructuras que sobresaldrán del perfil de terreno: [i] el apilamiento de suelo vegetal, cuya altura máxima estimada será de 30 m; [ii] la presa de jales, diseñada para tener una altura máxima de 70 m; y [iii] la tepetatera o depósito de roca estéril, estructura diseñada para ser construida, desde la base hasta su cresta, mediante bancos de 30 m de altura, hasta alcanzar una altura máxima de casi 120 m en la elevación de la cresta de 2,255 msnm. Estas estructuras serán sobresalientes del terreno prácticamente plano que predomina en el AP, lo cual se acentuará aún más al estar el AP en el área más elevada del AI del Proyecto. Con estas estructuras mayores desarrolladas, la cuenca visual se incrementará, ampliando el campo visual hacia el AP y cubriéndolo casi en su totalidad, en una superficie de 61,548.70 ha, que representa el 60% de la	El impacto hacia este factor ambiental es considerado como residual, no por la falta de medidas de prevención, mitigación o compensación, sino por el tipo de actividades y el tiempo de vida útil del Proyecto, por lo que el Promovente ejecutará una vez terminada la vida útil del Proyecto la restauración y limpieza del AP durante la etapa de abandono del sitio, para restablecer las condiciones naturales del ecosistema y la recuperación de los servicios ambientales que este ofrece. Terminada la vida útil del Proyecto se buscará mitigar este impacto al paisaje con las medidas compensatorias establecidas para la recuperación y restauración ecológica que incluya restauración y uso posterior del sitio, con actividades de limpieza, cuyo objetivo será que el ecosistema tenga una recuperación gradual, incluida la reconstitución de la cubierta vegetal, los hábitats de la fauna silvestre, por mencionar los principales. Sin embargo, la degradación de la calidad paisajística provocada por actividades antrópicas no asociadas al proyecto minero permanecerá como residual en el SAR y en el AI del Proyecto.

Versión Pública

Cuadro VII.3 Pronósticos ambientales en escenarios futuros del Proyecto San Nicolás.

Factor Ambiental	Pronósticos Ambientales en Escenarios Futuros		
	Escenario Sin Proyecto	Escenario con proyecto, sin aplicación de medidas	Escenario con Proyecto y con aplicación de medidas
		superficie total del SAR. La calidad paisajística se alteraría, a pesar de que el campo visual sea limitado desde los centros de población. El incremento de áreas desmontadas, la falta de acciones de restauración y revegetación del suelo al cierre del Proyecto, y la falta de restauración de las mayores estructuras del Proyecto disminuirán la calidad paisajística e incrementarán la significancia del impacto.	

Versión Pública

Capítulo VIII

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

Proyecto San Nicolás

con ubicación en el Municipio de Villa González Ortega, Estado de Zacatecas

Diciembre 2023

Versión Pública

Minas de San Nicolás

Contenido

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la manifestación de impacto ambiental 3

VIII.1. Presentación de la información 3

VIII.1.1. Cartografía 3

VIII.1.2. Fotografías 4

VIII.1.3. Videos 4

VIII.2. Otros anexos 4

VIII.2.1. Anexos del Capítulo I 4

VIII.2.2. Anexos del Capítulo II 4

VIII.2.3. Anexos del Capítulo III 5

VIII.2.4. Anexos del Capítulo IV 5

VIII.2.5. Anexos del Capítulo V 8

VIII.2.6. Anexos del Capítulo VI 8

VIII.2.7. Anexos del Capítulo VII 8

VIII.2.8. Anexos del Capítulo VIII 8

VIII.3. Referencias Bibliográficas 9

VIII.3.1. Capítulo I. Referencias citadas y consultadas 9

VIII.3.2. Capítulo II. Referencias citadas y consultadas 9

VIII.3.3. Capítulo III. Referencias citadas y consultadas 12

VIII.3.4. Capítulo IV. Referencias citadas y consultadas 18

VIII.3.5. Capítulo V. Referencias citadas y consultadas 32

VIII.3.6. Capítulo VI. Referencias citadas y consultadas 36

VIII.3.7. Capítulo VII. Referencias citadas y consultadas 37

Versión Pública

Listado de Anexos

Anexo VIII.1 Compendio Cartográfico de la MIA-R del Proyecto San Nicolás

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la manifestación de impacto ambiental

Se entrega un ejemplar impreso de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) del proyecto minero denominado **San Nicolás**. Todo el estudio se ha grabado en memoria magnética (USB) versión editable, incluyendo imágenes, planos e información que complementa el estudio, el mismo que es presentado en formato Word (.docx) y en los documentos que corresponden en formato Excel (.xlsx), PowerPoint (.pptx) o Autocad (.dwg).

VIII.1. Presentación de la información

VIII.1.1. Cartografía

Para la descripción del SAR, del AI y del AP, así como de sus diferentes elementos y características, se elaboró información geográfica georreferenciada, basada en las series más actualizadas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el SIGEIA (Sistema de Información Geográfico para la Evaluación de Impacto Ambiental) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como de otras fuentes cartográficas, como el Servicio Geológico Mexicano (SGM), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). En el cuerpo de cada capítulo desarrollado de la MIA-R, se incluyeron los mapas georreferenciados para describir las características del análisis de la información.

Versión Pública

El **Anexo VIII.1** recopila todos los mapas georreferenciados incluidos en el cuerpo de los capítulos que integran la MIA-R del Proyecto.

En el caso de los planos, todos están en la misma escala y el mismo tamaño, variando la escala regional o local del Proyecto y sus obras en función del análisis que pretende mostrar el plano. Los planos están también georreferenciados, se presentan en formato impreso 90 cm x 60 cm y en formato digital en AUTOCAD (.dwg). Todos los planos contienen: título, clave de identificación, fecha de elaboración, nomenclatura, simbología, escala gráfica y numérica, y orientación. Los planos se incluyen como anexos referidos a los capítulos que incluyen su análisis.

VIII.1.2. Fotografías

En el cuerpo de los capítulos que integran la MIA-R se incluyen fotografías que facilitan el análisis de lo que se describe y caracteriza. Adicionalmente, algunos anexos del Capítulo IV corresponden a anexos fotográficos con evidencias de la caracterización ambiental del estado actual del Sistema Ambiental Regional (SAR), del Área de Influencia (AI) del Proyecto y del Área del Proyecto (AP).

VIII.1.3. Videos

No se incluyen archivos con videos en esta MIA-R.

VIII.2. Otros anexos

En los anexos que integran cada Capítulo, se incluye documentación en la que se apoya la elaboración del análisis, escenarios y demás puntos a los que se recurre en el estudio. Los anexos contienen resúmenes del método empleado, participantes y resultados. Los anexos que incluye el documento son los siguientes:

Versión Pública

VIII.2.1. Anexos del Capítulo I

Anexo I.1 [redacted]

Anexo I.2 [redacted]

Anexo I.3 [redacted]

Anexo I.4 [redacted].

Anexo I.5 [redacted]

VIII.2.2. Anexos del Capítulo II

Anexo II.1 Plano de ubicación geográfica del Proyecto.

Anexo II.2 Planos de ubicación geográfica del Polígono Envolvente Ambiental y del Área del Proyecto.

Anexo II.3 Cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) del Polígono Envolvente Ambiental y del Área del Proyecto.

Anexo II.4 Plano de ubicación geográfica de los polígonos forestales objeto del CUSTF en el Área del Proyecto y cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de los polígonos forestales.

Anexo II.5 Plano de la distribución de obras e instalaciones, permanentes y temporales, del Proyecto.

Anexo II.6 Cuadros de coordenadas métricas (UTM, Zona 14N, WGS 84) de los polígonos de obras, permanentes y temporales, del Proyecto.

Anexo II.7 Planos del diseño constructivo de las instalaciones del Proyecto.

Anexo II.8 Plano del diseño constructivo de la tepetatera.

Anexo II.9 Plano del diseño constructivo de la presa de jales.

Anexo II.10 Informes de caracterización de la peligrosidad de jales y de tepetate conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003, y a la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Anexo II.11 Informe de diseño del tajo, incluyendo su estudio de estabilidad estructural.

Anexo II.12 Informe de diseño de la tepetatera, incluyendo su estudio de estabilidad estructural.

Anexo II.13 Informe de diseño de la presa de jales, incluyendo su estudio de estabilidad estructural.

Anexo II.14 Alineamiento de la presa de jales con los criterios de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Anexo II.15 Alineamiento de la tepetatera con los criterios de la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Anexo II.16 Hojas de Seguridad de las sustancias y productos empleados en el Proyecto.

Versión Pública

VIII.2.3. Anexos del Capítulo III

Anexo III.1 Oficio [redacted] del Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI) sobre la presencia de población indígena en los municipios de Villa González Ortega y General Pánfilo Natera.

Anexo III.2 Concesiones mineras de las cuales el Promovente [redacted] cuenta con la titularidad

VIII.2.4. Anexos del Capítulo IV

Anexo IV.1 Plano de ubicación geográfica del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del Área de Influencia.

Anexo IV.2 Análisis de la Definición del Área de Influencia (AI).

Anexo IV.3 Metodología de caracterización del sistema abiótico.

Anexo IV.4 Bases de datos meteorológicos.

Anexo IV.5 Metodología de muestreo y caracterización de suelo.

Anexo IV.6 Base de datos de la caracterización de suelo.

Anexo IV.7 Mapas de ubicación de los sitios de muestreo de suelo.

Anexo IV.8 Reportes de resultados del muestreo y caracterización del suelo.

Anexo IV.9 Base de datos de resultados del análisis multielemental de muestras de suelo superficial.

Anexo IV.10 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización del suelo.

Anexo IV.11 Cálculo de la erosión del suelo en el SAR.

Anexo IV.12 Plano de microcuencas hidrológicas e hidrología superficial del SAR y AI.

Anexo IV.13 Estudio de la hidrología superficial de las microcuencas en el SAR y AI.

Anexo IV.14 Base de datos y mapa de ubicación de aprovechamientos de agua superficial en SAR y AI.

Anexo IV.15 Informe de la calidad química del agua superficial en el SAR.

Anexo IV.16 Mapas con la ubicación de los puntos de muestreo de calidad del agua superficial.

Anexo IV.17 Base de datos de los resultados de muestreos de calidad del agua superficial.

Anexo IV.18 Bitácoras de muestreo y cadenas de custodia de muestreos de calidad del agua superficial.

Anexo IV.19 Reportes de resultados del muestreo de calidad del agua superficial.

Anexo IV.20 Mapas del análisis de la calidad del agua superficial.

Anexo IV.21 Anexo fotográfico del muestreo de calidad del agua superficial.

Anexo IV.22 Plano de Hidrogeología subterránea en el SAR y AI.

Anexo IV.23 Estudio Hidrogeología subterránea en el SAR y AI.

Anexo IV.24 Mapa de distribución de la profundidad y elevación de niveles estáticos en el SAR y AI.

Anexo IV.25 Base de datos de los aprovechamientos de agua subterránea en SAR y AI.

Anexo IV.26 Mapa de ubicación de los sitios de aprovechamiento de agua subterránea en SAR y AI.

Anexo IV.27 Mapas de ubicación de puntos de muestreo del agua subterránea.

Anexo IV.28 Informe de la calidad química del agua subterránea en el SAR.

Anexo IV.29 Base de datos de muestreos de calidad del agua subterránea.

Versión Pública

Anexo IV.30 Bitácoras de muestreos de calidad del agua subterránea.

Anexo IV.31 Cadenas de custodia y reportes de resultados del muestreo de calidad del agua subterránea.

Anexo IV.32 Mapas del análisis de la calidad del agua subterránea.

Anexo IV.33 Anexo fotográfico del muestreo del agua subterránea.

Anexo IV.34 Metodología de caracterización de calidad del aire.

Anexo IV.35 Plano de ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.36 Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.37 Base de datos de resultados del muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.38 Fichas de muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.39 Reportes de resultados del muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.40 Archivo fotográfico del muestreo de calidad del aire.

Anexo IV.41 Base de datos del monitoreo de la presión sonora.

Anexo IV.42 Metodología de caracterización de vegetación.

Anexo IV.43 Plano georreferenciado de vegetación y uso de suelo.

Anexo IV.44 Planos de ubicación de los sitios de muestreo de vegetación.

Anexo IV.45 Fichas de campo de los muestreos de vegetación.

Anexo IV.46 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización de la vegetación.

Anexo IV.47 Descripción y análisis de la caracterización de la vegetación en el AI.

Anexo IV.48 Fichas técnicas de la flora silvestre identificada en el AP.

Anexo IV.49 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el SAR.

Anexo IV.50 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el AI.

Anexo IV.51 Bases de datos de parámetros ecológicos y de biodiversidad de vegetación en el AP.

Anexo IV.52 Metodología de caracterización de fauna silvestre.

Anexo IV.53 Plano y mapas de ubicación de sitios de muestreo de fauna silvestre.

Anexo IV.54 Fichas de campo de los muestreos de fauna silvestre.

Anexo IV.55 Archivo fotográfico del muestreo y caracterización de la fauna silvestre.

Anexo IV.56 Descripción y análisis de la caracterización de la fauna silvestre en el AI.

Anexo IV.57 Bases de datos del muestreo de fauna silvestre.

Versión Pública

Anexo IV.58 Bases de datos de registros de fauna silvestre.

Anexo IV.59 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el SAR.

Anexo IV.60 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el AI.

Anexo IV.61 Base de datos de índices de diversidad de fauna silvestre en el AP.

VIII.2.5. Anexos del Capítulo V

Anexo V.1 Metodología de evaluación y valorización de los impactos ambientales.

Anexo V.2 Análisis y procesamiento de la información de línea base para la calidad del aire.

Anexo V.3 Escenarios de impacto en la cuenca visual y calidad visual por el Proyecto.

Anexo V.4 Informe del Modelo de Ruido (RWDI Air Inc., 2022).

VIII.2.6. Anexos del Capítulo VI

Anexo VI.1 Programa de Vigilancia Ambiental.

Anexo VI.2 Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.

Anexo VI.3 Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.

Anexo VI.4 Programa de Manejo de Emisiones Atmosféricas.

Anexo VI.5 Programa de Manejo de Agua.

Anexo VI.6 Programa de Monitoreo Ambiental.

Anexo VI.7 Plan de Manejo Integral de Residuos.

Anexo VI.8 Programa de Acceso Social al Agua.

Anexo VI.9 Plan de Gestión Social.

Versión Pública

VIII.2.7. Anexos del Capítulo VII

Anexo VII.1 Evaluación de alternativas de ubicación del Proyecto.

VIII.2.8. Anexos del Capítulo VIII

Anexo VIII.1 Compendio Cartográfico de la MIA-R del Proyecto San Nicolás.

VIII.3. Referencias Bibliográficas

VIII.3.1. Capítulo I. Referencias citadas y consultadas

Atlas Nacional de Riesgos, 2021. Centro Nacional de Prevención de Desastres. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; Consultado 20 de julio de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del 30 de mayo de 2000; Última reforma publicada en Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre de 2014.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2019. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México; 226 pp (https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/?De=IGOBMX). Consultado el 15 de agosto de 2022.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022. Municipios Vulnerables al Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México; 60 pp.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Versión Pública

VIII.3.2. Capítulo II. Referencias citadas y consultadas

Asociación Canadiense de Represas, 2013. Pautas de seguridad de presas.

Asociación Canadiense de Represas (CDA, 2019), Boletín Técnico: Aplicación de Directrices de seguridad de presas mineras.

Business Analytics & Applied Economics [BA+AE], 2022. Reporte Socioeconómico Proyecto San Nicolás, Zacatecas, México. 26pp.

Cámara Minera Mexicana, 2020. Informe Anual 2020. https://camimex.org.mx/application/files/5816/0204/8730/info_2020.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Cámara Minera Mexicana, 2020. Informe Anual 2021. https://www.camimex.org.mx/application/files/2916/3095/7239/info_2021.pdf Consultado el 11 de mayo de 2022.

Comisión Federal de Electricidad (CFE), Manual de Diseño de Obra Civil para el diseño de desvíos de aguas superficiales.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021. Regiones Prioritarias de la CONABIO.http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html: Consultado el 20 de julio de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. DOF del 28 de enero de 1988; última reforma publicada en el DOF del 04 de junio de 2012.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del 30 de mayo de 2000; última reforma publicada en Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF del 08 de octubre de 2003; última reforma publicada en el DOF del 18 de enero de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 2006. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF del 30 de noviembre de 2006; última reforma publicada en el DOF del 31 de octubre de 2014.

FloSolutions, 2021. San Nicolas Project, Hydrogeology. Supporting Information for MIA Submission. 125 pp.

Golder Associates Ltd., 2021a. San Nicolas Project. Geochemical Characterization Program Summary Report: 1737 pp.

Golder Associates Ltd., 2021b. San Nicolas Project. Tailings Management Facility, Prefeasibility Design: 1014 pp.

Golder Associates Ltd., 2021c. San Nicolas Project. Mine Water Management Plan: 122 pp.

Golder Associates Ltd., 2021d. San Nicolas Project. Prefeasibility Level Closure Plan: 110 pp.

Golder Associates Ltd., 2022. San Nicolas Project: Closure and Post Closure Water Balance Pit Lake Development and Watershed Yield. Technical Memorandum; 48 pp.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022. Escenarios de Cambio Climático: Anomalías delta de cambio de 4 modelos de circulación general. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global. Consultado el 11 de mayo de 2022.

Versión Pública

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/. Consultado el 21 de julio de 2021.

Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, 2010. Catálogo de Localidades Indígenas 2010. http://www.inpi.gob.mx/localidades2010-gobmx/index.html. Consultado el 21 de julio de 2021.

International Council on Mining and Metals (2020). Estándar mundial de la industria sobre gestión de presas de jales. https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-industrystandard_ES.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Mining Association of Canada, 2019a. Guía para el Manejo de Depósitos de Relaves, Versión 3.1. https://mining.ca/wp-content/uploads/2020/01/MAC-AMC_Gu%C3%ADa_de_relaves_2019.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Mining Association of Canada, 2019b. Developing an Operation, Maintenance, and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities. 2nd. Edition. https://mining.ca/wp-content/uploads/2019/03/MAC-OMS-Guide_2019.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación del 05 de diciembre de 2022.

Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2016. Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra (Cancela a la NMX-AA-132-SCFI-2006). Diario Oficial de la Federación del 06 de marzo de 2017.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación del 10 de septiembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento de caracterización de jales mineros además de las especificaciones y criterios para la

Versión Pública

caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales. Diario Oficial de la Federación del 13 de septiembre de 2004.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación del 2 de marzo de 2007.

Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009. Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 agosto de 2011.

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. Diario Oficial de la Federación del 01 de febrero de 2013.

Piteau Associates, 2021. San Nicolas Project. 2021a. Prefeasibility Open Pit Slope Design Study for the Scenario 4 Mine Plan: 460 pp.

Piteau Associates, 2021. San Nicolas Project. 2021b. Prefeasibility Design Study for the Rock Storage Facility: 216 pp.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Teck Resources, 2019a. Guía para relaves y estructuras de retención de agua. https://www.teck.com/media/Nuestra%20Metodolog%C3%ADa%20de%20Gestión%20de%20Relaves%20-%20Teck.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Teck Resources, 2021. Estudio de Prefactibilidad del Proyecto San Nicolás.

VIII.3.3. Capítulo III. Referencias citadas y consultadas

Ayuntamiento de Villa González Ortega, 2018. Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021, Villa González Ortega.

Ayuntamiento de Villa González Ortega, 2022. Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024, Villa González Ortega; 91 pp.

Versión Pública

Ayuntamiento de Villa González Ortega, 2010. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Villa González Ortega 2010-2030. http://cit.zacatecas.gob.mx/documentos/programas/PDUCP%20Villa%20Gonzalez%20Ortega.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/planeacion-para-la-conservacion/sitiosp-terrestre. Consultado el 21 de julio de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 1917. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación del 5 de febrero de 1917; actualizada con las últimas reformas el 18 de noviembre de 2022. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf. Consultado el 28 de febrero de 2023.

Diario Oficial de la Federación, 1972. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1972; última reforma actualizada el 12 de noviembre de 2015.

Diario Oficial de la Federación, 1985. Convención de Ramsar. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del 18 de julio del año 1985.

Diario Oficial de la Federación, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. DOF del 28 de enero de 1988; última reforma publicada en el DOF del 04 de junio de 2012.

Diario Oficial de la Federación, 1988. Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del día 25 de noviembre de 1988; última reforma actualizada al día 31 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 1990. Primer listado de Actividades Altamente Riesgosas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 28 de marzo de 1990.

Diario Oficial de la Federación, 1992. Segundo listado de Actividades Altamente Riesgosas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992.

Diario Oficial de la Federación, 1992. Ley de Aguas Nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 01 de diciembre de 1992; con su última reforma actualizada el 06 de enero de 2020.

Versión Pública

Diario Oficial de la Federación, 1994. Reglamento Ley de Aguas Nacionales. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de enero de 1994; con su última reforma actualizada el 25 de agosto de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del 30 de mayo de 2000; última reforma publicada en Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del 30 de noviembre de 2000; última reforma actualizada al día 21 de mayo de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Ley General de Vida Silvestre. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 03 de julio de 2000, con su última reforma actualizada el día 20 de mayo de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 25 de febrero de 2003; actualizada en el Diario Oficial de la Federación del día 5 de junio de 2018, y última reforma publicada el 26 de abril de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF del 08 de octubre de 2003; última reforma publicada en el DOF del 18 de enero de 2021.

Diario Oficial de la Federación, 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 21 de febrero de 2005, con su última reforma actualizada al día 09 de diciembre de 2020.

Diario Oficial de la Federación, 2006. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF del 30 de noviembre de 2006; última reforma publicada en el DOF del 31 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 07 de septiembre de 2012.

Diario Oficial de la Federación, 2012. Reglamento de la Ley Minera. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de octubre de 2012; última reforma actualizada el 31 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2012. Ley General de Cambio Climático. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del 06 de junio de 2012; última reforma actualizada el 6 de noviembre de 2020.

Versión Pública

Diario Oficial de la Federación, 2014. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014.

Diario Oficial de la Federación, 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 12 de julio de 2019.

Diario Oficial de la Federación, 2020. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 9 de diciembre de 2020.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/. Consultado el 21 de julio de 2021.

Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, 2010. Catálogo de Localidades Indígenas 2010. http://www.inpi.gob.mx/localidades2010-gobmx/index.html. Consultado el 21 de julio de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación del 05 de diciembre de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-CONAGUA-1996. Establece los requisitos que deberán cumplirse durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y el cierre de pozos en general, para la protección de acuíferos. Diario Oficial de la Federación del 08 de agosto de 1997.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación del 27 de marzo de 2015.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 29 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 20 de agosto de 2019.

Versión Pública

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 27 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación 27 octubre 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993. Establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 2003.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación del 23 de junio de 2006.

Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para la prueba de extracción (PECT) que determina los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 2003.

Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos. Diario Oficial de la Federación del 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” emitidos por fuentes fijas, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 03 de diciembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Versión Pública

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación del 10 de septiembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento de caracterización de jales mineros además de las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales. Diario Oficial de la Federación del 13 de septiembre de 2004.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación del 2 de marzo de 2007.

Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009. Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 Agosto de 2011.

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. Diario Oficial de la Federación del 01 de febrero de 2013.

Organización de las Naciones Unidas, 2021. Agenda 2030. https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=CjwKCAjwi9-HBhACEiwAPzUhHGc8kdBwEia7F-HPcr5bNy9Ix92RGFnCENTWrbft7upmyAFlYBuF3hoCy5oQAvD_BwE. Consultado el 21 de julio de 2021.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas, 2007. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas. Publicada en el Suplemento del Periódico Oficial del Estado de Zacatecas el 31 de marzo de 2007; última reforma actualizada al día 10 de enero de 2018.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas, 2010. Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas. Publicada en el Suplemento al Periódico Oficial del Estado de Zacatecas el 16 de octubre de 2010; última reforma el 23 de marzo de 2013.

Versión Pública

Programa Estatal de Desarrollo Urbano y de Ordenación del Territorio del Estado de Zacatecas. (https://coepla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2017/02/PROGRAMA%20ESTATAL.pdf, Consultado el 15 de junio de 2021.

Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Zacatecas, 2012. Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de Zacatecas 2012. http://www.finanzas.gob.mx/contenido/2015/Marco%20Prog2015/UPLA/4)%20PROGAMA%20ESTATAL%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20Y%20ORDENACION%20DEL%20TERRITORIO%20DE%20ZACATECAS.pdf. Consultado el 21 de julio de 2021.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

VIII.3.4. Capítulo IV. Referencias citadas y consultadas

Versión Pública

Aguirre–León, G. y E. Cázares Hernández. 2009. Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. Pp. 269–300. En: Moreno–Casasola, P. y B. Werner (eds.). Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología, A.C., Conanp, US Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior.

Ahumada-Carrillo, I. T. 2010. Herpetofauna del Municipio de Atolinga, Zacatecas. Tesis Profesional. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 73 pp.

Ahumada-Carrillo, I. T., O. Vázquez-Huizar, J. Vázquez-Díaz, and U. O. Vázquez-García. 2011. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Zacatecas, México. Herpetological Review 43(3):397–398.

Alcérreca, C., J. Consejo, O. Flores, D. Gutiérrez, E. Hentschel, M. Herzig, R. Pérez-Gil, J. M. Reyers y V. Sánchez-Cordero. 1989. Fauna silvestre y Áreas Naturales Protegidas. Universo Veintiuno. México, D.F.

Álvarez-Castañeda, S. T., T. Álvarez, and N. González-Ruiz. 2015. Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., and Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Guadalajara, México.

Ambrose, S. (1989). The Australian bird count-Have we got your numbers? RAOU Newsletter. The Royal Australasian.

Álvarez, T. y De Lachica, F. 1991. Zoogeografía de los vertebrados de México. SITESA. México, D.F, 77 pp.

Aranda, M. 2000. Huellas y otros Rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Primera edición. Ed. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz - México, 212 pp.

Arriaga, L., 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. Investigación Ambiental 1 (1): 6-16.

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2018. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx. [2021, Marzo 06].

Ávila, Jorge.2004. Tesis "Programa de rescate, protección y conservación de flora y fauna silvestre para la L.T. Santa Fe, Entronque la Fragua-Jurica". UAM-Iztapalapa. México.

Baker R. H., M. W. Baker, J. D. Johnson, and R. G. Webb. 1980. New records of mammals and reptiles from northwestern of Zacatecas, México. Southwest. Nat. 25:568−569.

Balleza, C. J., 2000. Flora del Cerro de Piñones, Juchipila, Zacatecas, México.

Berlanga, H; H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras. L. A. Sánchez-Gonzalez, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2019). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México D.F.

Bishop, J., McKay, H., Parrot, D y Allan J. 2003. Reviewofinternationalresearchliteratureregardingtheeffectivenessofauditorybirdscaringtechniques and potential alternative. Recuperado de: https://pdfs.semanticscholar.org/52d1/7a806a7156c45b3f50bf7ea8eb7b918ac4ab.pdf. [2021, Marzo 06].

Bladé, E., L. Cea, G. Corestein, E. Escolano, J. Puertas, E. Vázquez-Cendón, J. Dolz y A.Coll, 2014. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Volume 30, Issue 1, January–March 2014, Pages 1-10.

Briones, B., Perroni, Y., Castellanos, A.E., Estrada-Contreras, I., Martínez-Yrízar, A., Maya, Y., Montaño N.M., Pavón N., Yepez, E.A., 2018. Base de datos sobre almacenes y flujos de carbono en los matorrales y pastizales xerófilos de México. Elementos de Políticas Públicas 2 (3): 1-10.

Calderon-Mandujano, R. (2011). Estrategia para el Manejo de Anfibios Sujetos a Uso en México. En: O. Sanchez, P. Zamorano, E. Peters & H. Moya (ed.). Temas sobre conservación de

Versión Pública

vertebrados silvestres en México (1.a ed.) (pp. 71-82). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Calderón-Patrón, J. M., Moreno, C. E. y Zuria, I. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 879-891.

Campbell J.A. and W. W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. Cornell University Press. xviii+898 pp.

Camarillo-Rangel, J. L., y G. Casas-Andreu. 2001. Anfibios y reptiles del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología 72:105-123.

Canela, M., 2019. Geological summary of the San Nicolas VHMS deposit located in Zacatecas State, Central Mexico. Teck Resources, March 2019.

Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez-MaYén, M. G. 2010. Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Recuperado de: http://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/libros/AvtparteA.pdf.

Cardona, D. M., Castaño, J. H., Botero, J. E. 2016. Distribución anidada de murciélagos en fragmentos de bosque premontano de la cuenca media del río cauca, Colombia. Mastozoología Tropical. 23(2).

Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López y A. Ramírez-Bautista. 1991. Como hacer una colección de anfibios y reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología No.10, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. 68 pp.

Ceballos G., J. Arroyo-Cabrales y R.A. Medellín. 2002. The mammals of México: Composition, distribution, and conservation status. Occasional Papers Museum of Texas Tech University, 218:1-27.

Ceballos, G., y Arroyo-Cabrales, J. (2012). Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época, 2(2), 27-80.

Ceballos, G. y G. Oliva, 2005. Los mamíferos silvestres de México. 1° edición. CONABIO-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 987 pp.

Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T. J., 2005. A new statistical approach for assessing compositional similarity based on incidence and abundance data. Ecology Letters, 148-159.

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K. y Ellison, A. M., 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84(1), 45-67. Doi: 10.1890/13-0133.1, 45- 67.

Versión Pública

Chesser, R. T.; S. M. Billerman, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette , N. A. Mason, P. C. Rasmussen, J.V. Remsen, Jr; D.F. Stotz, and K. Winker. 2020. Check-list of North American Birds (online). American Ornithological Society. http://checklist.aou.org/taxa. [2021, Marzo 06].

CITES. 2021. Convención sobre el Comercio Internacional de especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. http://www. https://cites.org/esp/app/appendices.php [2021, marzo 08].

Comisión Nacional del Agua, 2020a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero La Blanca (3228) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p.

Comisión Nacional del Agua, 2020b. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Loreto (3229) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Loreto (3229) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p.

Comisión Nacional del Agua, 2020c. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Villa Hidalgo (3230) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 37 p.

Comisión Nacional del Agua, 2020d. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero El Barril (2402) Estado de San Luis Potosí - Comisión Nacional del Agua. 24 p.

Comisión Nacional del Agua, 2021. Consulta a la base de datos del REPDA https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx (consultado el 20.04.2021).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2003. Especies invasoras-aves. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/aves.html. [2021, marzo 18].

Cortés, T. H., 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, MEX., 168 p.

Del Coro Arizmendi y Marquez Valdelamar (eds). 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. FMCN, CONABIO; CCE CCA CEC, National Fish Wildlife Foundation, Bird life International, SEMARNAT, Amerina Bird Conservancy, National Audubon Society, Ubipro Iztacala, Sida Natur, UNAM, CIPAMEX. México, D.F. 440 pp.

Díaz-Paniagua, C., Rodríguez, C., Portheault, A., de Vries, W. (2005). Los anfibios de Doñana. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid.

Duellman, W. E. 2001. Hylid Frogs of Middle America. 2 Volúmenes. Second Edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contributions to Herpetology, No. 18. Ithaca, New York, United States.

Versión Pública

Enciclovida. 2021. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http/enciclovida.mx. [2021, Marzo 26].

Enríquez, E. D. E., Koch, S. D., & Elizondo, M. S. G., 2003. Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. Acta Botánica Mexicana, (64), 45-89.

Escalante, P., A. M. Sada y J. R. Gil. 1997. Listado de Nombres Comunes de las Aves de México. Fotos de Avilés, S. http://nombres-comunes-de-aves.htm [2021, marzo 05].

Escalante, P., A. M. Sada y J. R. Jil. 1996. Listado de Nombres Comunes de las Aves de México. CONABIO y SIERRA MADRE, 32 pp.

Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos. 52: 53-56 pp.

Estrada-Rodríguez, J. L., H. Gasden, S. V. Leyva-Pacheco y T. U. Morones-Long. 2006. Herpetofauna del Cañón de Las Piedras Encimadas en la Sierra El Sarnoso, Durango, México. Pp. 1-23. En: Ramírez-Bautista, A. L. Canseco-Márquez, L. y F. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicaciones especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana no. 3.

Flores-Villela y Gerez P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. CONABIO-UNAM. 437 pp.

Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano y G. Gonzalez-Porter (compiladores). 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología Número 10. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 78 pp.

Flores-Villela, O., Pérez, H. 2006. Herpetofaunas estatales de México. 327-346 p. In Ramírez, A. Canseco, L. y Mendoza, F. (eds.) Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana.

Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Supl. 85: S467-S475, 2014.

FloSolutions, 2021. San Nicolas Project, Hydrogeology. Supporting Information for MIA Submission. 125 pp.

García, M. E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. - Instituto de Geografía de la UNAM, 5ª edición. México.

Gittleman, J. L., S. M. Funk, D. W. Macdonald, y R. K. Wayne. 2001. Why “carnivore conservation”? Pp. 1-8 in Carnivore conservation (Gittleman, J. L., S. M. Funk, D. W. Macdonald, y R. K. Wayne, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Versión Pública

Giménez Gilberto y Héau Lambert Catherine, 2007. El desierto como territorio, paisaje y referente de identidad en Culturales, vol. III, núm. 5, pp. 7 -42, Universidad Autónoma de Baja California, México.

Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados Victorino, R. L., & Borja de la Rosa, A., 2011. Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 17(SPE), 111-130.

Grünwald, C.I, J.M. Jones, H. Franz-Chávez, I. T. Ahumada-Carrillo. (2015). New species of Ophryacus (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from eastern Mexico, with comments on the taxonomy of related pitvipers: Mesoamerican Herpetology 2 (4): 387-416.

Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 1181 pp.

Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana Vol 1: Snakes of Mexico. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.

Hernández-Roldán, E., Tarango-Arámbula, L.A., Ugalde-Lezama, S., Hernández-Juárez, A., Cortéz-Romero, C., Cruz-Miranda, Y., Morales-Flores, F.J., 2017. Hábitat y densidad de nidos de la hormiga escamolera (Liometopum apiculatum Mayr) en una UMA de Zacatecas, México. Agroproductividad 10 (5): 10-17.

Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek, & M.S. Foster. 1994. Measuring and monitoring biological diversity: a standard method for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, 364 pp.

Howell, S. N.G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, 851 pp.

Ibáñez, J.J., Caniego, J. and García Álvarez, A. 2005b. Nested subset analysis and taxa-range size distributions of pedological assemblages: implications for biodiversity studies. Ecological Modelling. 182: 239-256.

Ibáñez, J.J. 2006. Biodiversidad, Edafodiversidad y Teoría de los Subconjuntos Anidados. https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/02/08/13135. [2021, Marzo 16].

Instituto de Estudios Latinoamericanos, 2019. Mujeres y Género en América Latina:https://www.lai.fu-berlin.de/es/e-learning/projekte/frauen_konzepte/projektseiten/konzeptebereich/he_com/contexto/index.html, recuperado el 24 de junio de 2019.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2021. Manual de Buenas Prácticas para el uso del Agua en la Industria Minera en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua - SEMARNAT:

Versión Pública

https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/libros/2021/manual_uso_del_agua_industria_minera_mexico_IMTA.pdf, recuperado el 19 de abril de 2021.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2007. Carta edafológico Serie II San Luis Potosí F14— 4, Escala 1:250.000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014. Conjunto de Datos de Erosión del suelo, Escala 1:250,000 Serie I. Continuo Nacional.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015. Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250, 000 Serie V. México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250, 000: serie VI. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/. Consultado el 21 de julio de 2021.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas ver. 4.0 a (antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/).

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2019. INAFED. Obtenido de https://www.gob.mx/inafed. Consultado el 21 de julio de 2021.

IUSS Grupo de Trabajo WRB., 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Jiménez G. A & R. List. (2005). Tlalcoyote (Taxidea taxus). Pp384-385. En; Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva coordinadores. FCE-CONABIO.

Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2003) Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8, 151-161.

Jones, C., W.J. Mcshea, M.J. Conroy y T.H. Kunz. 1996. Capturing mammals. Pp. 115-155. En: Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard methods for mammals. D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran y M.S. Foster. (eds.). Smiths. Inst. Press. Washington D.C., USA.

Kaufman, K. 2005. Guía de Campo de las Aves de Norteamérica. Houghton Mifflin Company. New York, EUA. 391 pp.

Kindt, R. y R. Coe. (2005) Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi. ISBN 92-9059-179-X.

Versión Pública

Kohler, G y P. Heimes. 2002. Stachelleguane. Herpeton. Verlag Elke Kôhler. Alemania. 174 pp.

Lapage, D. 2018. Avibase. Lista de Aves del Mundo. Sonora. Avibase y Bird Links to the World, páginas web diseñadas y mantenidas por Denis Lepage, y albergadas por Bird Studies Canada, co-socio de BirdLife International. http://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=mxja&list=howardmoore. [2021, marzo 06].

Lara, R. E., 2011. Estructura y Diversidad de la Vegetación en una porción de la Sierra El Mascarón, en el norte de Zacatecas, México (Doctoral dissertation, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Saltillo, Coahuila).

Lemos-Espinal, J.A. y G.R. Smith. 2016. Amphibians and reptiles of the state of Coahuila, Mexico, with comparisons with adjoining states. ZooKeys 593:117-137.

Lemos-Espinal, J.A, G.R. Smith y G. A. Woolrich-Pina. 2018. Amphibians and reptiles of the state of San Luis Potosi, Mexico, with comparisons with adjoining states. ZooKeys 753:83-106.

Lemos-Espinal, J. A, G.R. Smith, H. Gadsden-Esparza, R. Valdez-Lares y G. A. Woolrich-Piña, 2018. Amphibians and reptiles of the state of Durango, Mexico, with comparisons with adjoining states. ZooKeys 748:65-87.

Lemus, Marina. 2010. Plan de rescate, relocalización y ahuyentamiento de fauna silvestre amenazada, para el proyecto “Expansión Mina Carmen-Margarita” Comuna de Cabildo. Región de Valparaíso, Chile.

Liner, E.A. 2007. A Checklist of the Amphibians and Reptiles of México. Louisiana State University, Luisiana, USA. N° 80, 60 pp.

Lorax, 2007. Acciones de rescate y reubicación de la fauna. “Encauzamiento del Arroyo Alamar y Construcción de la Vialidad Vía Rápida Alamar del Km.0+000 (inicio de la canalización de la 2da etapa del Río Tijuana) al Km.10+205 (Puente Cañón del Padre de la Autopista Tijuana - Tecate) en el Municipio de Tijuana, Baja California”.

Lorenzo, C. & F. A. Cervantes. (2005). Conejo (Sylvilagus floridanus). Pp 843-845. En; Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva coordinadores. FCE-CONABIO.

Lorenzo C., E. Espinoza y J. Ortega (eds.). 2008. Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Publicaciones Especiales, Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F. Pp 147-164.

Luna, J. M., 2015. Conocimiento y comunalidad. Bajo el volcán, 15(23), 99-112.

Mandujano-Rodríguez S. 2009. Conceptos generales de ecología poblacional en el manejo de Fauna silvestre. Pp. 41-59. En: Moreno–Casasola, P. y B. Werner (eds.). Breviario para describir,

Versión Pública

observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable No. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología, A.C., Conanp, US Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior.

Mata-García, S.G., C.E. Esparza-Estrada y J.J. Sígala-Rodríguez. 2020. Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado. Pp243-245. En: Cruz-Angón, A., D. López-Higareda, K.C. Nájera-Cordero, E.D. Melgarejo y D. Hernández-Ramírez (Coord). La biodiversidad en Zacatecas, Estudio de Estado. CONABIO, México.

Ministerio del Ambiente (MINAM). 2015. Guía de inventario de la fauna silvestre (PDF File) Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/GUÃ-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf. [2021, Marzo 18].

Monroy-Vilchis, O, M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz & V. Urios. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. Revista de Biología Tropical 59(1):373-383.

Moreno, C. E 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA Vol 1. Zaragoza. 84 pp.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S., 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: El País.

National Geographic, 2009. Field Guide to the Birds of North America. Fifth Edition. Washington D.C. EUA. 503 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación del 05 de diciembre de 2022.

NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación del 27 de marzo de 2015.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 29 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 20 de agosto de 2019.

Versión Pública

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 27 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación 27 octubre 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento de caracterización de jales mineros además de las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales. Diario Oficial de la Federación del 13 de septiembre de 2004.

Versión Pública

Oksanen, J. F., G. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, E. Szucs y H. Wagner. (2017). vegan: Community Ecology Package. R packageversion 2.4-4. https://CRAN.R-project.org/package=vegan.

Orozco, L., & Brumér, C., 2002. Inventarios forestales para bosques de latifoliados en américa central. Turrialba, Costa Rica: CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. Revista Mexica de Biodiversidad 85:S460-S466.

Pérez-gallego, C. 2007. Rescate de fauna silvestre una alternativa de conservación en la central hidroeléctrica miel I. Revista Cier. 15(51): 67-76.

Peterson, A. T. y V. Sánchez-Cordero.1994. Nuevas ideas, nuevas metas y un estudio biológico nacional. Boletín Academia de la Investigación Científica 20:23-26.

Piteau (2021). Geochemical model prediction of rock storage facility (RSF) contact water quality for 'Scenario 4' mine plan: San Nicolas project, Mexico. Teck Ref. No. SZM001A3-80-6600-MEM-4010_Rev 0.

Piwonka, F., & Escobar, M. F., 2006. Turismo y paisaje: una aproximación al sistema de evaluación de impacto ambiental; documento preliminar de trabajo. Chile: Gobierno de Chile-Servicio Nacional de Turismo.

Programa de Rescate de Fauna del Río Humaya, cercano al Poblado Barrio de San Juan, Municipio de Culiacán, Sinaloa. México.

Ralph, C.J; Geupel, G.R; Martin, T.E; DeSante, D.F. & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: US-Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Sattion. 46p. 159.

Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez, y F. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicación Especial de la Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3.

Ramírez-Prieto, J., Koch-Olt, S., Balleza-Cadengo, J. D. J., Adame-González, M., & Romero-Nápoles, J., 2016. Flora de la cima de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México. Botanical Sciences, 94(2), 357- 375.

Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo y A. Salame Méndez. 2001. Los Peromyscus (Rodentia:Muridae) en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAMI). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), número 083 Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. Pp 83-114.

Reaka-Kudla, M., D.E. Wilson y E. O. Wilson. 1997. Biodiversity II. Understanding and Protecting Our Biological Resource. Joseph Henry Press. Washington, D.C.

Reséndiz-Cruz, I; Pérez-Montes, L. E; & Navarro-Sigüenza, A.G. (2017). La comunidad de aves del sureste del Valle del Mezquital, México: Estructura y composición Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología, 18(1), 157-175.

Reid, F. A. 1997. A Field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press, New York. USA. 334 p.

Ríos Muñoz, César & Espinosa Martínez, Deborah & Ballesteros-Barrera, Claudia & Ameneyro-Cruz, Gustavo & López-Ortega, Gerardo & Arroyo-Cabrales, Joaquín & León-Paniagua, Livia. (2017). Mamíferos de Zacatecas. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. 7. 1-24.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 432 p.

Versión Pública

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504.

Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Divisiones florísticas. Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas). IV. 8.3. In Atlas Nacional de México, vol. II. Escala 1:8000000. Instituto de Geografía, UNAM, México, D. F.

SAG. 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Secretaría de Agricultura y Ganadería, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables del Gobierno de Chile. Santiago de Chile, 180 pp.

Sánchez, Jaime E. 2011. Diseño de un Sistema Ecológico repelente de aves – CASO FIEE. Universidad Nacional del Callao, Facultado de Ingeniería eléctrica y electrónica. Callao, España.

Scrocchi, G y Kretzschmar, S. 1996. Guía de métodos de captura y preparación de anfibios y reptiles para estudios científicos y manejo de colectas herpetológicas. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/44516703_Guia_de_metodos_de_captura_y_preparacion_de_anfibios_y_reptiles_para_estudios_cientificos_y_manejo_de_colecciones_herpetologicas_por_Gustavo_Scrocchi_y_Sonia_Kretzschmar. [2021, Febrero 06].

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1980. Actualización del Estudio Geohidrológico en el Valle de Loreto, en el Estado de Zacatecas. Realizado por Consultores S.A.

Secretaría de Gobernación, 2021. Microrregiones. Obtenido de: http://www.microrregiones.gob.mx/programa.php?id=19. Consultado el 21 de julio de 2021.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México - Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental Edición 2012 México DF 382 p.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021a. Monitor de sequía de México https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico (consultado el 08.04.2021).

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021b. Documentos del Inventario Nacional de Emisiones - Inventario Nacional de Emisiones 2016 - https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones (consultado el 06/04/2021).

Versión Pública

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1970. Estudio Geohidrológico Preliminar del Valle de Loreto. Realizado por Ingeniería y Geotecnia S.A.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1974. Estudio Geohidrológico Preliminar en la Zona de La Blanca, Estado de Zacatecas. Realizado por Consultores, S.A.

Servicio Geológico Mexicano, 2001. Carta geológico-minera Luis Moya F13-B79 Zacatecas y Aguascalientes, Escala 1:50.000.

Servicio Geológico Mexicano, 2007. Carta geológico-minera Salinas de Hidalgo F14—A61 San Luis Potosí y Zacatecas, Escala 1:50.000.

Servicio Meteorológico Nacional, 2021. Normales climatológicos. http://smn.cna.gob.mx/. consultado el 01.04.2021.

Servicio Sismológico Nacional, 2021. Catálogo de sismicidad histórica. http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/. Consultado al 13.04.2021. UNAM.

Sigala R, J. F., G. E. Quintero D., I. T. Ahumada C. y D.E. Carrillo L. 2020a. Anfibios. En Cruz A. A, López H. D, Nájera C. K.C, Melgarejo E.D., y Hernández R. D. La biodiversidad en Zacatecas, Estudio de Estado. (pp. 229-234) CONABIO.

Sigala R, J. F., G. E. Quintero D., I. T. Ahumada C., R. A. Carbajal M., E. D. Enríquez E. y M. del Refugio V. 2020b. Reptiles. En Cruz A. A, López H. D, Nájera C. K.C, Melgarejo E.D., y Hernández R. D. La biodiversidad en Zacateas, Estudio de Estado. (pp. 235-240) CONABIO.

Smith, H. M. 1941. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género Sceloporus. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas 2: 103- 110.

Smith, H. M., y E. H. Taylor. 1966. Herpetology of México. Annotated checklist and keys to amphibians and reptiles. A reprint of Bulletins 187, 194 and 199 of the United States National Museum with a list of subsequent taxonomic innovation. Eric. Lundberg. Asthon Maryland.

Solano-Zavaleta, I. 2007. Estudio Herpetofaunístico del Municipio de Tlatlauquitepec, Sierra norte de Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de México. 66 pp.

Solari, F., y Gazorla, L., 2009. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje. Cuadernos del centro de estudios en díselo y comunicación, 213-226.

Versión Pública

Squeo, F.A., L.A Cavieres, G. Arancio, J.E. Novoa, O. Matthei. C. Marticorena. R. Rodríguez, M.T.K. Arroyo, M. Muñoz. 1998. Biodiversidad de la Flora Vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71:571-591.

Stuart, L. C. 1964. Fauna of Middle America. In Handbook of Middle American Indians, vol. 1, R. C. West (ed.), p. 316-363.

Teck Resources, 2021a. Estudio de Prefactibilidad del Proyecto San Nicolás.

Teck Resources, 2021b. MX_SanNicolas_ACQLINK_LITHOLOGY_Golder.csv. Microsoft Excel File. Email to Price, J, Golder Associates Ltd.

Teck Resources, 2021c. 210123SN_Geology_Model_Size_Reduced_Version.aproj_data.zip. Leapfrog Model. Email to Price, J, Golder Associates Ltd.

Torres-Mura J., Riveros-Riffo E., Escobar-Gimpel V. 2014. Guía técnica para implementar medidas de rescate/relocalización y perturbación controlada. Fauna Silvestre, Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, 45 pp. Recuperado de: Https://Www.Researchgate.Net/Publication/311208911_Guia_Tecnica_para_implementar_medidas_de_rescate_relocalizacion_y_perturbacion_controlada_Fauna_Silvestre. [2021, Marzo 06].

Trejo, I., Hernández, J., Villers, L., Afectación de las comunidades vegetales de México ante el cambio climático. http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Climatologia/02.pdf.

Saénz-Romero, C., 2015. Efectos potenciales del cambio climático en los recursos forestales. La sabanización de las regiones continentales de México. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, 15 (30): 91-110.

Urbina-Torres, 1996. Aves rapaces de México. CONABIO. Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM. Morelos, México. 136 pp.

Van Perlo B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press. Princeton and Oxford. New Jersey E.U.A. 336 pp.

Van Young Eric, ed., 1992. México´s Regions, University of California, Center for U.S – Mexican Studies, San Diego, EUA.

Vázquez-Díaz, J. y G. E. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. CONABIO, CIEMA. Aguascalientes, México. 318 pp.

Villa R. B y F. Cervantes. 2003. Los mamíferos de México. Grupo editorial Iberoamérica/Instituto de Biología. UNAM. 140 pp.

Versión Pública

Villareal et al. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa Inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá. Colombia.

Villaseñor, J. L., & Ortiz, E., 2016. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 134-142.

Villers, L., Trejo, I., 2020, El Cambio Climático y la Vegetación en México. https://www.researchgate.net/publication/268372292.

Villers, L., Trejo, I., Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/villers.html

Wilson, L. D. y J. R. McCranie. 1979. Notes on the Herpetofauna of Two Mountain Ranges in México (Sierra Fría, Aguascalientes, and Sierra Morones, Zacatecas). Journal of Herpetology 13:271-278.

Wischmeier, W.H., 1977. Foreword, in Foster, G.R. (ed.). Soil Erosion: Prediction and Control. Soil Conservation Society of America. Ankeny, Iowa: vii-xii.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D.,1979. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA Agricultural Handbook N°53 7, 58 p.

WRB, 2014. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 203 p. Rome, Italy.

Yerena-Yamallel, J.I., Jiménez Pérez, J., Aguirre-Calderón, O.A., Treviño-Garz, E.J., 2012. Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México. BOSQUE 33(2): 145-152.

Versión Pública

VIII.3.5. Capítulo V. Referencias citadas y consultadas

Armienta M.A., Ongley L.K., Rodríguez R., Cruz O., Mango H. y Villaseñor G. (2008). Arsenic distribution in mesquite (Prosopis laevigata) and huizache (Acacia farnesiana) in the Zimapán mining area, México. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis 8:1-7.

Atlas Nacional de Riesgos, 2021. Centro Nacional de Prevención de Desasstres. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx; Consultado 20 de julio de 2021.

Bladé et al, 2014. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol. 30, Issue 1: 1-10.

Bojórquez-Tapia L.A., García, O., 1998. An approach for evaluating EIAS-deficiencies of EIA in Mexico. Environmental Impact Assessment Review 18(3): 217-240.

Canter, Larry W., 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudios de impacto. McGraw-Hill: Interamericana de España: 841 pp.

Carrillo-González R. (2005). Niveles de contaminación de los suelos y las plantas. En: González-Chávez M.C. Pérez Moreno J. y Carrillo-González R. Eds. El sistema planta-microorganismo-suelo en áreas contaminadas con residuos de minas, pp. 161 Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.

Carrillo-González R. y González-Chávez M.C.A. (2006). Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. Environmental Pollution 144:84-92.

Conesa Fernández-Vitora, V., 2010. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Mundi Prensa.

Díaz-Garduño M., Díaz-Osornio A., Carrillo-González R. y González-Chávez M.C. (2005). Plantas que se desarrollan en áreas contaminadas con residuos mineros. En: González-Chávez M.C., Pérez-Moreno J. y Carrillo-González R. Eds. El Sistema Planta-Microorganismo-Suelo en Áreas Contaminadas con Residuos de Minas, pp. 9-33, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Flores-Tavison E., Alarcon-Herrera M.T., González E.S. y Olguín E.J. (2003). Arsenic tolerating plants from mine sites and hot springs in the semi-arid region of Chihuahua, México. Acta biotechnol 23:113-119.

FloSolutions, 2021. San Nicolas Project, Hydrogeology. Supporting Information for MIA Submission. 125 pp.

Golder Associates Ltd., 2021. Air Quality Assessment San Nicolás Project, April 23, 2021.

Golder Associates Ltd., 2021. Updated Application Case Frequency Assessment for PM_{10} and $PM_{2.5}$.

Golder Associates Ltd., 2022. San Nicolas Project: Closure and Post Closure Water Balance Pit Lake Development and Watershed Yield. Technical Memorandum; 48 pp.

Gómez-Bernal, J. M., Santana-Carillo, J., Romero-Martin, F., Armienta-Hernández, M. A., Morton-Bermea, O., & Aurora Ruiz-Huerta, E. (2010). Plantas de sitios contaminados con desechos mineros en Taxco, Guerrero, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (87), 131-133.

Gómez-Orea, D., Gómez-Villarino, T., 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa Libros. 748 pp.

Versión Pública

González Chávez M.C., Pérez M.J. y Carillo-González R. (2005). El sistema planta-Microorganismo-suelo en áreas contaminadas con residuos de minas. Colegio de posgraduados. Texcoco, México.

Hernández-Acosta E., Mondragón-Romero E., Cristobal-Acevedo D., Rubiños Panta J.E. y Robledo-Santoyo. (2009). Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. Revista Chapingo Serie Forestal y del Ambiente 15:109- 14.

International Society of Explosive Engineers, 2011. Technical Literature Blasters Handbook.

Maldonado, C. H. (2016, August). Determinación de Metales en Plantas en algunas Zonas Mineras de Zacatecas. En V Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable.

Medrano, F. G. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Instituto Nacional de Ecología.

ISO 9613, 1996. Atenuación del Sonido durante la propagación en exteriores: 18 pp. (https://www.iso.org/standard/20649.html).

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación del 27 de marzo de 2015.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Diario Oficial de la Federación del 26 de diciembre de 2017.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 29 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 20 de agosto de 2019.

Versión Pública

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación del 27 de octubre de 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación 27 octubre 2021.

Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993. Establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 2003.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Versión Pública

Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” emitidos por fuentes fijas, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 03 de diciembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación del 10 de septiembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento de caracterización de jales mineros además de las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales. Diario Oficial de la Federación del 13 de septiembre de 2004.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio,

cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación del 2 de marzo de 2007.

Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009. Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 Agosto de 2011.

Orians, G y O. Solbrig., (1977). Convergent evolution in warm deserts. Dowden, Hutchinson y Ross, Inc. Stroudsbirg, Pennsylvania, EE.UU.333 pp.

Prieto-García F., Callejas H.J., Lechuga M.A., Gaytán J.C. y Barrado E.E. (2005). Acumulación en tejidos vegetales de Arsénico provenientes de aguas y suelos de Zimapán Estado de Hidalgo, México. Bioagro 17:129-135.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2021. Identificación, Descripción y Evaluación de Impactos Ambientales. http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html. Consultado el 21 de julio de 2021.

Versión Pública

VIII.3.6. Capítulo VI. Referencias citadas y consultadas

Briones, B., Perroni, Y., Castellanos, A.E., Estrada-Contreras, I., Martínez-Yrízar, A., Maya, Y., Montaño N.M., Pavón N., Yepez, E.A., 2018. Base de datos sobre almacenes y flujos de carbono en los matorrales y pastizales xerófilos de México. Elementos de Políticas Públicas 2 (3): 1-10.

Diario Oficial de la Federación, 2000. Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente. Diario Oficial de la Federación del 30 de mayo de 2000; Última reforma publicada en Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre de 2014.

Español-Echániz, I., 2016. Evaluación del Impacto Ambiental. Fundamentos. Editorial Dextra, 285 pp.

Gómez-Orea, D., Gómez-Villarino, T., 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa Libros. 748 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones

para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación del 10 de septiembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación del 2 de marzo de 2007.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Versión Pública

VIII.3.7. Capítulo VII. Referencias citadas y consultadas

Aguilar Ortega, F., 2018. Problemática de la calidad del agua que abastece a la zona conurbana Zacatecas-Guadalupe. Observatorio del desarrollo. Temas Críticos, 7 (21): 86-90.

Arriaga, L., 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. Investigación Ambiental 1 (1): 6-16.

Comisión Nacional del Agua, 2018a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Blanca (3228), Estado de Zacatecas. Diario Oficial de la Federación. México.

Comisión Nacional del Agua, 2018b. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Loreto (3229), Estado de Zacatecas. Diario Oficial de la Federación. México.

Comisión Nacional del Agua, 2020a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero La Blanca (3228) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p.

Comisión Nacional del Agua, 2020b. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Loreto (3229) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Loreto (3229) Estado de Zacatecas - Comisión Nacional del Agua. 36 p.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2021. Escenarios de Cambio Climático. https://datos.gob.mx/busca/dataset/escenarios-de-cambio-climatico. Consultado el 21 de julio de 2021.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022. Escenarios de Cambio Climático: Anomalías delta de cambio de 4 modelos de circulación general. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global. Consultado el 11 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Establece categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010; actualizada en Diario Oficial de la Federación del 14 de noviembre de 2019.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación el 2 de mayo de 2022.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación del 10 de septiembre de 2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación del 2 de marzo de 2007.

Robertson, A. & Shaw, S.C. (1998). Alternatives Analysis for Mine Development and Reclamation. Proceedings of the 22nd. Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium. 51-62.

Saénz-Romero, C., 2015. Efectos potenciales del cambio climático en los recursos forestales. La sabanización de las regiones continentales de México. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, 15 (30): 91-110.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2022. Guía para la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 71 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf . Consultado el 28 de febrero de 2023.

Soto, P., Lara, F. Portillo, L., Cianca, A. 2004. An overview of arsenic's groundwater occurrence in México, en XXXIII International Groundwater Congress of the International Association of Hydrogeologists (IAH), Zacatecas, México.

Versión Pública

Trejo, I., Hernández, J., Villers, L., Afectación de las comunidades vegetales de México ante el cambio climático. http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Climatologia/02.pdf.

Villers, L., Trejo, I., 2000, El Cambio Climático y la Vegetación en México. https://www.researchgate.net/publication/268372292.

Villers, L., Trejo, I., Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/villers.html.

Yerena-Yamallel, J.I., Jiménez Pérez, J., Aguirre-Calderón , O.A., Treviño-Garz, E.J., 2012. Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México. BOSQUE 33(2): 145-152.

Versión Pública