ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
MODALIDAD PARTICULAR

PROYECTO:

EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN EL CAUCE DEL RÍO RAMOS, SANTIAGO PAPASQUIARO, DURANGO

Victoria de Durango, Durango
JULIO 2026

CONTENIDO

I. INFORMACIÓN GENERAL ***1***

I.1 Proyecto **1**

I.1.1 Nombre 1

I.1.2 Ubicación y acceso 1

I.1.3 Vida útil 2

I.1.4 Promovente 2

I.1.5 Nombre o razón social 2

I.1.6 Registro Federal de Contribuyentes del promovente 2

I.1.7 Nombre y cargo del representante legal 2

I.1.8 Dirección del promovente o de su represéntate legal para recibir u oír notificaciones 2

I.2 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental **2**

I.2.1 Nombre o razón social 2

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP 2

I.2.3 Nombre del responsable técnico del estudio 2

I.2.4 Dirección del responsable del estudio 2

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ***3***

II.1 Información general **3**

II.1.1 Naturaleza 3

II.1.2 Selección del sitio 4

II.1.3 Ubicación física y planos de localización 4

II.1.4 Inversión requerida 6

II.1.5 Capital requerido 6

II.1.6 Costos de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales 6

II.1.7 Dimensiones 9

II.1.7.1 Superficie y volumen 9

II.1.7.2 Recarga de materiales pétreos (sedimentos) 9

II.1.7.3 Ubicación con respecto al tipo de propiedad 10

II.1.8 Uso actual de suelo y/o cuerpos de aguas en el sitio y en sus colindancias 10

II.1.9 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 12

II.2 Características particulares **12**

II.2.1 Programa general de trabajo 12

II.2.1.1 Preparación del sitio 13

II.2.1.2 Operación – mantenimiento 15

II.2.2 Tecnologías que se usarán para el control de emisiones y control de residuos 18

II.2.3 Etapa de abandono del sitio 18

II.2.4 Utilización de explosivos 18

II.2.5 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 18

II.2.5.1 Residuos sólidos 19

II.2.5.2 Residuos peligrosos 19

II.2.5.3 Residuos líquidos 19

II.2.5.4 Emisiones a la atmósfera 19

II.2.6 Infraestructura para el manejo y disposición adecuada de los residuos 20

II.2.6.1 Manejo de los residuos 20

II.2.6.2 Manejo de los residuos peligrosos 21

II.2.7 Otras fuentes de daño 21

II.2.8 Personal requerido 21

II.2.9 Requerimientos de energía 22

II.2.9.1 Electricidad 22
II.2.9.2 Combustible 22

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS EN MATERIA AMBIENTAL Y USO DEL SUELO 23

III.1 Programa de desarrollo municipal 23

III.2 Plan estatal de desarrollo 23

III.3 Plan de desarrollo nacional 23

III.4 Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales 24

III.5 Análisis de los instrumentos normativos 25

III.5.1 Leyes y sus reglamentos 25
III.5.1.1 Ley de Aguas Nacionales 25
III.5.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 25
III.5.1.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 26
III.5.1.4 Ley General de Vida Silvestre 26
III.5.1.5 Ley Minera 26
III.5.1.6 Ley Federal de Derechos 26
III.5.2 Normas Oficiales Mexicanas 26

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL 29

IV.1 Delimitación del área de influencia y su justificación 29

IV.1.1 Delimitación a nivel regional 29
IV.1.2 Delimitación a nivel sitio (puntual o local) 30

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental 31

IV.2.1 Medio abiótico 31
IV.2.1.1 Clima 31
IV.2.1.2 Geología 35
IV.2.1.3 Fisiografía 38
IV.2.1.4 Suelo 43
IV.2.1.5. Hidrología 48
IV.2.2 Medio biótico 52
IV.2.2.1 Vegetación 52
IV.2.2.2 Fauna 54
IV.2.3 Paisaje 58
IV.2.4 Medio socioeconómico 61
IV.2.4.1 Población 61
IV.2.4.2 Migración 61
IV.2.4.3 Empleo 62
IV.2.4.4 Educación 62
IV.2.4.5 Salud 62
IV.2.4.6 Economía 62
IV.2.4.7 Servicios públicos 63
IV.2.4.8 Vivienda 63
IV.2.4.9 Medios de comunicación 63
IV.2.5 Diagnostico ambiental 63
IV.2.5.1 Nivel local (sitio) 63
IV.2.5.2 Nivel regional o sistema ambiental 65
IV.2.5.3 Valoración del estado actual 66

IV.2.5.4 Síntesis 66

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 70

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos 70

V.1.1 Caracterización de la calidad ambiental 71
V.1.2 Normalización de variables ambientales 71
V.1.3 Índice de calidad ambiental 73
V.1.4 Indicadores de impacto ambiental 73
V.1.5 Predicción del impacto (simulación) 75
V.1.6 Caracterización de los impactos ambientales 78
V.1.6.1 Cuantificación 78
V.1.6.2 Identificación y globalización de los impactos adversos 85
V.1.7 Importancia de los impactos identificados 86

V.2 Justificación de la metodología utilizada en la evaluación de los impactos ambientales 89

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 91

VI.1 Descripción de la medida o programa de mitigación o correctivas por componente ambiental 91

VI.2 Medidas propuestas para cada elemento ambiental 91

VI.3 Programa de atención prioritaria 93

VI.3.1 Programa de rescate para la fauna 93
VI.3.2 Programa de restauración 98

VI.4 Actividades de mitigación, restauración y compensación por etapa 99

VI.5 Procedimientos para el cumplimiento, correcciones y ajuste de las medidas de mitigación propuestas 102

VI.6 Impactos Residuales 111

VI.7 Impactos sinergéticos y acumulativos 113

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 115

VII.1 Pronóstico de escenario 115

VII.2 Programa de vigilancia ambiental 120

VII.2.1 Objetivo 120
VII.2.2 Procedimientos para el control de calidad 121
VII.2.3 Seguimiento y supervisión 124

VII.3 Conclusiones 125

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS 126

VIII.1 Planos y documentos anexos 129

VIII.2 Fotografías 130

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 131

I. INFORMACIÓN GENERAL

I.1 Proyecto

I.1.1 Nombre

Extracción de materiales pétreos en el cauce del río Ramos, Santiago Papasquiaro, Durango

I.1.2 Ubicación y acceso

El sitio se localiza en el cauce del río Ramos al noroeste del estado de Durango. Su acceso se puede dar de la manera siguiente: se recorren 170.35 km de carretera pavimentada desde la ciudad de Durango a Santiago Papasquiaro, posteriormente se siguen 15.09 km por la carretera que comunica a la localidad de Atotonilco y finalmente a 8.92 km de terracería se puede llegar al cauce del río pasando el coleadero de José Salome Acosta (El Olote) para llegar al sitio donde se localizan los bancos de materiales pétreos. La representación física del sitio se puede observar con mayor detalle en la figura siguiente.

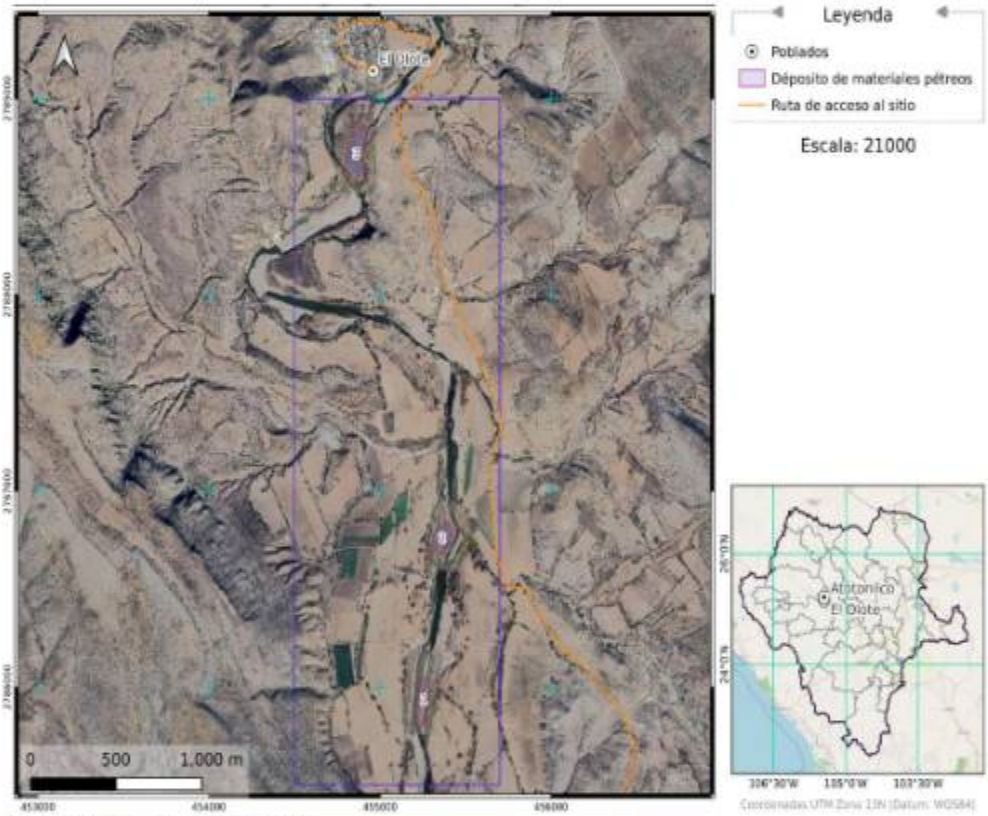


Ilustración I-1. Localización y acceso al sitio.

La infraestructura vial para tener acceso al sitio es la siguiente.

Cuadro I-1. Acceso al sitio.

Carretera (acceso)	Km	Tipo
Durango – Santiago Papasquiaro	170.35	Pavimento
Santiago Papasquiaro - Atotonilco	17.1	Pavimento
Atotonilco – José Salome Acosta (El Olote)	24.01	Pavimento - Terracería
Total	**211.46**	

I.1.3 Vida útil

El programa de aprovechamiento de los materiales pétreos considera la etapa de preparación del sitio, operación (extracción) - mantenimiento y el abandono definitivo; sin embargo, se ha considerado ampliar o reducir la vigencia en función de la disposición de los materiales por las diferentes condiciones climáticas, económicas (oferta y demanda), sociales (conflictos por el uso del suelo) y políticas (regulación en materia ambiental). Finalmente, para desarrollar las obras y actividades establecidas en el programa de trabajo se ha determinado una vida útil de **10 años**.

I.1.4 Promovente

La documentación legal que acredita la personalidad con que comparece el **Promovente**, se presenta en el **Anexo 1.**

I.1.5 Nombre o razón social

C. Krishna Arianda Herrera García.

I.1.6 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

I.1.7 Nombre y cargo del representante legal

No aplica

I.1.8 Dirección del promovente o de su represéntate legal para recibir u oír notificaciones

[redacted]

I.2 Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

I.2.1 Nombre o razón social

[redacted]

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

[redacted]

I.2.3 Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

I.2.4 Dirección del responsable del estudio

[redacted]

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general

Se pretende el aprovechamiento sustentable de los materiales pétreos en greña (piedra, grava, arena) en el cauce río Ramos, con el que se estará garantizando el libre flujo del agua a través de su cauce natural, evitando deslizamientos de las zonas anexas (desviaciones), inundaciones y azolve de estanques, con la consecuente reducción de su capacidad de almacenamiento. Además del cumplimiento de la normatividad ambiental, es necesario realizar una evaluación del impacto ambiental, la cual debe incluir actividades de mitigación, restauración, protección y mantenimiento de los impactos adversos que puedan presentarse a los componentes ambientales a nivel local y regional, además es requisito indispensable para solicitar la concesión correspondiente en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

II.1.1 Naturaleza

La extracción de materiales pétreos constituye una actividad estratégica para el sector de la construcción y, en consecuencia, para el desarrollo económico del país, al representar uno de los eslabones fundamentales en las obras de infraestructura civil. Por ello, resulta indispensable implementar un programa de explotación que optimicen al máximo el aprovechamiento de estos materiales, asegurando que lleguen en condiciones adecuadas a las plantas procesadoras y cumplan con los estándares de calidad exigidos por la industria de la construcción. Las obras y actividades están orientadas a garantizar que el proceso de **extracción de materiales pétreos** se realice con un impacto ambiental mínimo y con un rendimiento económico rentable, de tal manera que los productos finales contribuyan en satisfacer la demanda con obras civiles de calidad. En este sentido, se plantea un método de explotación de materiales pétreos depositados en el cauce por el escurrimiento superficial. Entre las principales actividades a evaluar desde el punto de vista de impacto ambiental se encuentra la granulometría y geometría de los depósitos dentro del cauce, así como la maquinaria utilizada. La **naturaleza** de las obras y actividades está dirigida al aprovechamiento de un volumen aproximado de **22,051.68 m³** de materiales pétreos en greña (arenas y gravas), localizados en **tres** depósitos del río Ramos, cuya finalidad principal es su comercialización. Los depósitos se encuentran delimitados conforme a la intención promovida ante la Dirección Local de la CONAGUA para la obtención del título de concesión correspondiente, con una superficie total de **4.234 ha** susceptible de aprovechamiento. La sustentabilidad de las obras y actividades se encuentra condicionada a la disponibilidad natural de los materiales pétreos, la cual depende de variables hidroclimáticas propias de la región, asociadas a fenómenos meteorológicos de carácter aleatorio que pueden generar periodos de abundancia o escasez. Adicionalmente, se ha realizado un análisis granulométrico en los depósitos con el fin de identificar las características sedimentológicas de los materiales pétreos. Asimismo, se llevará a cabo la batimetría del cauce (estudio hidráulico), lo que permitió métricas del caudal (gasto) y su comportamiento (nivel de inundación). Esta información es fundamental para definir un método eficiente de aprovechamiento sin que el cauce natural tenga desviaciones, así como para mejorar el rendimiento de los equipos y la maquinaria empleados en los procesos de extracción. Con relación al sistema hidráulico del cauce, se adoptarán medidas específicas para evitar el libre flujo y prevenir problemas asociados a procesos de erosión regresiva, entre las que destacan:

- Conservación de la pendiente longitudinal del cauce.
- No modificación del régimen de flujo del cauce.
- Mantenimiento de las condiciones originales del régimen de escurrimiento.
- No afectación de los procesos naturales de sedimentación del cauce.
- Disminución del riesgo de inundación o desbordamiento ante eventos de crecidas extraordinarias.
- Conservación del régimen sedimentológico del cauce, aun cuando de manera local se reduzca la magnitud del proceso en la zona de extracción.

La explotación y aprovechamiento de materiales pétreos en greña, objeto del presente estudio, tiene como finalidad principal obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental, requisito indispensable para continuar con la gestión del título de concesión para la extracción de materiales pétreos en un cauce federal, de conformidad con la **Ley de Aguas Nacionales**.

II.1.2 Selección del sitio

Los materiales pétreos se extraen de los depósitos que por condiciones físicas del cauce acumulan grandes volúmenes de sedimentos. La acumulación del material pétreo en el cauce puede obstruir el libre flujo del agua, provocando la modificación del cauce (desvíos), inundaciones y pérdida por deslizamiento de tierras agrícolas colindantes. La extracción o eliminación de montículos de materiales pétreos (sedimentos) mantiene el flujo del agua en su cauce natural (sección hidráulica). Los sitios seleccionados se encuentran ubicados en el **río Ramos** y para su selección, se consideraron los criterios siguientes:

Técnicos

- Depósito de materiales pétreos cada vez que ocurren crecidas del cauce.
- Características del material (granulometría) indicadas para la industria de la construcción.
- Espacio suficiente para maniobras al momento de su explotación.
- Caminos de acceso.

Financieros

- Bajos costos de explotación.
- Demanda del producto.
- Disponibilidad de concesión por parte de la CONAGUA.
- Rentabilidad económica en el transporte a los centros de venta.

Ambientales

- Deposición de estos materiales en el cauce hidráulico en épocas de crecidas.
- No requiere de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.
- La pendiente de estos depósitos es menos al 5%.
- Cumplimiento de la legislación en materia de impacto ambiental (LGEEPA).
- Cumplimiento de la legislación en materia de agua nacionales (LAN).

Sociales

- No existen zonas turísticas en funciones o potenciales cercanas.
- No existen zonas arqueológicas o de valor histórico cercanos.
- Promoverá fuentes de empleo (derrama económica).
- No existen conflictos sociales que pudieran poner en riesgo el aprovechamiento de los materiales pétreos.

II.1.3 Ubicación física y planos de localización

El sitio se localiza en el cauce del **río Ramos** al noroeste del estado de Durango y su acceso se puede dar de la siguiente manera: se recorren 170.35 km de carretera pavimentada desde la ciudad de Durango a Santiago Papasquiaro, posteriormente se siguen 17.1 km por la carretera que comunica a la localidad de Atotonilco y finalmente se recorre 8.92 km de terracería hasta llegar al cauce del río en el poblado José Salome Acosta (El Olote). La representación de las rutas de acceso al sitio se puede observar con mayor detalle en las figuras siguientes.

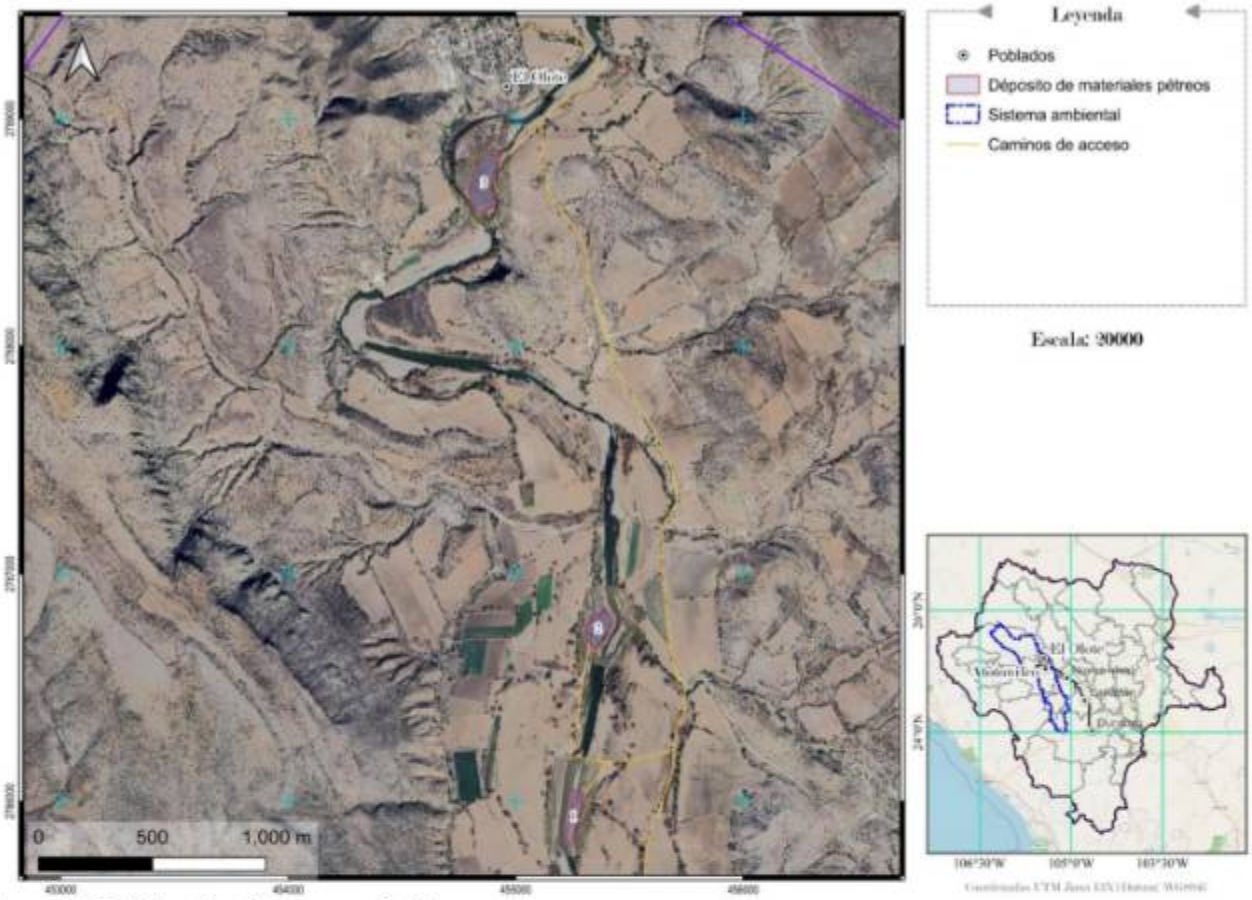


Ilustración II-1. Localización y acceso al sitio.

Las coordenadas geográficas de los vértices que delimitan los polígonos de los depósitos de materiales pétreos se encuentran en el cuadro siguiente.

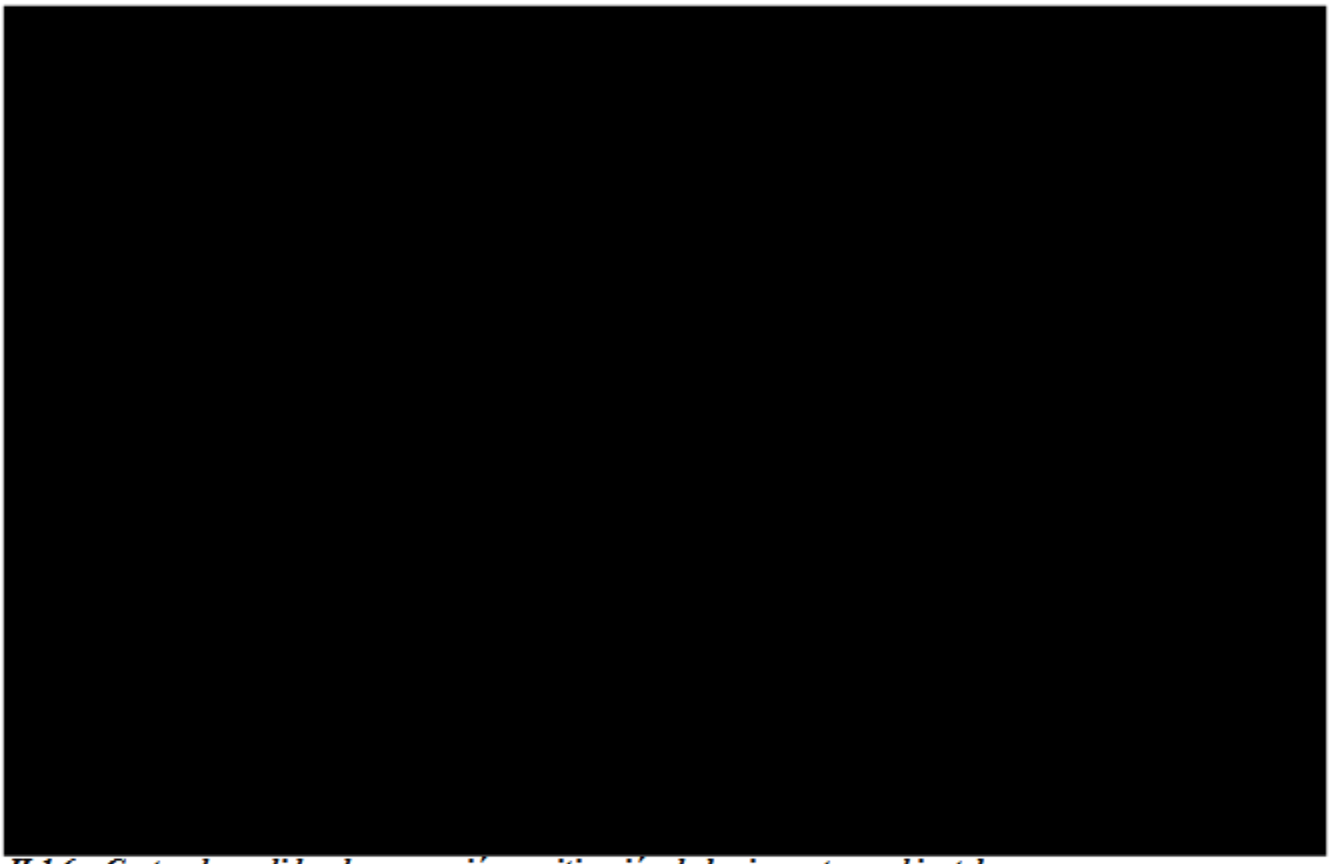
Cuadro II-1. Coordenadas geográficas de la ubicación de los depósitos de materiales pétreos.

Depósito	Vértice	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
		UTM (X)	UTM (Y)	Latitud	Longitud
1	1	455,244.0	2,785,800.0	25° 11' 15.528" N	105° 26' 39.123" W
1	2	455,218.0	2,785,842.0	25° 11' 16.911" N	105° 26' 40.068" W
1	3	455,255.0	2,786,050.0	25° 11' 23.652" N	105° 26' 38.747" W
1	4	455,299.0	2,786,034.0	25° 11' 23.140" N	105° 26' 37.190" W
2	1	455,349.0	2,786,666.0	25° 11' 43.695" N	105° 26' 35.466" W
2	2	455,313.0	2,786,713.0	25° 11' 45.239" N	105° 26' 36.752" W
2	3	455,307.0	2,786,769.0	25° 11' 47.051" N	105° 26' 36.985" W
2	4	455,393.0	2,786,848.0	25° 11' 49.611" N	105° 26' 33.932" W
2	5	455,431.0	2,786,792.0	25° 11' 47.816" N	105° 26' 32.549" W
3	1	454,908.0	2,788,616.0	25° 12' 47.064" N	105° 26' 51.462" W
3	2	454,840.0	2,788,583.0	25° 12' 45.980" N	105° 26' 53.889" W
3	3	454,796.0	2,788,669.0	25° 12' 48.764" N	105° 26' 55.482" W
3	4	454,818.0	2,788,773.0	25° 12' 52.154" N	105° 26' 54.706" W
3	5	454,881.0	2,788,858.0	25° 12' 54.918" N	105° 26' 52.447" W
3	6	454,932.0	2,788,856.0	25° 12' 54.864" N	105° 26' 50.616" W
3	7	454,888.0	2,788,703.0	25° 12' 49.892" N	105° 26' 52.170" W

II.1.4 Inversión requerida

La extracción de materiales pétreos tiene una inversión relativamente baja en comparación con otras actividades, debido principalmente a que las necesidades de maquinaria e insumos son mínimas, por tratarse de una materia prima para la industria de la construcción. Sin embargo, se ha considerado en los gastos de inversión aquellos conceptos que se utilizarán a lo largo de la vida útil, como: **i)** lo necesario para las gestiones administrativas (pago de derechos, pago de trámites, etc.); **ii)** lo relacionado con las actividades de operación (mano de obra, maquinaría, combustible, fletes, etc.); y **iii)** lo referente para llevar a cabo las medidas de prevención, mitigación y restauración ambiental.

II.1.5 Capital requerido



II.1.6 Costos de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales

Los costos de las medidas de prevención, mitigación y restauración se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro II-3. Costo de ejecutar las medidas de mitigación propuestas

Medida	Actividad	Costo anual
Atmósfera		
1. Cubrir los camiones que transporten el material pétreo con lonas para evitar la dispersión de polvos.	Uso de lonas al transportar el material pétreo.	$10,000.00
2. Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria utilizada.	Mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria utilizada.	$30,000.00
3. Para evitar que se generen polvos por el tránsito de los vehículos, se mantendrá una velocidad de 15 km/hr.	Capacitación del personal.	$10,000.00

4. Realizar el mantenimiento a los caminos de acceso.	Colocar material con buena permeabilidad y drenaje a la superficie de rodamiento de los caminos de acceso a rehabilitar, para reducir la erosión, la pérdida de materiales y generación de polvos, así como para disminuir la frecuencia de su mantenimiento y mejorar el confort del conductor.	$10,000.00
5. Los vehículos utilizados deberán contar con silenciador de ruido.	Mantenimiento vehicular.	$20,000.00
Fisiografía		
6. Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en las áreas autorizadas.	Supervisión mediante un asesor ambiental verificar que los trabajadores lleven a cabo las actividades en las áreas autorizadas y platicar con los trabajadores acerca de las implicaciones de no cumplir esta medida	$10,000.00
7. Suavizar las pendientes del sitio.	Estabilización de material resultante mediante empleo de maquinaria.	$10,000.00
8. Re-nivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural.		
Geología		
9. Realizar solo el aprovechamiento superficial de los materiales pétreos del área, no llegar al manto freático.	Supervisión mediante un asesor ambiental para verificar que la extracción no se esté realizando a nivel del manto freático y que en ningún momento se utilicen explosivos.	$5,000.00
10. No usar explosivos.		
11. Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en las áreas autorizadas.		
Suelos		
12. Se recolectarán en contenedores los residuos sólidos generados de las actividades y se depositarán semanalmente en el relleno sanitario de la ciudad de Durango.	Recolección y clasificación de residuos para su posterior disposición final de acuerdo a sus características.	$7,000.00
13. No se realizará la apertura de nuevos caminos.	Supervisión mediante un asesor ambiental para verificar que se utilicen los caminos propuestos en el MIAP.	$5,000.00
14. Se prohíbe realizar el mantenimiento de vehículos y maquinaria en el sitio, en caso de realizarlo por causas fortuitas se deberá evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo.	Costo incluido en la medida 2: mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo.	-
Hidrología		
15. Usar la infraestructura de los poblados cercanos y la ciudad de Durango para actividades de aseo personal y alimentación.	Los trabajadores que se contratarán serán de los poblados cercanos, se colocarán baños portátiles para uso del personal.	-
16 realizar las actividades de extracción de materiales en la época de estiaje.	Supervisión mediante asesor ambiental y capacitación del personal para cumplir con las medidas.	$10,000.00
17. Prohibición del vertimiento de materiales producto de cortes y excavaciones en zonas donde existan escurrimientos superficiales.		
18. Se deberá de re-nivelar las áreas donde se extrajo el material de forma que no queden fosas o pozos dentro de la superficie que puedan provocar el estancamiento de agua o cambio de urso del cauce		

19. El aprovechamiento de materiales pétreos debe hacerse por encima del nivel del manto freático.		
20. Al concluir las actividades de aprovechamiento se deberán de realizar actividades de restauración de la zona de explotación como lo es la protección de los taludes utilizando el matacán y piedras grandes que no se extraerán para darle macices.		
21. Se prohíbe el aprovechamiento de materiales fuera del cauce.	Manejo integral de residuos peligrosos desde su recolección hasta la disposición final.	$10,000.00
22. Se prohíbe obstaculizar el flujo libre del cauce con cualquier tipo de material.	Costo incluido en la supervisión mediante asesor ambiental y capacitación del personal.	-
23. Instalar sanitarios portátiles para uso por el personal y no descargar sus residuos en el cauce o suelo.	Renta de sanitarios portátiles.	$5,000.00
Biota: flora		
24. Prohibición de la compra, venta, captura, colecta o comercialización de flora silvestre.	Capacitación acerca del cuidado a la flora y fauna silvestre.	$3,000.00
25. Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la flora silvestre.	Costo incluido en la medida 23: capacitación acerca del cuidado a la flora y fauna silvestre.	-
26. Se prohíbe el derribo de la vegetación en las áreas aledañas al sitio.	Supervisión para verificar esta medida.	$7,000.00
Biota: fauna		
27. Ahuyentamiento temporal de la fauna antes de iniciar cualquier actividad.	Costo incluido en la medida 31: ejecución del programa de rescate y manejo para la conservación y protección de fauna.	-
28. Prohibición de la compra, venta, captura, colecta, comercialización, tráfico o caza de fauna silvestre.	Costo incluido en la medida 23: capacitación acerca del cuidado a la flora y fauna silvestre.	-
29. Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la fauna silvestre.	Costo incluido en la medida 23: capacitación acerca del cuidado a la flora y fauna silvestre.	-
30. Instalar 2 letreros alusivos a la protección de la fauna silvestre.	Colocación de carteles alusivos.	$3,000.00
Paisaje		
31. Realizar las obras por etapas, para una incorporación de la obra al paisaje de manera paulatina.	Supervisión mediante asesor ambiental para verificar que las actividades se realicen de manera paulatina.	$7,000.00
32. Aplicar un programa de abandono del sitio.	Realizar la estabilización de taludes, verificar que el cauce fluya libremente, etc.	$12,000.00
Social		
33. Realizar la contratación de obreros de la región.	Se contratará obreros de las localidades cercanas.	No aplica
34. Para prevenir accidentes se recomienda que los trabajadores utilicen equipo de protección personal y se cumplan con las Normas de Seguridad e Higiene.	Compra de equipo de seguridad personal para los trabajadores.	$10,000.00
35. Realizar el mantenimiento de caminos.	Costo incluido en la medida 4: mantenimiento de caminos.	$10,000.00

36. Acceso a servicios médicos (solo para los obreros).	Los trabajadores que se contraten contarán con seguro social.	No aplica

II.1.7 Dimensiones

II.1.7.1 Superficie y volumen

La naturaleza de las obras y actividades está orientada al aprovechamiento de un volumen total aproximado de **22,051.68 m³** de materiales pétreos en greña (arenas y gravas) para su comercialización en la industria de la construcción. Los depósitos se encuentran delimitados conforme a la intención promovida ante la Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua para la obtención de los títulos de concesión, abarcando una superficie total de **42,376.05 m²**. El proceso de extracción se realizará mediante excavaciones iniciadas desde la margen del área autorizada, avanzando en secciones lineales hacia el interior del cauce hasta alcanzar la profundidad previamente definida. Las actividades se desarrollarán en sentido de aguas abajo hacia aguas arriba, con el fin de mantener condiciones hidráulicas adecuadas durante el aprovechamiento. De manera prácticamente simultánea, el material pétreo en greña será cargado en camiones de volteo para su traslado a la zona de clasificación, donde se llevará a cabo su procesamiento y posterior comercialización. El avance gradual del aprovechamiento por secciones estará condicionado a la demanda existente en el mercado, destacando que en ningún caso se excederá el volumen anual que, en su caso, concesione la Comisión Nacional del Agua. El volumen estimado de los depósitos resultó a partir del **estudio topográfico y granulométrico** (**Anexo 8**) y de manera resumida se presenta en el cuadro siguiente;

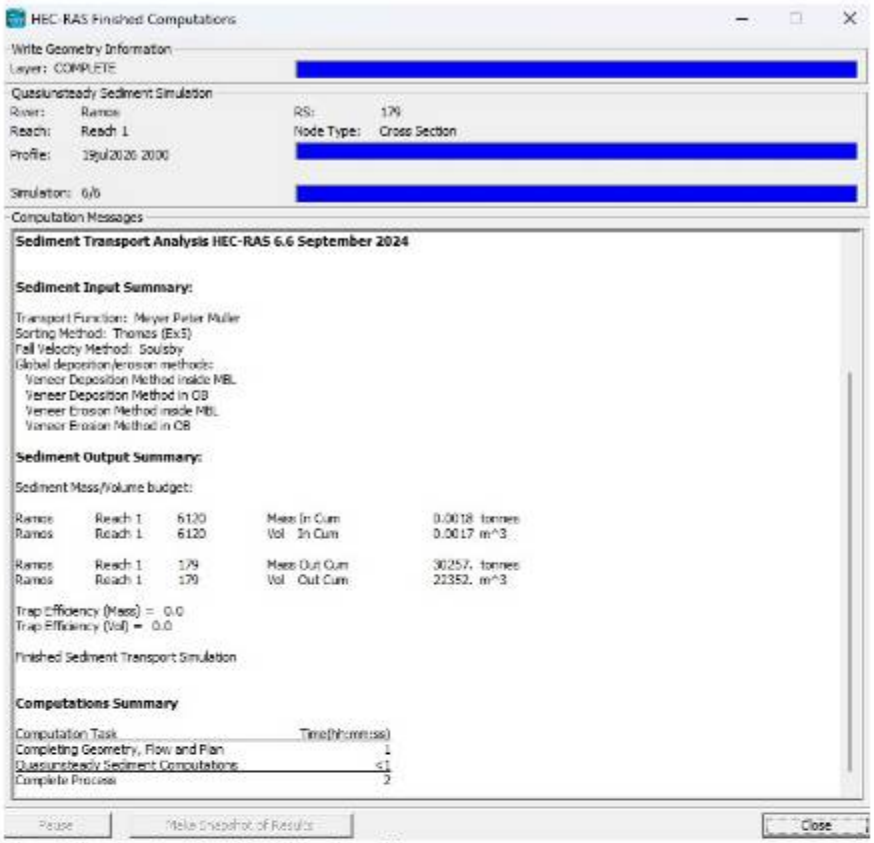
Cuadro II-4. Volumen de materiales pétreos estimado por cada depósito.

Depósito	Superficie (m²)	Volumen (m³)
BMP01	21,650.18	13,116.99
BMP02	11,639.55	6,099.14
BMP03	9,054.54	2,835.55
Total	42,344.27	22,051.68

El aprovechamiento de los materiales pétreos se realizará de manera gradual y controlado durante un **periodo operativo** de **siete meses** (temporada de bajas precipitaciones), conforme a las condiciones de operación, logística y demanda en el mercado, estimándose un volumen promedio **mensual** aproximadamente **1,873.86 m³** para el banco BMP01, **871.31 m³** para el banco BMP02 y **405.08 m³** para el banco BMP03, lo que representa un volumen promedio mensual total de **3,150.24 m³**. Asimismo, el desglose técnico del aprovechamiento por estaciones, incluyendo las áreas de corte, las distancias entre secciones, los volúmenes estimados de extracción, así como la ubicación y trazo de los perfiles longitudinales definidos a lo largo de los depósitos se observan en el **Anexos 8**. Lo anterior permite identificar la geometría del cauce, la distribución espacial de las estaciones y los puntos de control considerados para el análisis técnico e hidráulico.

II.1.7.2 Recarga de materiales pétreos (sedimentos)

El análisis de la carga de sedimentos en los depósitos se realizó mediante una simulación hidráulica de la dinámica de transporte y deposición en el software libre **HEC-RAS** (Versión 7.0). A partir de esta simulación es posible confirmar que la capacidad de carga (**22,352.0 m³**) es superior al volumen cubicado en campo (**22,051.68 m³**), asegurando la reposición natural anual de arenas a partir de variables hidrometereológicas y físicas del cauce (pendiente, rugosidad, etc.). La metodología de cálculo se presenta en el **Anexo 9** y los resultados de la simulación se confirman en el entorno de HEC-RAS siguiente.



Cuadro II-5. Resultados de la simulación hidráulica de sedimentos.

En vista de los resultados del cuadro anterior, para los **tres** depósitos el volumen de sedimentos estimado con el software HEC-RAS es mayor, respecto al volumen contabilizado en campo a través del estudio topográfico. Lo anterior asegura que en el corto plazo no se tendrá impactos ambientales adversos del cauce por sobreexplotación de las gravas y arenas.

II.1.7.3 Ubicación con respecto al tipo de propiedad

Los depósitos de materiales pétreos se localizan en el cauce federal del **río Ramos** y en el plano del Anexo 2.2 se muestra su ubicación física y las coordenadas geográficas de los vértices que delimitan los polígonos (Cuadro II-1).

II.1.8 Uso actual de suelo y/o cuerpos de aguas en el sitio y en sus colindancias

Para la región, específicamente en el municipio de Durango, la agricultura resulta fundamental en la economía regional, dado que la productividad de las otras actividades se encuentra a un nivel sumamente bajo (minería, fruticultura, ganadería, forestal, etc.). En general el uso de suelo prevaleciente en la región se puede describir de la manera siguiente.

a) Uso agrícola

El tipo de suelo dominante en la región está formado principalmente por regiones dedicadas a los diferentes tipos de agricultura, debido a que la topografía y la orografía local lo permiten. La siembra de maíz y frijol es practicada por un gran número de habitantes de esta zona como una actividad de autoconsumo y venta, considerándose esta actividad como la actividad económica principal.

b) Uso forestal

Este tipo de vegetación en la región está formado por asociaciones de bosques de pino, bosques de encino y la mezcla de ambos con un uso destinado a la producción forestal maderable, así lo evidencian los Programas de Manejo Forestal

de los municipios de **Santiago Papasquiaro** y **Tepehuanes**. Las principales especies maderables que se aprovechan corresponden a los géneros *Pinus* sp y *Quercus* sp.

c) Uso pecuario

En cuanto al uso pecuario, en la región se práctica la ganadería extensiva y la superficie dedicada a esta actividad converge con la superficie forestal y agrícola, dado que los habitantes de la región no cuentan con terrenos de agostadero bien delimitados y el ganado (bovino y equino principalmente) se encuentra pastoreando libremente.

d) Uso minero

A nivel regional existen zonas en dónde se ha venido practicando la minería desde la época de la colonia. Sin embargo, la delimitación y uso de los terrenos con potencial para la minería se encuentran debidamente concesionados e identificados en la Secretaría de Economía a través títulos o concesiones mineras.

e) Uso actual del sitio

El uso actual del suelo en el sitio donde se desarrollarán las obras y actividades de extracción de materiales pétreos corresponde a un tramo del cauce del río Ramos, cuya función principal es conducir la escorrentía de las aguas superficiales. No obstante, debido a la baja pendiente del cauce, la presencia de agua es de carácter permanente en los depósitos. Las colindancias del área de estudio se localizan en su totalidad dentro de terrenos pertenecientes al ejido San Andrés de Atotonilco, donde predominan parcelas de cultivo de temporal, así como el centro de población del ejido hacia el sector oeste, tal como se aprecia en la imagen satelital. Únicamente los límites definidos aguas arriba y aguas abajo corresponden a zona federal asociada al cauce del río, la vista general del cauce y sus márgenes se presenta a continuación.



Ilustración II-2. Río aguas arriba y aguas abajo que corresponden a cauce y zona federal.

II.1.9 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El personal que participará en las obras y actividades será contratado principalmente en la ciudad de Santiago Papasquiaro y de los núcleos agrarios San Andrés de Atotonilco por lo que no será necesaria la instalación de campamentos, ya que al término de la jornada laboral el personal regresará a sus domicilios. El área de estudio se localiza en el municipio de Santiago Papasquiaro, Dgo., dentro del ejido San Andrés de Atotonilco y colinda en una de sus secciones con el centro de población, lo que facilita el acceso a servicios básicos y de apoyo, tales como atención médica, telefonía, vías de comunicación y otros servicios urbanos disponibles en la ciudad de Santiago Papasquiaro.

La maquinaria utilizada empleará exclusivamente los caminos existentes para la carga y transporte del material pétreo, el cual será trasladado a sitios de acopio y venta dentro del municipio. El suministro de combustibles y el mantenimiento de los equipos se realizará en talleres de la ciudad de Santiago Papasquiaro, los cuales se encargarán también del manejo de los residuos peligrosos generados. Las obras y actividades no requieren energía eléctrica, agua, campamentos, oficinas ni talleres en el sitio. Para los servicios sanitarios se contratarán sanitarios portátiles mediante una empresa autorizada, responsable de su mantenimiento y disposición final. Los residuos sólidos se dispondrán en el relleno sanitario de la ciudad de Santiago Papasquiaro.

II.2 Características particulares

Se pretende realizar el aprovechamiento de **3 depósitos** de materiales pétreos para abastecer la demanda de la industria de la construcción en las poblaciones cercanas y en la cabecera municipal. Se plantea una vida útil de **10 años**, pudiéndose reducir o ampliar, según la acumulación anual del material.

II.2.1 Programa general de trabajo

El programa general de trabajo tendrá una vigencia de 10 años y el aprovechamiento del material será en la época de estiaje, cuando no hay crecidas del cauce. Considerando las obras y actividades a desarrollarse, éstas se agrupan en **tres** etapas: ***preparación del sitio***, se realizará el acondicionamiento de los accesos (caminos ya existentes), delimitación de los polígonos de extracción, la limpieza de los sitios y despalme y nivelación; ***etapa de operación - mantenimiento***, se refiere a los trabajos relacionados con la extracción del material, cribado (en su caso), cargado (camiones de volteo) y transporte; y el ***abandono del sitio***, que consiste en realizar trabajos encaminados a mitigar y restaurar los impactos ambientales del sitio, así como a la elaboración de un informe de cierre. El programa general de trabajo presentado deberá de repetirse cuantos años sean autorizados por parte de CONAGUA para el aprovechamiento de los materiales pétreos.

Cuadro II-6. Programa general de trabajo acotado a un año.

Etapa	Actividad	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Las actividades solo se iniciará una vez que se tenga autorización de la SEMARNAT y CONAGUA													
Preparación del sitio	Acondicionamiento de caminos de acceso												
	Delimitación de los polígonos de los depósitos												
	Limpieza del sitio												
	Despalme y nivelación												
Operación y mantenimiento	Despalme y extracción												
	Cribado y cargue												
	Transporte												
	Mantenimiento de la maquinaria												
Abandono del sitio	Retiro de maquinaria												
	Elaboración del informe de cierre												

Se platea que el programa de trabajo sea cíclico durante la vigencia de la autorización y en los meses de julio agosto y septiembre se interrumpe todas las actividades.

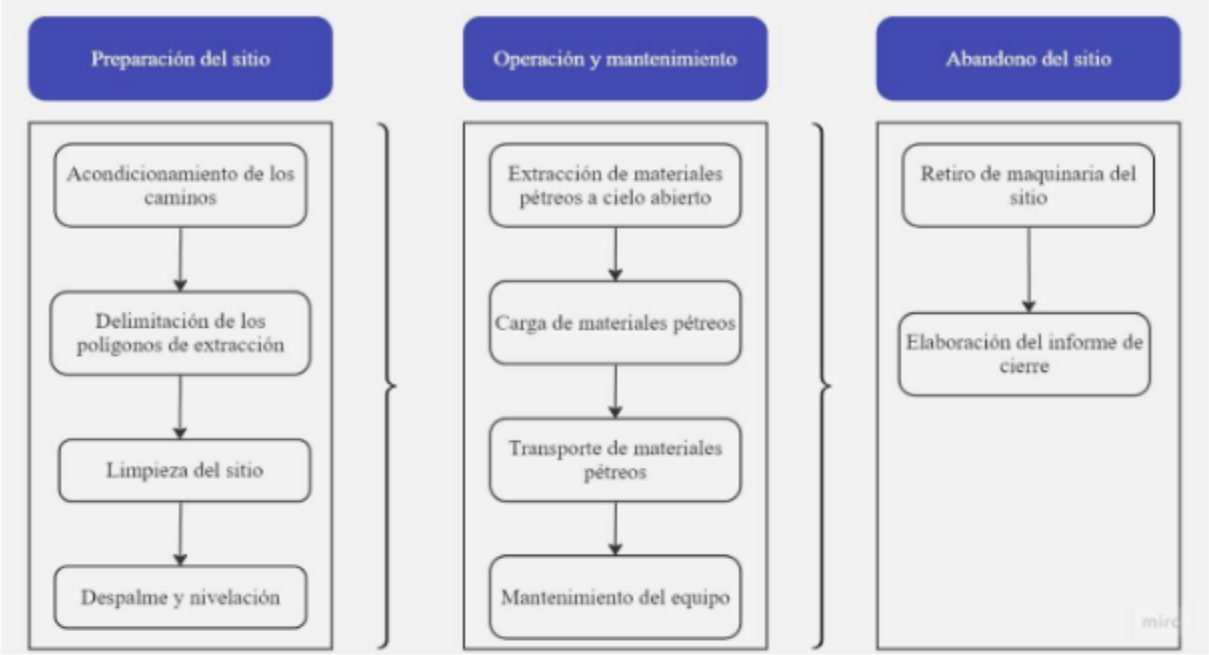


Ilustración II-3. Diagrama de flujo de las etapas medulares para la extracción y aprovechamiento de los materiales.

II.2.1.1 Preparación del sitio

La descripción de las actividades que se realizarán en la preparación del sitio son las siguientes:

II.2.1.1.1 Acondicionamiento de los caminos de acceso

Los caminos existentes que serán usados para el acceso a los depósitos de materiales pétreos son caminos vecinales para actividades económicas de la región (servidumbre de paso para parcelas agrícolas y de agostadero). Se trata de brechas de acceso se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, al momento de iniciar con la preparación del sitio, será necesario realizar un acondicionamiento del tipo preventivo, ya que en la etapa de operación estarán en uso continuo; y así, se garantizará un acceso libre y seguro, evitando daños a los vehículos, ahorrando tiempos y por tanto recursos económicos. El acondicionamiento consistirá en rastrear con un "Ripper" de un tractor D-5 tipo Caterpillar (o similar) la calzada de rodamiento de la brecha, solo en el caso que lo amerite de acuerdo con sus pendientes trazadas. En aquellas zonas que por su poca capa no permita hacerlo, se rellenara todos los hoyos (baches) con materiales pétreos. Además, se restablecerán las contra cunetas para el desvío de las aguas pluviales. No se afectará superficies que no se encuentre delimitada como área de vía del camino, es decir habrá remoción de vegetación. No es necesario el acondicionamiento de caminos entre los bancos de materiales y el patio maniobras.

II.2.1.1.2 Delimitación de los polígonos de los depósitos de materiales pétreos

En esta etapa es importante delimitar el polígono de cada depósito de materiales antes de iniciar con el aprovechamiento de las gravas y arenas con el objetivo de permitir el cauce libre del agua. Esta actividad se realiza con señalamientos que sean visibles y fáciles de identificar durante la temporada de explotación de los materiales pétreos. Tales señalamientos pueden tratarse de rasgos físicos naturales, o de ser el caso señalamientos de madera con flagelas fosforescentes, los cuales deberán ser colocados en los vértices de los polígonos concesionado al inicio y final de dicho tramo y deberán ser retirados una vez se terminen los trabajos de extracción del material.

II.2.1.1.3 Limpieza del sitio

Los depósitos deberán ser acondicionados y limpiados previo a su aprovechamiento, la limpieza se refiere a quitar todos aquellos residuos (basura, troncos, entre otros) que han sido arrastrados con las crecientes del cauce y solo en el caso de que existan. La disposición de los residuos sólidos se realizará en el relleno sanitario de la cabecera municipal,

mientras que, para los residuos vegetales (madera, jarillas secas), serán utilizados en los márgenes de cauce para ayudar en la estabilización de taludes (en su caso).

II.2.1.1.4 Despalme y nivelación

Para iniciar con el aprovechamiento de los materiales pétreos, es necesario eliminar la capa superficial cuyo espesor es aproximadamente de 5 cm dependiendo de las características de depósito del material. La maquinaría a utilizar será una retroexcavadora Caterpillar (o similar) con el objetivo de suavizar la pendiente del talud del cauce natural y evitar la erosión y deslizamientos hacia el área hidráulica natural (espejo de agua). El material removido producto del despalme se incluyó dentro del volumen estimado para cada depósito, si bien al eliminar la capa superficial los materiales contienen materiales aprovechables estos deberán ser colocados en los márgenes del cauce para proteger los desbordamientos del talud natural.

II.2.1.1.5 Construcción de obras mineras

Por naturaleza de las actividades **NO** es necesario la construcción de obras mineras temporales o permanentes, debido a que únicamente se trata de la explotación de materiales pétreos en un depósito dentro del cauce natural y para realizar esta actividad solo se ocupa maquinaría menor móvil. Sin embargo, para dar cumplimiento al numeral *II.2.4 de la guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular sector Minero*, la maquinaría que será utilizada en esta etapa es la siguiente.

Retroexcavadora

Consiste en un balde de excavación en el extremo de un brazo hidráulico articulado de dos partes. Se montan normalmente en la parte posterior de un tractor o cargador frontal. La máquina hunde sobre el terreno una cuchara con la que arranca los materiales que arrastra y deposita en su interior. La retroexcavadora, incide sobre el terreno excavando de arriba hacia abajo. Es utilizada para trabajar el movimiento de tierras a nivel inferior al plano de apoyo, o un poco superior a éste. No se necesita construir infraestructura de apoyo para la operación de esta máquina, su estructura total es movible y se transporta por sí misma.

Criba adaptada

Rejilla metálica utilizada para separar partículas de piedra de gran tamaño, se considera un método mecánico selectivo inicial, únicamente separar fragmentos demasiado grandes (roca principalmente). Podrá utilizarse de manera simultánea al cargado de los vehículos de acarreo, estando colocada en la parte superior de éstos o en el terreno (superficie del patio de maniobras). Las características y dimensiones de la criba dependen de la demanda del tipo de material y tipo de vehículos de transporte. En los dos casos anteriores, no se necesita de obras asociadas para su operación, siendo totalmente movible y para su transporte sólo será necesario colocarla en alguno de los camiones o en la superficie.

Camiones de carga

Serán utilizados camiones tipo volteo de 6 m^3 de capacidad, éstos entrarán y saldrán de los depósitos a través de los caminos de acceso. Su flujo estará en función de la disposición de los materiales pétreos en el sitio y de la oferta y demanda de estos materiales.

II.2.1.1.6 Construcción de obras asociadas

Debido a la naturaleza de las obras y actividades y por tratarse de materiales pétreos no es necesario la construcción de obras asociadas, provisionales o de servicio, debido a que las actividades se llevarán a cabo a cielo abierto por medios mecánicos con una retroexcavadora con jornadas diarias con una duración menor a 8 horas. Para su acceso se utilizarán los caminos vecinales y por la cercanía del sitio a los centros urbanos, **no será necesario la construcción de comedores, campamentos, sanitarios, talleres de mantenimiento, entre otros**; ya que todas las necesidades (servicios de mantenimiento y combustible) serán cubiertas en la cabecera municipal.

Caminos de acceso y vialidades

No hay necesidad de abrir caminos nuevos, puesto que se aprovecharán los caminos vecinales ya existentes, los cuales se han abierto para servidumbre de paso entre los poblados que inciden en el área de influencia. En la etapa de preparación del sitio será necesario su acondicionamiento y un mantenimiento periódico durante la etapa de operación dependiendo del tránsito de los vehículos de acarreo. El material necesario para la nivelación o bacheo del camino será obtenido del mismo depósito de materiales pétreos.

Servicio médico y respuesta a emergencias

Los servicios médicos para atender emergencias están establecidos en las localidades cercanas, y en caso, de presentarse una emergencia se trasladará hasta la cabecera municipal, donde se encuentran clínicas particulares, IMSS e ISSSTE. Además, se tendrá un botiquín de primeros auxilios con el material mínimo indispensable para la atención *in-situ* de emergencias.

Almacenes, recipientes, bodegas y talleres

En el sitio se realiza la carga directa del material a los vehículos de transporte, no será necesaria la construcción de almacenes de combustibles, maquinarias y de materiales pétreos, respecto al mantenimiento a la maquinaría y vehículos, esté será en los talleres especializados de la cabecera municipal. En caso de generarse algún tipo de residuo (solidos, manejo especial o peligroso) serán almacenados en contenedores con tapa y etiqueta de identificación y serán dispuestos en los centros de acopio autorizados.

Campamentos, dormitorios y comedores

Debido a las dimensiones de las obras y actividades y duración en el sitio, no se requiere de campamentos, dormitorios *in situ*, debido a su cercanía con los centros urbanos, además de que la plantilla de trabajadores es muy reducida y el tiempo de regresar a sus hogares es menos de una hora.

Instalaciones sanitarias

Se instalará un baño portátil para su uso en el sitio y su mantenimiento y operación será por una empresa especializada que presta este tipo de servicio.

Tratamiento de aguas residuales

Por naturaleza de las obras y actividades no se generan aguas residuales en el sitio.

Suministro de agua

El agua potable requerida será obtenida de los poblados cercanos, pues la cantidad es mínima limitada únicamente al consumo humano, así como para el mantenimiento de los motores de los vehículos utilizados, misma que será almacenada en garrafones de 19 litros.

Abastecimiento de energía eléctrica

Por naturaleza de las obras y actividades no se requiere de energía eléctrica.

II.2.1.2 Operación – mantenimiento

La operación de las obras y actividades será una vez que la maquinaria se encuentre en el sitio. El diagrama de flujo para esta comprende: i) despalme y extracción; ii) cargue en los vehículos; iii) cribado y transporte a los centros de acopio y demanda y; iv) mantenimiento de la maquinaria, como muestra en la ilustración siguiente.



Ilustración II-4. Diagrama de flujo en la etapa de operación y mantenimiento.

II.2.1.2.1 Despalme y extracción

El despalme y extracción del material será a cielo abierto por medios mecánicos (excavadora), el método utilizado para la explotación del depósito será iniciando en las orillas del cauce natural cercano al espejo de agua en secciones lineales paralelo al cauce hasta alcanzar la profundidad deseada sin que aflore el agua. Esta actividad se realizará con una retroexcavadora móvil que dejará montículos de gravas y arenas para su posterior cribado. Esta actividad será diurna en jornadas de trabajo menores a 8 horas. La **retroexcavadora** utilizada tiene las características siguientes:

- **Tractor**. Especialmente configurado que sirve de vehículo y de elemento de apoyo a la herramienta de trabajo. Este tractor está provisto de un contrapeso (del cual hace parte el motor) cuya función es equilibrar los grandes momentos generados durante la operación por la carga, los cuales tienden a desestabilizar la máquina.
- **Cargador delantero o cucharón**. Es el recipiente en el cual se deposita el material excavado. Está provisto de dientes en su borde para facilitar el despalme de los materiales.
- **Cucharón trasero**. Es un cubo excavador montado en la parte trasera.
- **Sistema hidráulico**. Es el conjunto de circuitos hidráulicos que controlan el movimiento de todos los cilindros antes descritos.

La máquina hunde sobre el terreno la cuchara (delantera o trasera) con la que arranca los materiales que arrastra y deposita en su interior, una vez consolidada la carga, los materiales pueden ser depositados directamente en los camiones de transporte o sobre la criba establecida en la superficie y posteriormente hacer la carga de los camiones.

II.2.1.2.2 Cribado y carga del material

Una vez que el material fue despalmado y acumulado dentro del depósito se realiza el cribado y cargue de manera mecánica en los camiones de volteo, esta actividad se realiza con el cucharon frontal de la retroexcavadora. El material que no pasa la criba es acumulado en el mismo sitio y posteriormente con la misma retroexcavadora depositado en los márgenes del cauce natural como una medida de protección del talud. Los caminos de volteo tienen las características siguientes:

- La carrocería principal del camión de volteo está anclada con un eje debajo de la cabina y de uno a tres ejes por debajo de la caja de volteo. Tiene una puerta posterior que es abatible en la parte inferior, de modo que se abrirá automáticamente cuando se esté vertiendo el material. El mecanismo de vertido está accionado hidráulicamente con el fin de evitar problemas de compresión que a veces pueden ser encontrados al utilizar sistemas neumáticos. El motor del camión de volteo puede ser de gasolina o diésel. El funcionamiento de vertido utiliza los pistones hidráulicos para levantar el extremo de la caja de volteo que está más cerca de la cabina. Esto hace que la caja de volteo completa se incline, vertiendo lo que está contenido dentro de ella.

Los materiales en greña objetivo de explotación y comercialización son gravas y arenas, siendo la grava el material que por lo general se encuentra en mayor cantidad, éste puede encontrarse mezclado de cantos (piedras) de tal manera que en algunos casos se requiere una selección del material mediante la separación (cribado) para su comercialización. Para tal efecto la separación será mediante cribas, que consisten en una malla metálica de tramado apropiado al nivel de grano de la arena extraída y deseada. La malla será colocada en una superficie metálica que la sostendrán inclinada, en donde se avienta el material extraído para que se separe en rocas y grava o arena.

II.2.1.2.3 Transporte al centro de acopio

Los camiones utilizados en el transporte de los materiales pétreos serán de tipo volteo ya que por las condiciones del terreno son los vehículos que mejor desempeño pueden presentar. Se establecerán bitácoras de salida del material como lo establece el formato 10B- REPORTE DIARIO DE EXTRACCION DE MATERIALES de la CONAGUA para cuantificar el volumen explotado. Cabe mencionar que cada camión que pretenda cargar deberá ser inspeccionado de manera anticipada para evitar que estos presenten fugas de aceite que llegará a presentar como se describe en el apartado de medidas de prevención y mitigación. Una vez realizada la carga, esta será tapada con lonas impermeables para evitar su dispersión durante su recorrido a los centros de abasto.

II.2.1.2.4 Mantenimiento de la maquinaria

El mantenimiento de la retroexcavadora y los vehículos de transporte del material se realizará en los talleres mecánicos de la cabecera municipal. El tipo de mantenimiento es el siguiente:

I. Maquinaria

El mantenimiento a la maquinaria y vehículos se realizará en talleres mecánicos de la cabecera municipal. Para asegurar que el equipo se encuentra en óptimas condiciones, lo mantenimientos se realizarán de forma periódica (cada 6 meses), evitando de esta manera la generación de contaminación atmosférica y por tanto ahorrando tiempos y movimientos. En caso de que se presente la necesidad de hacer algún mantenimiento en el sitio, se realizará lejos de los cuerpos de agua, empleando charolas para la recuperación de derrames, para evitar la contaminación del suelo, subsuelo y cuerpos de agua. El material colectado será manejado como residuo peligroso y trasladado a un centro de acopio de la cabecera municipal. La criba requiere de actividades limpieza y mantenimiento manual. El material retirado es depositado en el sitio determinado para este fin, por lo que las actividades de limpieza y mantenimiento a la criba no representan una fuente de contaminación.

II. Camiones de volteo

Al igual que la retroexcavadora los camiones funcionan con un sistema de combustión interna, que acciona el sistema hidráulico para el vertido; cuenta con silenciadores de fábrica, y se les dará mantenimiento preventivo para garantizar el mínimo de emisiones de gases provenientes de la combustión.

III. Criba

Su uso dependerá del criterio del material de interés, básicamente es una rejilla de metal que se sobrepondrá a la carroza de los camiones para separar los materiales que no son de interés comercial.

IV. Camino de acceso

Una de las actividades de mantenimiento importantes de los caminos de bajo tránsito es mantener el **drenaje** de los escurrimientos controlado, pues constituye el factor más importante que puede afectar la calidad del agua, la erosión y los costos de mantenimiento. Las principales acciones de mantenimiento del camino son:

Control del drenaje superficial. El agua superficial de la calzada debe controlarse mediante medidas de drenaje positivas usando secciones **con peralte hacia afuera, peralte hacia adentro**, o de coronamiento del camino.

Relleno de baches y grietas. Esta actividad de mantenimiento es muy frecuente en los caminos y su principal causa es por las precipitaciones que golpean directamente con el suelo desnudo ocasionando estancamientos de agua o canalillos, éstas se rehabilitan o se recuperan por medio de su mantenimiento preventivo con el material adecuado (suelo con la granulometría adecuada para el desalojo de agua), por medio de un tractor o una motoniveladora para formar los peraltes adecuados a la configuración del terreno.

Cunetas. En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje pluvial, deberá contar con canales para el desalojo del agua hacia las laterales. Estos canales deberán estar libres de piedras y restos vegetales para evitar el desbordamiento del agua hacia la calzada de rodamiento de los caminos de acceso.

V. Control de malezas o fauna nociva

Dadas las características del sitio no se desarrolla maleza de importancia (rápido crecimiento), por lo que, en caso de presentarse alguna especie arbustiva, esta será retirada en forma manual, de ninguna manera se utilizarán herbicidas, ni fuego como método de control. No existe fauna nociva (roedores) por lo que no es necesaria la aplicación de un control mediante el uso de trampas o ratoneras.

II.2.2 Tecnologías que se usarán para el control de emisiones y control de residuos

El funcionamiento del tractor de la retroexcavadora es por combustión interna, mientras que el funcionamiento de las cucharas es una combinación del sistema eléctrico e hidráulico proveniente de la misma combustión generada en el tractor. La máquina cuenta con los silenciadores de su diseño industrial, garantizando que el ruido producido por su funcionamiento es el mínimo. Además de que, se llevará un mantenimiento preventivo para garantizar que la combustión sea lo más eficiente posible. Deberá contar con una cabina antivuelco y que proteja al operador de la inhalación del polvo producido durante la operación. Los ruidos producidos por la maquinaría no interferirán con las actividades de los poblados, ya que será en horarios establecidos y en el transcurso del día, no se realizarán actividades nocturnas que pudieran afectar los hábitos de la fauna silvestre nocturna. La cabina debe también, proteger al operador del ruido de la máquina y contra el estrés térmico o la insolación en verano.

II.2.3 Etapa de abandono del sitio

La vida útil está en función de la cantidad de depósito, lo cual a su vez está en función de las condiciones climatológicas (precipitación y escurrimiento) y del periodo de concesión otorgado por la CONAGUA, además de la tasa de explotación que se le dé. Debe tomarse en cuenta que existirán dos momentos de abandono del sitio: el primero, abandono individual, para cada uno de los depósitos; y el segundo, el definitivo, una vez que todos los depósitos se han explotado. En ambos casos, las actividades de post - operación iniciarán una vez que el banco de materiales se agote, es decir que los materiales no sean de la calidad requerida, o bien antes de la temporada de lluvias.

1. Abandono de los depósitos.

Dado que no se construirán obras (cimientos, bases de concreto, casetas, y demás) se estima un periodo de dos semanas para efectuar el retiro de la maquinaría, suavizar el talud del depósito y aplicar el programa de medidas de mitigación (restauración) para prevenir los azolves y desvió del cauce natural.

2. Abandono definitivo del sitio.

Una vez agotada la vida útil de los depósitos, se procederá a realizar las actividades del abandono del sitio. Las actividades están encaminada a la rehabilitación, restitución o compensación de los impactos adversos generados.

Rehabilitación. Actividades tendientes a rehabilitar y estabilizar el área hidráulica, evitando en un futuro deslizamientos del talud natural del río, inundaciones y azolves.

Restitución. Para el aprovechamiento del material no se requiere de tener ningún tipo de edificación o equipo fijo en el sitio, por lo que solamente a su término se dejará el sitio en condiciones naturales para permitir el libre flujo del agua en su cauce natural.

Compensación. Debido a que el objetivo de la extracción del material es generar un buen drenaje sobre el área hidráulica, no es factible realizar medidas de compensación adicionales. Solo se aprovechará el material que se deposita cada año, por lo que esta tasa de arrastre será determinada en la simulación hidráulica realizada con el software libre HEC-RAS.

II.2.4 Utilización de explosivos

Por naturaleza de las obras y actividades **no es necesario el uso de explosivos,** el despalme se realizará con maquinaría hidráulica.

II.2.5 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

La generación de los residuos sólidos, líquidos, así como las emisiones a la atmósfera, estará en función de la tasa de aprovechamiento de los materiales pétreos; identificándose una mayor presencia de personal durante las etapas de operación y mantenimiento, siendo menor la presencia humana durante la etapa de preparación y abandono del sitio. La disposición de los residuos se dará en el relleno sanitario municipal (según sea el tipo de residuo), para su tratamiento y confinamiento final. A continuación, se indican los residuos que se pronostica serán generados por etapa.

II.2.5.1 Residuos sólidos

Al no existir vegetación sobre el cauce del río no se no hay remoción, por consiguiente, no se generarán residuos vegetales. Sin embargo, se espera que se generen residuos como: plástico, botellas de plástico o vidrio, latas (principalmente), papel, residuos de comida, y papel higiénico. Considerando **5 trabajadores** aproximadamente se realizaron las estimaciones como se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro II-7. Estimación de los residuos generados por persona.

Etapas	Bolsas de plástico	Papel	Botella de plástico	Residuos de comida	Envoltura productos (varios)	Utensilios de plástico	Botella de vidrió	Papel higiénico
Preparación del sitio	13.69	9.13	22.81	13.68	13.68	13.68	18.25	45.62
Operación y mantenimiento	27.38	18.25	45.62	27.37	27.37	27.37	36.5	91.25
Abandono	13.69	9.13	22.81	13.68	13.68	13.68	18.25	45.62
Kg/total	54.75	36.5	91.25	54.75	54.75	54.75	73	182.5

II.2.5.2 Residuos peligrosos

El mantenimiento de la maquinaria se realizará en los talleres mecánicos especializados de la cabecera municipal, para asegurar que el equipo se encuentre en óptimas condiciones y evitar una contingencia en los frentes de trabajo. Los talleres utilizados, deberán asegurar el depósito de los aceites y grasas usados en un almacén especial para residuos peligrosos y posteriormente enviarlos a su confinamiento final a los centros de acopio autorizados en el estado de Durango.

II.2.5.3 Residuos líquidos

La principal fuente de residuos líquidos no peligrosos proviene del agua que es utilizada para beber (3 l/día-humano, aproximadamente). Respecto al agua utilizada en el aseo e higiene personal, no se prevé su generación, ya que todo el personal cubrirá sus necesidades de aseo en sus hogares de su residencia.

II.2.5.4 Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera se generarán principalmente por la maquinaría a utilizar (retroexcavadora, vehículos de transporte) y se pueden identificar en tres tipos: gases de combustión, emisiones de ruido y emisiones de polvo. En ningún caso se prevé rebasen las normas oficiales en la materia.

II.2.5.4.1 Gases de combustión

El uso de la maquinaria y vehículos emitirán gases de combustión; sin embargo, no es factible realizar una estimación de los gases a producirse. Por lo que se ha plantado advertir la generación excesiva de estos gases, a través del mantenimiento preventivo de la maquinaria y vehículos a utilizarse, como medida de protección al ambiente, toda vez que, está comprobado que el mantenimiento a los motores de combustión interna permite disminuir la cantidad y calidad de los gases tóxicos emitidos a la atmósfera mientras circulan. El mantenimiento preventivo se dará de manera semestral y en caso de ser necesario podrá ser en menor tiempo, el mantenimiento se dará en talleres establecidos en las ciudades cercanas.

II.2.5.4.2 Emisiones de ruido

La fuente principal de emisión del ruido serán el equipo y/o maquinaria, no es factible la cuantificación de los ruidos generados; sin embargo, se plantea mitigar los impactos (al personal) con el uso de protección auditiva (cabina de la maquinaría). Las actividades generadoras de ruido están programadas para horarios de la mañana y tarde, por lo que la gran mayoría de la fauna se encuentra activa, y al generarse el ruido tenderán a alejarse a un sitio más tranquilo. Por su parte, en cuanto a las emisiones de ruido será de la manera siguiente:

a) Intensidad en decibeles (Db) y duración del ruido en cada una de las etapas

La principal fuente de emisiones de ruido a la atmósfera será la maquinaria utilizada en la preparación del sitio y operación - construcción. Por lo que los ruidos emitidos no podrán rebasar los niveles que se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro II-8. Fuentes y niveles de ruido según la Ley Federal de Protección al Ambiente.

Fuente	Nivel de ruido pico dB(A)	A 15 m de la fuente dB(A)	A 60 m de la fuente dB(A)	A 120 m de la fuente dB(A)
Pick up	92	72	66	50
Camión de volteo	108	88	82	70
Retroexcavadora	104	73-86	67-80	55-68
Tractor	107	87-102	81-96	69-84
Motoconformadora	108	88-91	82-85	70-73
Niveles máximos permitidos dB(A) por peso vehicular a 15 m de distancia de la fuente emisora *	Hasta 3000 kg	Más de 300 Kg y hasta 1000 Kg	Más de 10000 Kg	-

**Fuente: Ley Federal de Protección al Ambiente. Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido*.

Para dar cumplimiento con lo anterior será necesario el mantenimiento preventivo y verificar que toda la maquinaria y vehículos empleados durante la preparación del sitio y construcción estén en condiciones adecuadas. En general todos los equipos cuentan con silenciadores para minimizar el ruido que este se produce cuando están en operación. Las fuentes principales emisoras de ruido serán las siguientes:

- **Retroexcavadora**. Cuenta con silenciadores de fábrica.
- **Camiones de volteo**. Cuenta con silenciadores de fábrica.

II.2.5.4.3 Emisiones de polvo

En esta etapa los caminos de acceso a los bancos generarán polvo, no es posible tener una aproximación de la generación de polvo, por lo que se plantea que las emisiones serán minimizadas con el mantenimiento preventivo de los caminos de acceso. La frecuencia estimada del paso de los vehículos es de 2 a tres camiones de volteo por día.

II.2.6 Infraestructura para el manejo y disposición adecuada de los residuos

II.2.6.1 Manejo de los residuos

Se instalarán contenedores para el depósito de los residuos generados, donde se almacenará semanalmente la basura inorgánica para luego ser transportada hasta el relleno sanitario del municipio, para su tratamiento y confinamiento final.



Ilustración II-5. Ejemplo de contenedores para los residuos sólidos y peligrosos.

II.2.6.2 Manejo de los residuos peligrosos

Por naturaleza de las obras y actividades no se generarán residuos considerados como peligrosos, ya que la maquinaria y vehículos utilizados, deberán estar en óptimas condiciones de operación en el sitio; en el caso de necesitar mantenimiento, éste será en los talleres de la cabecera municipal. En caso de llegar a realizar algún tipo de mantenimiento correctivo en el sitio, todos los residuos peligrosos que se generen serán recolectados en recipientes adecuados para posteriormente ser entregados en los depósitos autorizados en la cabecera municipal para su confinamiento final.

II.2.7 Otras fuentes de daño

En las condiciones bajo las cuales se plantea operar las obras y actividades no se tiene visualizado otra fuente de daños por contaminación térmica, radiactiva, o lumínica al ambiente. Puesto que no se utilizarán equipos, herramientas o aparatos que pudieran causar esos tipos de contaminación. Los posibles daños que se pueden llegar a presentar son de tipo funcional, como los siguientes:

- **Caída** del conductor al subir o bajar del tractor.
- **Golpes o quedar atrapado** con la carga cuando se mueve el brazo para cargar el camión.
- **Vuelco** de la retroexcavadora por acercamiento excesivo a zanjas.
- **Sobreesfuerzos** por malas posturas forzadas y repetitivas, condiciones de los caminos de acceso a la zona de trabajo.
- **Electrocución** por puesta en contacto del brazo de la máquina con cableado eléctrico.
- **Incendios** por sobrecalentamiento del motor y manejo de líquidos inflamables.

II.2.8 Personal requerido

En las etapas de operación - mantenimiento, se contará con un total de 5 trabajadores, éste personal tendrá jornadas laborales en un turno de lunes a sábado y con diferentes categorías:

Cuadro II-9. Personal requerido

MANO DE OBRA	
RESPONSABILIDAD	**CANTIDAD**
Operador de la excavadora	1
Chofer de volteo	1
Personal de apoyo	1
Personal encargado del cribado	2
TOTAL:	**5**

El personal que estará a cargo en las diferentes actividades se distribuye como se muestra en el cuadro siguiente, considerando el turno asignado:

Cuadro II-10. Turno y horario de trabajo.

Turno	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total Horas
1	09:00 - 17:00	5	5	5	5	5	5	240
Total		**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	5	**240**

La cantidad de trabajadores será de 5 personas y se estima que, por cada empleo directo, de forma indirecta, se generan seis empleos más en la región, por lo cual estaría desarrollando alrededor de 30 empleos eventuales.

II.2.9 Requerimientos de energía

II.2.9.1 Electricidad

Por naturaleza de las obras y actividades no se requiere del servicio de energía eléctrica en el sitio.

II.2.9.2 Combustible

Las sustancias y productos a emplearse en el desarrollo de las obras y actividades en cada etapa se refieren únicamente a los combustibles utilizados por la maquinaria y vehículos que se utilizarán en la preparación del sitio y operación - mantenimiento. Debido a que el sitio se localiza cercano a las estaciones de suministro de estos combustibles, no hay necesidad de establecer campamentos, centros de insumos, talleres, centros para la atención de emergencias u otras obras asociadas que requieran de sustancias e insumos especiales (i.e; residuos peligrosos, explosivos, biológicos, etc.). En general la descripción de las sustancias que se utilizaran por etapa se describe en el cuadro siguiente.

Cuadro II-11. Sustancias utilizadas.

Substancia	Descripción	Uso en las etapas
Diésel	Combustible hidrocarburo líquido. Producto obtenido de la destilación del petróleo crudo, destinado para motores de ciclo diésel. Las características físicas y químicas son: Nombre químico: Mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, ciclo parafínicos y aromáticos con Nº de átomos de carbono en el rango C14-C20 Estado físico: Líquido amarillo, de olor característico e inflamable. Punto de ebullición: 150 a 370 C Punto de inflamación: 54 C Temperatura de autoignición: > 250 C Presión de vapor (mmHg): 2,6 Peso específico del líquido (agua=1): < 1 Peso específico del vapor (aire=1): >> 1 Solubilidad en agua: Insoluble	Este producto es utilizado como combustible para motores de porte mediano, como la maquinaría utilizada en el transporte de material. Se adquirirán en las estaciones de servicio de la ciudad de Victoria de Durango. Se prevé que la mayor cantidad utilizada de este combustible será en la etapa de preparación – construcción.
Gasolina	La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos, inflamables y volátiles logrados tras la destilación del petróleo crudo. La características físicas y químicas son: Nombre químico: Tetraetilo de plomo Estado físico: Es líquido y trasparente, apariencia y olor característico parafínica aromático inflamable. Punto de inflamación: - 43 ºC. Temperatura de autoignición: 280 ºC a 456 ºC. Propiedades explosivas: el límite inferior de explosividad es de 1.2%, y superior es de 7.6%. Presión de vapor: a 38 ºC 8 a 10PS1 Densidad de vapor: 3 a 4 veces más pesado que el aire va a 736 < 768 kg/m³	Tradicionalmente se le emplea como combustible en los motores de explosión interna con encendido de chispa convencional, o en su defecto, por comprensión y también como disolvente. Este combustible se utilizará principalmente en la preparación del sitio y en el transporte de equipos menores, personal obrero, equipos, etc. Su abasto será en las estaciones de servicio de la ciudad de Victoria de Durango. Se prevé que la mayor cantidad utilizada de este combustible será en la etapa de preparación - construcción.

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS EN MATERIA AMBIENTAL Y USO DEL SUELO

Las obras y actividades para la explotación de los materiales pétreos fueron analizadas a través de los diferentes instrumentos de planeación y ordenamiento ecológico del territorio. La revisión de los criterios legales y ambientales se hizo de manera exhaustiva, partiendo del *Plan Nacional de Desarrollo 2025 – 2030* (Gobierno de la República, 2026), al mismo tiempo analizando el *Plan Estatal de Desarrollo 2023 – 2028*, y tomando la determinación de la viabilidad en base al *Programa de Desarrollo Municipal* y al *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales para el estado de Durango.* En un ejercicio complementario, se revisaron las *leyes, reglamento y normas oficiales* que se vinculan con las obras y actividades.

III.1 Programa de desarrollo municipal

La política general de desarrollo del municipio de **Santiago Papasquiaro** pretende crear las condiciones para impulsar las actividades productivas en las regiones rurales y, con ello fortalecer las relaciones comerciales y de servicios para sus habitantes a través del apoyo en la creación de la infraestructura básica (caminos, electricidad, servicios urbanos, vivienda, educación, etc.). El *Programa de Desarrollo Municipal* tiene como objetivo propiciar el desarrollo económico del municipio; administrar los recursos naturales renovables y no renovables existentes en su territorio, con base en una adecuada y oportuna planeación e instrumentación de infraestructura para lograr un desarrollo sustentable con la participación coordinada de los sectores públicos, privados y la sociedad. En este sentido no hay limitantes en el programa de desarrollo municipal para la creación de infraestructura civil mediante el aprovechamiento y comercialización de los materiales pétreos en la industria de la construcción. Además, en su eje **IV. Santiago Competitivo Productivo y Eficiente**, guarda congruencia con el eje estatal Durango Competitivo, Prospero y de Oportunidades al impulsar el desarrollo económico al emprendimiento la diversificación productiva, las vocaciones regionales y la atracción de inversión. Por tanto, las obras y actividades son vinculantes con el desarrollo económico en el municipio a través del abasto de materias primas para la industria de la construcción.

III.2 Plan estatal de desarrollo

De acuerdo con el análisis del Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2023 – 2028 el estado de durango busca impulsar la inversión pública y privada, para la generación de empleos y mayores oportunidades de crecimiento económico, para lo cual dentro de su eje rector Durango Competitivo, Próspero y de Oportunidades plantea lo siguiente:

Vivienda Adecuada y Comunidades con Bienestar

Objetivo. Garantizar el derecho a una vivienda adecuada como base de la estabilidad y la seguridad de las familias.

Estrategia. Mejorar la calidad y espacios de las viviendas de las familias en condición de carencia social.

Líneas de acción: Mejorar la calidad y la habitabilidad de las viviendas mediante la **construcción** de pisos firmes, sustitución de techos de materiales precarios y la construcción y rehabilitación de muros seguros, con acabados que incrementen su durabilidad.

Estrategia. Impulsar la competitividad de los principales sectores económicos.

Líneas de Acción. Mejorar la competitividad de productos regionales y establecer una coordinación con los municipios para potenciar las actividades productivas y proyectos regionales.

Las obras y actividades se alinean a la demanda de materias primas en la industria de la construcción mediante el aprovechamiento sustentable de los materiales pétreos en el cauce y zona federal.

III.3 Plan de desarrollo nacional

El desarrollo sustentable debe ser la piedra angular de todas las actividades económicas, por ello, las estrategias para diseñar las obras y actividades se han diseñado bajo el principio de integrar tres componentes fundamentales: beneficio

social, desarrollo económico y protección del medio ambiente. Esta visión busca garantizar un crecimiento equilibrado que atienda tanto las necesidades de las comunidades como la preservación de los ecosistemas a largo plazo, asegurando así un desarrollo que no comprometa las generaciones futuras. En este contexto, las obras y actividades propuestas están alineadas con los objetivos del **Plan Nacional de Desarrollo 2025 - 2030 (PND)**, que promueve el desarrollo regional de las zonas rurales, focalizando esfuerzos en integrar las actividades económicas dentro de un marco de sustentabilidad. Esto implica no solo la promoción y desarrollo económico regional, sino también el fortalecimiento de las instituciones locales y la ampliación de la base tecnológica en las regiones rurales. La estrategia busca fomentar un crecimiento económico sostenible mediante la creación de **empleos locales** y la preservación de los recursos naturales. Una de las prioridades del PND es la reactivación económica, con un enfoque claro en el fortalecimiento del mercado interno y la creación de empleos productivos, estables y bien remunerados. Este objetivo se complementa con una política de recuperación salarial que impulse el poder adquisitivo de la población. En este sentido, las obras y actividades contribuyen directamente a estos objetivos nacionales, ya que no solo reactivan la economía de la región, sino que también generan empleos bien remunerados y permanentes, promoviendo el desarrollo regional y mejorando las condiciones de vida de los habitantes de las áreas rurales. La creación de empleos directos e indirectos por las obras y actividades representa una oportunidad para mejorar la calidad de vida en las comunidades locales, al proporcionar fuentes de ingresos estables que contribuyen a la reducción de la pobreza y a la igualdad de oportunidades. Adicionalmente, con el enfoque sustentable se asegura que estos beneficios se alcancen sin comprometer el entorno natural, respetando las regulaciones ambientales y promoviendo la restauración de los ecosistemas degradados.

- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) vinculados**

ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): La generación de empleos contribuye a la mejora de las condiciones de vida de las familias y el crecimiento económico local.

ODS 12 (Producción y consumo responsables): El enfoque sustentable del aprovechamiento y beneficio de los recursos minerales y el cumplimiento con las regulaciones ambientales asegura un beneficio social, derrama económica regional y cuidado del medio ambiente.

ODS 13 (Acción por el clima): Las medidas de mitigación de las emisiones de CO_2 y los programas de restauración de los ecosistemas naturales contribuyen a la mitigación del cambio climático en la región.

ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres): A través de la implementación de estrategias de restauración del suelo y agua, se contribuirá a la preservación y restauración de la biodiversidad local.

En resumen, las obras y actividades propuestas no solo están alineadas con los objetivos del **PND**, sino que también refuerzan los principios del desarrollo sustentable y contribuyen al cumplimiento de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**. A través de un enfoque integral que combina crecimiento económico, bienestar social y protección ambiental, se constituye una oportunidad estratégica para impulsar el desarrollo sostenido en las zonas rurales de Durango, al tiempo que genera empleos de calidad y contribuye a la reactivación económica del estado.

III.4 Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales

Las obras y actividades propuestas son compatibles con las políticas y estrategias establecidas en el *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales para el estado de Durango*, donde se establece que la importancia de un verdadero desarrollo económico radica en la protección y la conservación del medio ambiente porque el cuidado del patrimonio natural es una responsabilidad compartida con la humanidad y, ante todo, un compromiso con la sociedad actual y futura. La correcta utilización de las riquezas naturales es en sí misma es una vía de desarrollo gracias a las innumerables oportunidades productivas que se abren con el aprovechamiento sustentable de recursos renovables y no renovables, del patrimonio biológico, el ecoturismo y muchas otras actividades compatibles entre propósitos ambientales y sociales. Con ello, se buscará que los incrementos en productividad y el crecimiento de la economía estén vinculados con una menor emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), una menor degradación ambiental, una mayor

contribución del valor de los bienes ambientales en el PIB y la **creación de empleos verdes formales**, beneficiando particularmente a grupos de población que habitan en regiones vulnerables y/o de alta y muy alta marginación.

III.5 Análisis de los instrumentos normativos

III.5.1 Leyes y sus reglamentos

III.5.1.1 Ley de Aguas Nacionales

La *Ley de Aguas Nacionales* (LAN, 2014), establece que quienes pretendan aprovechar materiales pétreos dentro de un cauce federal, se requiere la autorización de la CONAGUA de dos instrumentos: i) concesión para la extracción de materiales (CNA-01-005) y ii) concesión para la ocupación de terrenos federales (CNA-01-006); los cuales tienen sus bases legales en los *artículos 21, 21 BIS, 22, 113, 113 BIS, 118 primer y segundo párrafos y 118 BIS*. También fueron analizados los *artículos 192 A y 236*, que determinan los costos por su aprovechamiento; asimismo, fueron analizados los artículos *119 y 120* que describen las infracciones y sanciones administrativas en la materia.

Se considera lo establecido en los *artículos 174 y 175 de su reglamento* referente al otorgamiento de las concesiones; y el *artículo 176*, que dice:

*La **extracción de materiales pétreos** sólo se podrá concesionar en los cauces y vasos, siempre y cuando no se afecten las zonas de protección o seguridad de los mismos. "La Comisión" no expedirá concesiones para la explotación de materiales pétreos de las riberas o zonas federales de los cauces y vasos de propiedad nacional.*

Para el otorgamiento de concesiones para la extracción de materiales en cauces o vasos, se estará a lo siguiente:

I. En el caso de cauces cuyas características hidráulicas impidan la extracción de los materiales desde una de las márgenes, el concesionario deberá emplear procedimientos mecánicos que no afecten el libre flujo de la corriente.

II. En el caso de corrientes intermitentes, la extracción no deberá modificar en forma perjudicial la sección hidráulica natural, ni afectar los márgenes, la zona federal o la zona de protección.

III. Los concesionarios para la extracción de materiales pétreos deberán recuperar los bancos de acuerdo con las condiciones ambientales y de paisaje de la zona donde se localicen, para lo cual deberán devolver al sitio los materiales resultados del despalme y, en su caso, el producto de excavaciones, mediante nivelaciones o cortes que faciliten la revegetación, de acuerdo con las normas que al efecto emita "La Comisión".

Las concesiones para la extracción de materiales pétreos podrán ser objeto de concurso, de acuerdo a las bases que para tal efecto se publiquen, en las cuales se considerará la explotación racional de los materiales y la mejoría de las condiciones hidráulicas del tramo concesionado. Las concesiones se podrán otorgar por volumen o por el período de extracción solicitado.

III.5.1.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La *Ley General de Equilibrio y la Protección al Ambiente* (LGEEPA, 2021) en su *artículo 5º. Fracción II otorga atribuciones a la Federación para la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal*. Así mismo, la *Ley General de la Administración Pública Federal en* su *artículo 32 bis, fracción XI atribuye a la SEMARNAT evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental*. De esta forma, y aplicando lo establecido en los *artículos 5 fracción X, 28 fracción XIII, y 30 de la LGEEPA y artículos 4 fracción I, 5 inciso R), fracción II de su reglamento*

en materia de impacto ambiental (R-LGEEPA-IA, 2000). La Secretaría realizará en sus tiempos y términos aplicables la evaluación de impacto ambiental del presente estudio.

III.5.1.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

En las diferentes etapas de la obra, se producirán residuos de diversas características, como: residuos vegetales, padecería de papel, cartón, vidrio, metal, material impregnado con grasas y aceites, etc. Por tanto, éstos serán almacenados temporalmente dentro de recipientes y, serán manejados por una empresa especializada y autorizada por la SEMARNAT; la Promovente será la encargada de llevarlos a los sitios autorizados para su confinamiento y/o su posible reciclaje. Se dará cumplimiento a los *artículos 18 y 20 de esta Ley*, para clasificar los residuos sólidos urbanos, y con el objeto de prevenir y reducir riesgos a la salud y al ambiente, se deberán de considerar algunos de los factores enmarcados en el *artículo 21*, asimismo se cumplirá con artículos que aplique en la presente ley (LGPGIR, 2015).

III.5.1.4 Ley General de Vida Silvestre

La fauna silvestre en ningún momento será afectada de manera directa por las actividades a desarrollar; sin embargo, fue pertinente realizar un inventario de la fauna; tomando en cuenta los artículos del *capítulo I - Especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación (artículos 56, 57, 58 y 61) de la Ley General de Vida Silvestre* (LGVS, 2015).

III.5.1.5 Ley Minera

Según su *artículo 5 de la Ley Minera* (LM, 2012) *se exceptúan de la aplicación de la presente Ley:*

I. El petróleo y los demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, que se encuentren en el subsuelo; Fracción reformada DOF 26-06-2006, 11-08-2014;

II. Los minerales radiactivos;

III. Las sustancias contenidas en suspensión o disolución por aguas subterráneas, siempre que no provengan de un depósito mineral distinto de los componentes de los terrenos;

IV. ***Las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin****;*

III.5.1.6 Ley Federal de Derechos

Se identificó lo relacionado con el pago de los trámites según los *artículos 3, 192-A fracción I, II; y 192-D*; mientras que lo relacionado con el pago de los trámites en materia de impacto ambiental se contiene en los *artículos 194-H, 194-J, 194-M*.

III.5.2 Normas Oficiales Mexicanas

La vinculación de las obras y actividades con las NOM aplicables se describe de la manera siguiente.

NOM	*Contenido*	*Vinculación*
Para la emisión de gases contaminantes producidos por vehículos automotores y fuentes fija		
NOM-041-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes de los escapes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Se deberá realizar un mantenimiento periódico de la vehículos, maquinaria y equipo a emplear. También se deberán vigilar los niveles de emisiones por la maquinaria empleada, así como los generadores de energía que empleen gasolina como combustible durante todas las etapas.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.	
NOM-085-SEMARNAT-2005	Contaminación atmosférica-fuentes fijas. Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o	No se utilizarán fuentes de energía fija que usen combustibles fósiles

NOM	*Contenido*	*Vinculación*
	cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.	
NOM-086-SEMARNAT-2005	Contaminación atmosférica. Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en las fuentes fijas y móviles.	Se utilizará, maquinaria y vehículos de combustión interna a base de combustibles fósiles, se deberán tener un programa de mantenimiento preventivo.
	Para la emisión de ruido por vehículos y fuentes fijas	
NOM-011-STPS-2001	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.	Se trabajará con maquinaria pesada, la cual emite niveles sonoros, estos deben estar determinados a lo que establece la norma, para preservar la salud contra el daño auditivo del trabajador.
NOM-080-STPS-1993	Higiene industrial-Medio ambiente laboral. Determina el nivel sonoro continuo equivalente al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo.	Se trabajará con maquinaria pesada, la cual emite niveles sonoros, estos deben estar determinados por la norma, para preservar la salud contra el daño auditivo del trabajador.
NOM-080-ECOL-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes de los escapes de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Se dará mantenimiento periódico a la maquinaria y equipo utilizado, así como dotar al personal que labore de equipo de protección contra el ruido.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	
	Para la protección del personal	
NOM-004-STPS-1999	Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipos que se utilicen en los centros de trabajo.	Los trabajadores deberán usar el equipo necesario para proteger y prevenir riesgos de trabajo.
NOM-006-STPS-2000	Manejo y almacenamiento de materiales, condiciones y procedimientos de seguridad.	Se deberán identificar los riesgos potenciales de sustancias químicas peligrosas presentes en la obra. Se deberá proceder un manual para el manejo, transporte y almacenamiento seguro de sustancias químicas peligrosas, en las cuales se debe incluir la identificación de recipientes.
NOM-017-STPS-2001	Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de manejo.	Los trabajadores deberán usar el equipo necesario para proteger y prevenir riesgos en los centros de trabajo
NOM-019-STPS-1993	Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	Se contará con brigadas de atención y respuesta a emergencias.
NOM-021-STPS-1994	Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.	Incluir en las bitácoras de control del personal lo relativo a los riesgos de trabajo.
NOM-025-STPS-1999	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	Se deberán establecer los requerimientos de iluminación en las áreas y centros de trabajo, para proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas de los trabajadores.
NOM-026-STPS-1998	Colores y señales de seguridad, higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	Se deberán ubicar señalamientos adecuados de seguridad e higiene de tal manera que puedan ser observados e interpretados por los trabajadores.
NOM-027-STPS-2000	Soldadura y corte. Condiciones de seguridad e higiene.	No es aplicable.
NOM-100-STPS-1994	Seguridad-extintores contra incendios a base de polvo químico seco con presión contenida.	Al manejar gasolina y diésel, el primero que es de alta volatilidad se pudiera generar un incendio, por lo que se deberá considerar la seguridad de los extintores a base de polvo químico. Se deberá garantizarse el
NOM-102-STPS-1994	Seguridad-extintores contra incendios a base de bióxido de carbono.	

NOM	*Contenido*	*Vinculación*
NOM-103-STPS-1994	Seguridad-extintores contra incendios a base de agua con presión contenida.	mantenimiento adecuado a los extintores y su facilitar su disposición.
NOM-113-STPS-1994	Calzado de protección.	El personal deberá contar con el calzado adecuado para las actividades que realice.
Para el control, manejo y transporte de residuos peligrosos generados		
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hace a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Los vehículos y maquinarías a utilizarse pueden generar residuos peligrosos derivados del aceites, grasas, gasolina y diésel, por lo que deberá caracterizarse los residuos peligrosos a generarse.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993.	El manejo de los residuos peligrosos deberá estar basado en la incompatibilidad de éstos, para evitar reacciones no deseadas o contaminación al ambiente.
Protección a la flora y a la fauna		
NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental - especies nativas de México de flora fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo.	No se deberá permitir la remoción o captura, cacería o comercialización de especies de flora y fauna del sitio. Se establecerá un programa de rescate de individuos de fauna silvestre y reforestación de especies nativas.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

IV.1 Delimitación del área de influencia y su justificación

El criterio fundamental para delimitar el área de influencia ambiental (**AI**) de un conjunto de obras y actividades que requieren ser avaluadas en materia de impacto ambiental, es la identificación de los componentes ambientales y sociales que tienen interacción directa e indirecta, así como aquellos impactos relevantes que se pueden generar en alguna etapa. En general, para la delimitación física del **AI** se consideró los aspectos siguientes:

- Describir las dimensiones de las obras y actividades a desarrollar (dimensión física).
- Identificar los componentes ambientales y sociales (variables o parámetros) que tienen alguna interacción directa e indirecta con las obras y actividades.
- Identificación y evaluación de manera preliminar de los impactos ambientales (rango y grado de manifestación de los impactos significativos).
- Vincular las obras y actividades con los instrumentos normativos y de ordenamiento ecológico del territorio.

Con el propósito de identificar de manera más específica los efectos (positivos y negativos) que se esperan con el desarrollo de las obras y actividades, se delimitó el **AI** de manera físico - geográfica, puesto que dentro de este espacio se pueden apreciar de manera directa e indirecta las interacciones de las obras y actividades con las variables ambientales (acción antrópica) y el comportamiento de estos mismos recursos (acción del ambiente). Una superficie mayor no evidencia esta relación de forma tan estrecha y evidente, por lo que la unidad adecuada para describir los impactos es aquella que manifieste alguna interacción directa o indirecta; es decir, a una escala **regional** se pueden identificar aquellas variables que pueden tener un efecto muy general de manera indirecta y a una escala **local** se pueden percibir los efectos más directos sobre los componentes ambientales sociales y económicos. En general la justificación técnica para delimitar el área de influencia ambiental se fundamentó en los criterios siguientes. **i) regional** también referido como el **Sistema Ambiental** o **región ecológica** (SA) y Área de Influencia (AI) y, **ii) puntual** (local) o **Sitio** donde se ubican físicamente las obras y se desarrollaran las actividades del programa de trabajo.

IV.1.1 Delimitación a nivel regional

Para la descripción regional de los elementos socioeconómicos, físicos y biológicos se ha considerado tomar en cuenta la **cuenca hidrológica** (**vaso de escurrimiento** delimitado a partir de los depósitos de materiales pétreos), dado que esta superficie capta las precipitaciones y una parte importante del agua se escurre arrastrando sedimentos en todo el cauce hidráulico hasta llegar a los depósitos de materiales pétreos, a esta escala se pueden determinar con mayor detalle el efecto que tiene los tipos de vegetación y uso de suelo, características edafológicas (textura, estructura, etc.) y las actividades socioeconómicas sobre el comportamiento hidráulico del cauce natural y por tanto el depósito de materiales pétreos. Entonces, la delimitación física del área de influencia se fundamenta en **cuenca hidrográfica**, dado que la captación de la lluvia incide de manera directa e indirecta en el depósito de materiales pétreos aguas debajo del cauce. A esta escala se describieron diversos tipos de ecosistemas (agroecosistemas, bosque de pino-encino, matorrales, pastizales y vegetación secundaria de tipo arbustivo) que influyen de manera directa e indirecta en el balance hidrológico del vaso de escurrimiento y por tanto en el gasto hidráulico del cauce. A partir de esta descripción es posible analizar los impactos directos e indirectos que se pueden generar por las obras y actividades a los elementos bióticos y abióticos a nivel **local**, como un espacio donde interactúan variables relacionadas con el agua, suelo, flora, fauna y paisaje. La metodología utilizada para **delimitar el área de influencia regional** fue la siguiente; i) se generó un **modelo digital de elevación** para identificar los escurrimientos superficiales y las cotas de elevación o relieve, ii) con el uso de herramientas y análisis geoespacial en el entorno de QGIS (QGIS Development Team, 2026) se pudo delimitar el vaso de escurrimiento, la red de drenaje, cuerpos de agua, tipos y uso de vegetación y suelo, actividades socioeconómicas que inciden directa e indirectamente sobre el comportamiento hidráulico del cauce principal, iii) finalmente, la delimitación del vaso de escurrimiento se comprobó con aquella que se genera en el Simulador de Flujos de Agua de

Cuencas Hidrográficas (SIATL) del INEGI para comprobar parámetros como el tiempo de concentración, tiempo de retardo y la distribución de la lluvia en el tiempo (hietogramas).

El vaso de escurrimiento se definió a partir del punto de descarga aguas debajo de los **depósitos de materiales pétreos** que se ubica con las coordenadas geográficas UTM-WGS84 siguientes.

Cuadro IV-1. Localización del punto de descarga.

Punto de descarga	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	454578	2791319

Gráficamente, el área de influencia a nivel **regional** y **local** (sistema ambiental o región ecológica) se puede apreciar en la ilustración siguiente.

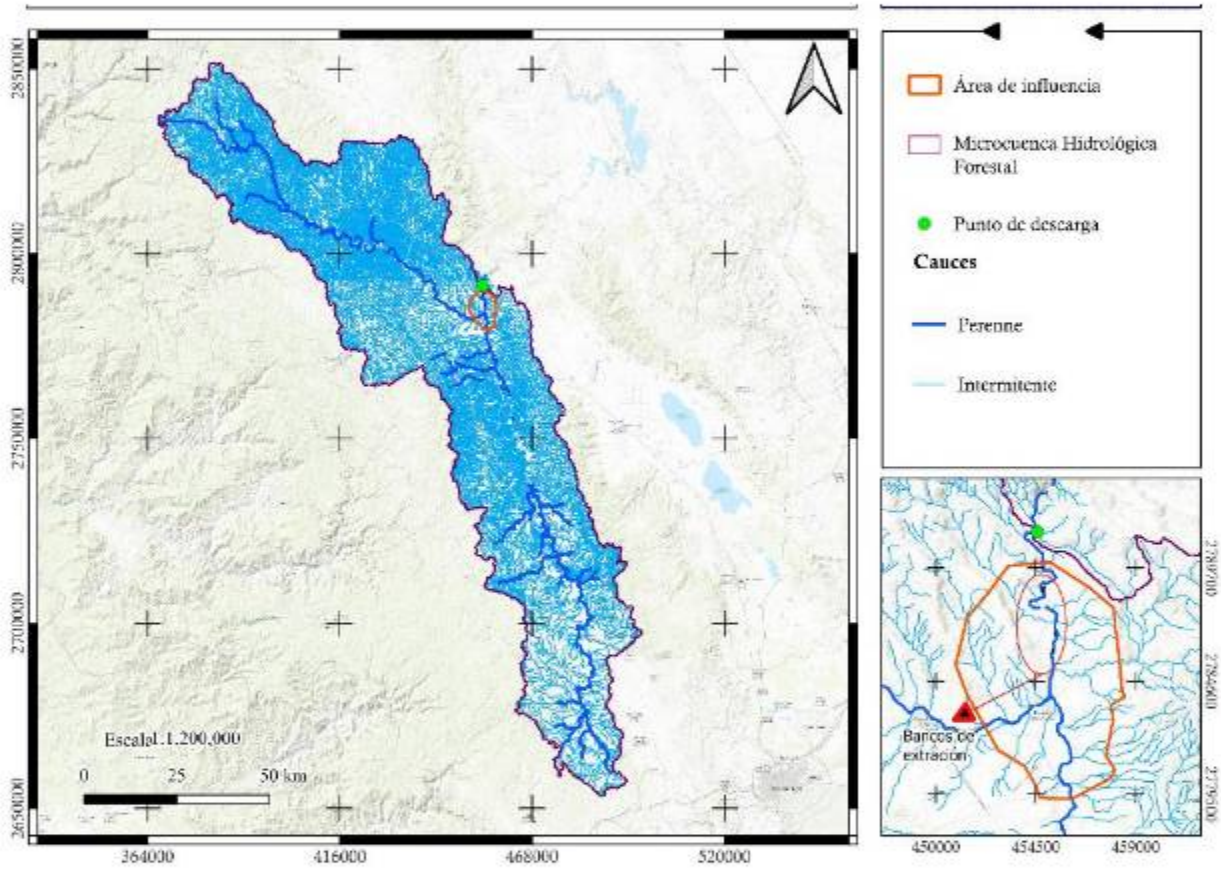


Ilustración IV-1. Delimitación física del sistema ambiental.

Esta representación permitió visualizar claramente los drenajes principales, las subcuencas y la red de drenaje, proporcionando una base espacial sólida para cuantificar el volumen de materiales pétreos depositados y la planificación de las actividades de explotación en tiempo y espacio.

IV.1.2 Delimitación a nivel sitio (puntual o local)

A nivel sitio, el análisis se fundamentó en caracterizar y dimensionar las obras y actividades para el aprovechamiento de los **depósitos materiales pétreos**, considerando únicamente la superficie a ocupar y su rango de afectación sobre los componentes ambientales de manera directa. En esta escala se describen las características de los depósitos, material a explotar y se identifican los posibles impactos directos de carácter significativo que pudieran generarse sobre el suelo, agua, flora y fauna. De manera complementaria, se llevó a cabo una caracterización detallada en cuanto a la geología local (caracterización granulométrica de los materiales), hidrología (gasto hidráulico) y rasgos socioeconómicos

(oferta y demanda del material pétreo). La representación gráfica del área de estudio se presenta en los planos anexos (ubicación física), y la delimitación a nivel puntual se sustentó en los aspectos siguientes.

a) Dimensiones

Una de las necesidades primordiales para la industria de la construcción es el abasto de materiales primas (materiales pétreos) y, para satisfacer la demanda se debe contar con depósitos que puedan renovarse cada año con las avenidas de los cauces naturales, por tanto, para el presente estudio han sido seleccionados **tres depósitos** que ocupan una superficie de **4.23 ha**. Las obras y actividades consisten en el aprovechamiento de los materiales pétreos depositados en el cauce y su extracción no afecta vegetación alguna. Los depósitos, fueron seleccionados de tal manera que las interacciones que se darán entre las actividades y los componentes ambientales más importantes sea a **nivel puntual** que incluye sólo a la superficie que tendrá mayor presencia con las actividades antropogénicas. Para su aprovechamiento no se establecerán barreras físicas que limiten el desplazamiento de la fauna silvestre y doméstica, ni entre los ecosistemas presentes. Además, no es necesario realizar obras y/o actividades complementarias, todos los procesos se llevarán en el sitio y la infraestructura necesaria (maquinaria) será transportada diariamente. No se requiere de otro tipo de servicios, tales como, servicios de transporte de personal, hotelería, alimentación, comunicación, etc., todos los servicios de hospedaje, alimentación y aseo serán cubiertos en los poblados más cercanos. En la etapa de operación se tendrá una afectación muy localizada (puntual), principalmente en los depósitos de gravas y arenas. El radio de afectación directa es menor a 50 metros, por tanto, los impactos adversos al medio ambiente previstos serán muy puntuales.

b) Rasgos geomorfoedafológicos, hidrográficos, meteorológicos, tipos de vegetación entre otros.

Los rasgos edafológicos, hidrográficos y meteorológicos del sitio, así como los tipos de vegetación presentes, se analizan con el fin de caracterizar de manera integral las condiciones físicas y ambientales a nivel local. Esta caracterización permite comprender la interacción entre el relieve, el suelo y la dinámica hidrológica, así como la influencia de las condiciones climáticas en la disponibilidad y recarga de los materiales pétreos, constituyendo un elemento fundamental para la identificación y valoración de los posibles impactos ambientales asociados a las obras y actividades de explotación de los depósitos.

c) Distribución espacial de las obras

Los depósitos de materiales pétreos se distribuyen sobre el cauce hidráulico y en ningún momento se estarán aprovechando simultáneamente, es decir, su explotación será secuencial de aguas arriba a aguas abajo del cauce. La zona es considerada tipo rural, por lo tanto, las obras no interfieren con las actividades productivas, usos y costumbres de los habitantes.

d) Ubicación y características de obras y actividades complementarias

Para realizar el programa de actividades en las diferentes etapas no se tiene contemplado llevar a cabo obras complementarias (como almacenes, bodegas, etc.), mientras que los servicios de la maquinaría serán en talleres especializados de la cabecera municipal.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.2.1 Medio abiótico

IV.2.1.1 Clima

Por las condiciones fisiográficas del **sistema ambiental** o **región ecológica** se presentan distintos tipos climáticos que van desde semisecos en las partes más bajas (valle), hasta los templados subhúmedos de las partes más altas. Los tipos de clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García (2004) se presentan en el cuadro siguiente (INEGI, 2021).

Cuadro IV-2. Tipos de clima a nivel Sistema Ambiental.

CLAVE	Tipo	Superficie (ha)	Superficie (%)
C(w0)	Templado subhúmedo	165,606.48	24.4
BS1kw(w)	Semiseco templado	163,390.23	24.1
C(E)(w2)	Semifrío subhúmedo	163,790.20	24.1
C(E)(w2)(x')	Semifrío subhúmedo	2,949.38	0.4
C(w1)	Templado subhúmedo	96,540.41	14.2
C(E)(w1)	Semifrío subhúmedo	17,344.31	2.6
BS1kw	Semiseco templado	33,777.78	5.0
C(w2)	Templado subhúmedo	35,018.12	5.2
Total		**678,416.91**	**100.0**

Fuente: Diccionario de datos climáticos, escalas 1: 250 000 (INEGI, 2010).

El clima en los depósitos (local) corresponde a **BS1kw(w)** y su representación gráfica en la región ecológica se puede observar en la ilustración siguiente.

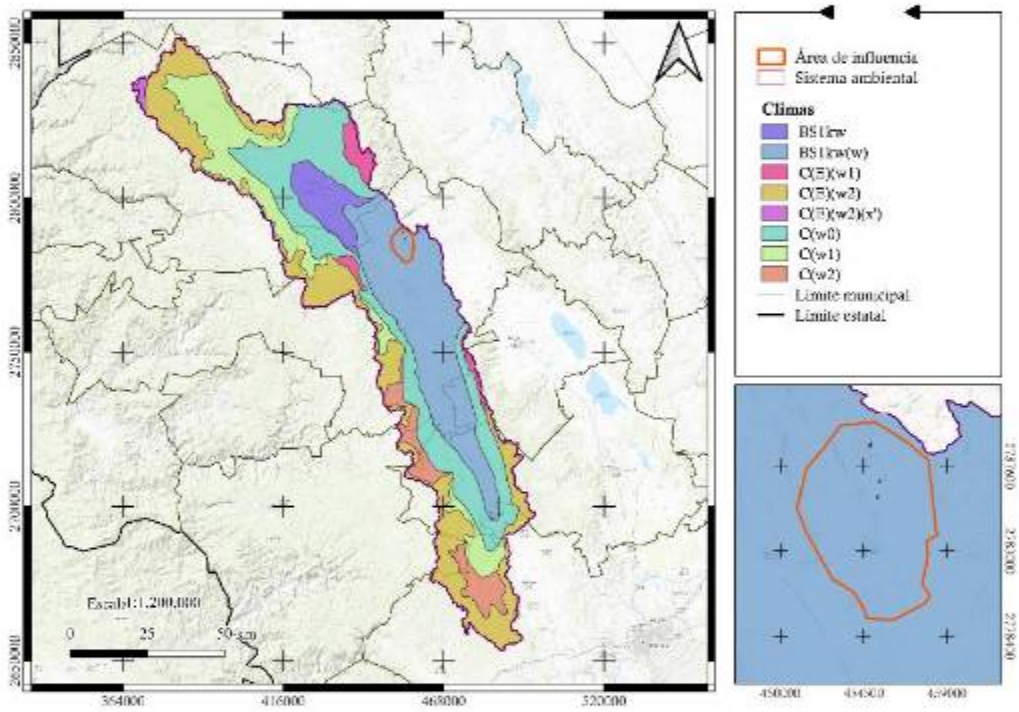


Ilustración IV-2: Distribución del tipo de clima en el Sistema Ambiental.

IV.2.1.1.1 Estaciones climatológicas

Para representar las variables climáticas se consultaron los registros de las estaciones meteorológicas que tienen influencia en el **SA** (SMN, 2010). Las coordenadas geográficas de las estaciones climatológicas se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-3. Estaciones climatológicas con influencia en el Sistema Ambiental.

Clave	Nombre	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
10156	Tepehuanes (OBS)	427232	2802549
10035	J. Salome Acosta	454783	2789450
10077	Santiago Papasquiaro	454609	2770560
10084	Tepehuanes (SMN)	427873	2802047
10100	Santiago Papasquiaro El Zape	458109	2770548
10101	Tepehuanes (DGE)	427235	2803158

10119	E.T.A. 019 Tepehuanes	424543	2805765
10152	Cerro Prieto	465556	2677674

IV.2.1.1.2 Temperatura

La normal climatológica o valor normal (promedio), se utiliza para caracterizar y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de registros (mínimo 20 años) (Díaz, 2016). A razón de tener datos representativos de una región Ruíz *et al*. (2006) proponen utilizar los parámetros estadísticos meteorológicos siguientes:

- La temperatura máxima mensual, es el valor normal o promedio histórico de la temperatura máxima por mes.
- La temperatura mínima mensual, es el valor normal o promedio histórico de temperatura mínima por mes.
- La temperatura promedio mensual, constituye el valor normal o promedio histórico de temperatura media.
- La precipitación mensual, es el valor normal de la precipitación acumulada promedio en un mes.

Las temperaturas máximas, mínimas y promedio de las estaciones climatológicas presentan registros de más de 20 años y los valores se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-4. Temperatura del Sistema Ambiental.

TEMPERATURA NORMAL													
CLAVE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
10156	9.1	10.9	13.3	16.2	19.6	22.4	21.1	20.6	19.1	16.1	12.7	10	15.7
10035	10.7	12.6	14.9	18	21	23.5	22.5	21.8	20.5	17.7	13.8	11.3	17.3
10077	11.9	13.8	16.2	18.1	20.5	22.9	22	21.1	20.3	17.8	14.1	12.2	17.6
10084	10.4	11.6	14.5	17.7	20.7	23.5	22.6	22.1	20.8	17.9	14.1	11.1	17.3
10100	8.4	10.1	12.5	15.7	18.8	21.8	20.9	20.1	18.8	15.7	11.8	9.1	15.2
10101	11	12	14.7	18.1	21	23.7	23	22.3	21.1	17.9	14.4	11.6	17.6
10119	10.2	10.7	13.5	16	18.4	21.6	21.4	20.9	19.2	17.2	12.2	10.4	16.6
10152	6.2	7.6	7	8.8	12	13.8	14.3	13.8	13.1	11.3	8.1	6.4	10.9
TEMPERATURA MÍNIMA													
CLAVE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
10156	1.9	4.1	4.5	7	10.4	14.8	14.7	14.5	13.1	9.2	5.6	3.3	7.1
10035	0.2	1.8	3.7	6.7	10.4	14.5	15.4	14.8	13.7	8.7	3.3	0.8	7.8
10077	1.9	3.5	5.9	7.8	10.1	13.5	14.2	13.5	12.3	8.6	3.7	2.1	8.1
10084	-0.5	0.1	2.6	5.9	9.2	13.8	14.6	14.1	12.7	8	2.8	0.1	7
10100	-3.3	-1.9	0.3	3.5	7	11.9	13.4	12.7	11.3	5.5	0	-2.8	4.7
10101	-0.8	-0.3	2	5.7	9.1	13.4	14.6	13.9	12.9	7.4	2.3	0	6.7
10119	-0.9	-1.1	1.8	4.2	6.6	11.2	13.4	12.6	11.2	7.2	1	-1	6.4
10152	15.8	16.7	15.6	18.3	20.5	19.9	21.6	20	19.1	18.9	16.6	12.8	19.5
TEMPERATURA MÁXIMA													
CLAVE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
10156	19.1	21.5	24.5	27.5	30.8	32.1	28.6	28.1	26.8	25.6	23.1	19.8	25.5
10035	21.2	23.4	26.1	29.2	31.6	32.4	29.5	28.8	27.4	26.6	24.2	21.7	26.8
10077	21.8	24.1	26.4	28.4	30.9	32.4	29.8	28.7	28.2	27	24.5	22.4	27.1
10084	21.3	23.2	26.5	29.4	32.1	33.2	30.6	30.1	28.9	27.8	25.3	22.1	27.5
10100	20.2	22.1	24.7	27.8	30.6	31.7	28.4	27.4	26.3	25.9	23.7	21	25.7
10101	25.9	26.6	30.1	33.6	35.1	35.9	34.2	32.7	33.1	32	28.9	28.7	29.7
10119	21.3	22.4	25.2	27.8	30.3	32	29.4	29.1	27.1	27.2	23.5	21.7	26.7
10152	15.8	16.7	17.7	19.7	21.6	22.7	21.8	20.7	19.9	19.9	18.1	14.8	19.6

La **temperatura media** del **SA** fue estimada mediante el método de los **polígonos de Thiessen** en el software libre QGIS (Quantum GIS Team Development, 2026) con la herramienta [Vector/Geometry tolos/Create Voronoi Polygons]. Los resultados se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-5. Temperaturas ponderadas anuales del Sistema Ambiental.

Clave	Nombre	Superficie (ha)	Temperatura mínima anual (°C)	Temperatura media anual (°C)	Temperatura máxima anual (°C)
10156	Tepehuanes (OBS)	72,256.1	7.1	15.70	25.5
10035	J. Salome Acosta	6,110.5	7.8	17.30	26.8
10077	Santiago Papasquiaro	165,786.4	8.1	17.60	27.1
10084	Tepehuanes (SMN)	137,548.7	7.0	17.30	27.5
10100	Santiago Papasquiaro El Zape	10,489.2	4.7	15.20	25.7

10101	Tepehuanes (DGE)	67,952.7	6.7	17.60	29.7
10119	E.T.A. 019 Tepehuanes	109,336.6	6.4	16.60	26.7
10152	Cerro Prieto	108,936.6	19.5	10.90	19.6
	Promedio ponderado	**678,416.9**	**8.4**	**16.0**	**26.1**

Fuente: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica

IV.2.1.1.3 Precipitación

La precipitación es uno de los principales descriptores del clima local y regional, es un término genérico para describir algún tipo de condensación atmosférica de vapor de agua, que posteriormente se precipita en forma de agua, nieve, granizo, escarcha, etc. Los patrones de distribución en espacio y tiempo de la precipitación y temperatura son utilizados para caracterizar el clima local. La precipitación máxima, mínima y promedio de las estaciones climatológicas que tienen influencia en el **SA** presenta registros de más de 20 años y los valores se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-6. Precipitación del Sistema Ambiental.

PRECIPITACIÓN NORMAL													
Clave	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
10156	15.1	3.8	4.5	6.8	12.3	51.7	101.1	90	69.1	32.6	19.1	18.9	402.60
10035	8.8	5.8	3.3	2.4	7.4	45.7	122.3	107.2	82.4	29.6	14.5	6.8	415.1
10077	12.1	2.9	1.5	2.7	8.1	50.1	115.4	126.9	64.7	30.1	8	15.2	437.7
10084	16.2	7.6	7	4.8	7.8	55.3	110.8	112	71.7	30	8.7	21.6	453.5
10100	13.2	7.7	7.2	3.5	8.4	51.7	140.6	119.7	114	35.5	17.9	11.1	512.10
10101	13	10.7	6.7	1.6	10.5	60.4	116.8	116.2	84.9	25	9.9	23.2	477.60
10119	13.2	4.6	7.5	4.4	6.5	52.4	120.9	123.8	79.9	55.8	9.4	17.5	448
10152	18.5	0	26.2	5	16.8	77	154.5	178.8	157.2	85.3	29.6	57	712.7
PRECIPITACIÓN MÍNIMA													
Clave	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
10156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	17.33
10035	0	0	0	0	0	0	0	12.2	0	0	0	0	24
10077	0	0	0	0	0	0	15.7	9.5	6.3	0	0	0	31
10084	0	0	0	0	0	0	49.5	35	0	0	0	0	0
10100	0	0	0	0	0	0	31.5	0	13.5	0	0	0	32.5
10101	0	0	0	0	0	0	57	35.08	13	0	0	0	342.1
10119	0	0	0	0	0	0	49.1	43.2	21.6	0	0	0	275.9
10152	18.5	0	0	0	1	52	139	118.5	94	37	1	12.5	633
PRECIPITACIÓN MÁXIMA													
Clave	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
10156	91.92	17.8	21.72	50.22	43.63	141.21	212.61	153.12	192.22	108.61	95.8	47.01	690.62
10035	89.4	36.5	66.81	43	44.1	169.6	284.12	318.31	219.01	144.4	101.51	48.9	849.38
10077	53.4	26	58	30.5	39.3	237.6	199.1	313.9	184.3	100.4	35.4	73.2	705.2
10084	119.9	52.5	65	29	62.7	198.5	285.3	224	261	106	95.4	114	756.9
10100	82.5	36.5	84	33.5	35	162.55	338.5	288.5	221.5	162	142.5	84	793
10101	37	18	33	19.2	22.3	205.3	217.3	253.4	172.1	178.6	28.9	72.2	678.6
10119	37	18	33	19.2	22.3	205.3	217.3	253.4	172.1	178.6	28.9	72.2	678.6
10152	18.5	0	52.5	10	46.5	101.5	170	232	225.6	129	71.5	101.5	828.5

La **precipitación media** del **SA** fue estimada mediante el método de los **polígonos de Thiessen** con la herramienta [Vector/Geometry tolos/Create Voronoi Polygons] en QGIS (Quantum GIS Team Development, 2026). Los resultados se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-7. Precipitación media anual del Sistema Ambiental.

Clave	Nombre	Superficie (ha)	Precipitación mínima anual (mm)	Precipitación media anual (mm)	Precipitación máxima anual (mm)
10156	Tepehuanes (OBS)	72,256.1	17.3	402.6	690.6
10035	J. Salome Acosta	6,110.5	24.0	415.1	849.4
10077	Santiago Papasquiaro	165,786.4	31.0	437.7	705.2
10084	Tepehuanes (SMN)	137,548.7	0.0	453.5	756.9
10100	Santiago Papasquiaro El Zape	10,489.3	32.5	512.1	793.0
10101	Tepehuanes (DGE)	67,952.8	342.1	477.6	678.6
10119	E.T.A. 019 Tepehuanes	109,336.6	275.9	448.0	678.6
10152	Cerro Prieto	108,936.6	633.0	712.7	828.5
	Promedio ponderado	**678,416.9**	**169.5**	**482.4**	**747.6**

IV.2.1.1.4 Otras variables climáticas

- **Fenómenos climáticos**

En la región se presentan los fenómenos climatológicos denominados NORTES y frentes fríos procedentes del Noroeste de los Estados Unidos de Norte América, que se caracterizan en la zona por producir lluvias de invierno conocidas localmente como aguas nieves, sin embargo, la mayor parte de la precipitación que se capta en esta zona es debido a la influencia de tormentas tropicales y huracanes que se originan en el Océano Pacífico durante los meses de julio a septiembre. El intemperismo que se presenta en el sistema ambiental es el siguiente.

Cuadro IV-8. Intemperismo del Sistema Ambiental.

DÍAS CON:	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lluvia	2	1.2	0.4	0.4	1.5	7.3	14	14.6	11	3.8	1.2	1.9	59.5
Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tormentas eléctricas	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0	0.5

Los fenómenos meteorológicos que se presentan en la región se resumen de la manera siguiente:

Periodo de lluvias:	Junio - Septiembre
Aguanieves:	Diciembre - Febrero
Heladas:	Desde el 19 de septiembre hasta el 20 de abril
Vientos dominantes:	NW con una velocidad promedio anual entre los 4 a 10 km/hora
Granizadas:	En los meses de mayo y Junio
Huracanes:	Solo se presentan altas precipitaciones cuando éstos ocurren en el Océano Pacífico, su probabilidad de ocurrencia es baja

- **Posibilidad de fenómenos naturales**

El sistema ambiental **no** es susceptible a los fenómenos naturales tales como; terremotos (sismicidad), derrumbes por hundimientos, riesgos radiactivos y huracanes.

- **Vientos**

La velocidad y dirección del viento son dos de las características más importantes, comúnmente utilizadas para determinar las condicionantes del ciclo hidrológico tales como; intercambio energético, evapotranspiración y los patrones de precipitación para la lluvia, nieve, granizo, etc. Los vientos dominantes en la región provienen de la costa occidental, en la temporada de febrero a mayo. La velocidad varía dependiendo de la época del año, sin embargo, en raras ocasiones supera los 40 km/hora, la mayor ocurrencia de los vientos fuertes se presenta en los meses de febrero y marzo que coinciden con las cabañuelas.

IV.2.1.2 Geología

La geología tiene principalmente una relevancia indirecta dentro de la caracterización y manejo de la cuenca, primero a través de sus efectos como material parental del suelo y, segundo a través de su influencia sobre la hidrología subterránea. De acuerdo con las cartas temáticas escala 1: 250 000 la geología regional y local se describe de la manera siguiente.

*IV.2.1.2.1 **Regional***

El Sistema Ambiental se ubica en la porción occidental de la Sierra Madre Occidental (SMO), en el límite entre la provincia volcánica neógena y la región de basamento mesozoico acretado. Geológicamente corresponde al extremo norte-occidental del bloque volcánico y a la transición hacia las cuencas intermontanas del Basin-and-Range. En la **litología** del volcanismo cenozoico (principalmente Oligoceno–Mioceno) predominan secuencias extensas de rocas volcánicas félsicas a intermedias de la provincia ignimbrítica (ignimbritas riolíticas/pós-riolíticas, tobas, domos riolíticos y flujos volcánicos). También aparecen riolitas, dacitas y brechas volcánicas. Rocas ígneas intrusivas de composición granítica a monzonítica asociadas a la misma etapa volcánica (hornblendogranitos, cuerpos de composición intermedia)

en cuerpos hipabisales o batolitos menores. Sedimentos mesozoicos y paleozoicos (en sectores marginales): afloramientos discontinuos de calizas, lutitas y areniscas marinas, más frecuentes en zonas de borde de cuencas y bloques levantados.

IV.2.1.2.2 Local

La Sierra Madre Occidental está conformada por dos potentes secuencias ígneas, la más antigua constituida por rocas volcánicas intermedias cuyas edades varían de 100 a 45 millones de años; la más reciente está compuesta por ignimbritas de composición riolítica y rioadacítica del Oligoceno y Mioceno. Estructuralmente, la tectónica de distensión del Terciario Superior fue la causante de los grabens y fallas normales de la cubierta superior. Las unidades que afloran en la superficie comprenden edades que varían del Cretácico Superior al Reciente. La sucesión de eventos magmáticos ocurridos se encuentra cubriendo, mediante una discordancia petrológica, a escasos afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior. El magmatismo inicia en el Oligoceno y continúa de manera interrumpida hasta el Holoceno. En general la conformación de la geología del **sistema ambiental** se encuentra compuesta por los tipos de roca siguientes.

Cuadro IV-9. Clase de rocas del Sistema Ambiental.

Clave	Clase	Tipo	Era	Superficie (ha)	Superficie (%)
Ts(Igea)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva ácida	Cenozoico	518,908.4	76.5
Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	115,280.3	17.0
T(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva intermedia	Cenozoico	21,412.6	3.2
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	5,496.1	0.8
Ts(Vc)	Ígnea extrusiva	Volcanoclástico	Cenozoico	1,434.7	0.2
Ks(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	3,109.1	0.5
Ts(Igeb)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva intermedia	Cenozoico	11,279.1	1.7
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	1,496.7	0.2
				678,416.9	**100.00**

A nivel **sitio**, el tipo de geología presente corresponde a ***T(Igei) ígnea extrusiva.***

Cuadro IV-10. Superficies de las clases de rocas en el área de influencia.

Clave	Clase	Tipo	Era	Superficie (ha)	Superficie (%)
T(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva intermedia	Cenozoico	2931.1	50.8
Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	809.5	14.0
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	2034.6	35.2
				5775.18	**100.00**

IV.2.1.2.3 Geomorfología del subsuelo

El Sistema Ambiental se encuentra dentro de la zona de captación de acuífero de los acuíferos Tepehuanes – Santiago (clave 1006) y Matalotes – El Oro clave (1009). De acuerdo con la información geológica, geofísica e hidrogeológica, es posible definir que el acuífero se encuentra constituido, en su porción superior, por sedimentos aluviales, fluviales y de pie de monte, lacustres y eólicos, producto del intemperismo de rocas preexistentes, así como por conglomerados polimícticos que rellenan los amplios valles. Esta es la unidad que se explota actualmente para satisfacer las necesidades de agua de la región. Los depósitos granulares y conglomeráticos tienen varios cientos de metros de espesor y fueron, en gran parte, el relleno de depresiones o cuencas formadas en fosas tectónicas que se produjeron durante la revolución laramídica. Localmente, la presencia de sedimentos lacustres, así como lentes e intercalaciones de estratos de arcillas, ocasionan condiciones de semiconfinamiento; lo que provoca distintos niveles del agua subterránea en pozos y norias próximos ente sí. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas volcánicas como tobas ácidas, riolitas, ignimbritas, andesitas y basaltos que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento geohidrológico del acuífero están representadas por una fuerte secuencia de rocas volcánicas que varían de su composición de ácidas a básicas representadas por derrames y tobas, constituyen aproximadamente un 50% de la superficie cartografiada; el área restante está compuesta por depósitos de relleno, localizados principalmente pequeños afloramientos de rocas ígneas intrusivas. Sus edades oscilan del Oligoceno inferior al reciente.

IV.2.1.2.4 Fallas y fracturas

Las fallas son trazas del plano de ruptura de la roca, a lo largo del cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa. Los tipos de fallas se definen como: de rumbo, donde la componente principal del movimiento relativo de los bloques es lateral horizontal respecto a la traza de la falla; inversa, donde la componente principal del movimiento relativo de los bloques es subvertical con acortamiento de los bloques; y la normal, dónde la componente principal es subvertical con extensión de los bloques. Mientras que las fracturas son trazas del plano de ruptura de la roca sin desplazamiento de los bloques que separa. De acuerdo con la carta conjunto de datos vectoriales geológicos "fallas y fracturas", escala 1: 1 000 000 editada por INEGI (2002), se pueden identificar en la porción este un sistema de 28 fallas de tipo normal con longitud de 10.7 km y 5 fracturas de dimensiones similares.

IV.2.1.2.5 Sismicidad

En las múltiples investigaciones que se han desarrollado sobre la actividad sísmica, se ha logrado localizar con precisión las zonas donde se han originado los últimos temblores destructivos ocurridos en este siglo. Se ha observado que, en la gran mayoría, su origen se localiza en el fondo del mar, en una franja paralela a la costa del Océano Pacífico a todo lo largo del país, aunque también se han localizado algunos dentro del territorio. Con base en extensos estudios se han podido definir zonas o regiones del país, en las cuales es probable que ocurran temblores de cierta magnitud. Aunque, en algunos lugares, nunca se hayan registrado temblores, o no exista memoria de ellos, existe una probabilidad mínima de que ocurran, por lo que prácticamente todo el territorio nacional está dividido en cuatro regiones sísmicas; i) **muy alta (D).** La ocurrencia de temblores es muy frecuente por estar cerca de su origen, los sismos son intensos. Es necesario tener una buena calidad en los materiales y en la construcción, así como planear la distribución arquitectónica de la vivienda de forma tal que la cantidad de muros y la longitud total resistan sismos de gran magnitud; ii) **alta (C).** Por su cercanía con las zonas donde se originan la mayoría de los temblores, sus características son muy similares a las de la zona de sismicidad muy alta, con la diferencia de que la intensidad de los temblores es menor. Se recomienda que el material de construcción, la cantidad y el tipo de los muros a utilizar sean los mismos que para la zona de sismicidad muy alta; iii) **media (B).** Cubre casi la totalidad de la península de Baja California, la zona costera de los estados del noroeste, y casi la totalidad de los estados del centro del país. La intensidad de los sismos que ocurren en la costa del Pacífico es menor en esta zona, a excepción de zonas donde se presentan amplificaciones locales; iv) **baja (A).** En la gran mayoría de los lugares de esta zona nunca se ha registrado un sismo; sin embargo, hay probabilidades mínimas de que algún día se presente. Puede emplearse en los muros cualquier tipo de material de construcción, aunque los más recomendables siguen siendo los semi-industrializados debido al control de calidad. (Fuente: Manual de autoconstrucción, manos a la obra de IMCYC). El **SA** se encuentra en su totalidad dentro de la **Zona B**, que es aquella donde ocurren sismos de menor frecuencia, cuyas aceleraciones del terreno se esperan menores al 70% del valor de la gravedad (g) (CENAPRED, 2001).

IV.2.1.2.6 Zonas potenciales de deslizamiento

El SA se encuentra dentro de la región potencial de deslizamiento denominada Golfo de California- Chihuahua- Durango (CENAPRED, 2012), pero el sitio donde se realizarán las obras y actividades y su área de influencia se encuentra fuera de zonas con riesgo de deslizamientos.

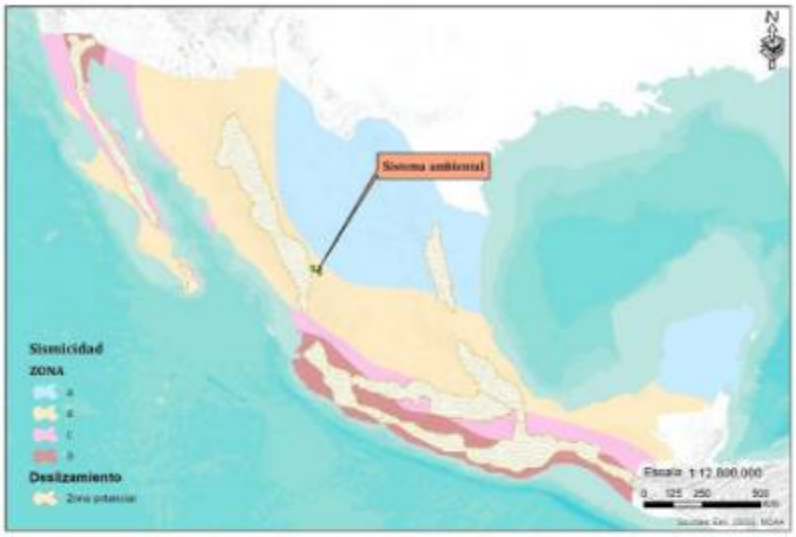


Ilustración IV-3. Ubicación del SA respecto a la Regionalización Sísmica.

IV.2.1.3 Fisiografía

Fisiográficamente, el estado de Durango ha sido dividido en cuatro grandes provincias; Mesa Central, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierras y Llanuras del Norte, el **SA** se encuentra inmerso en su totalidad en la **Sierra Madre Occidental (SMO)** una de las principales provincias fisiográficas de México y la cadena montañosa más extensa del país, abarcando aproximadamente 1,500 km desde el suroeste de Estados Unidos hasta el centro-occidente de México. Su topografía accidentada está caracterizada por mesetas elevadas, profundos cañones y una red hidrográfica que da origen a importantes ríos. Las altitudes oscilan entre los 2,000 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, con picos que superan los 3,300 metros, como el Cerro Gordo en Durango. Geológicamente, la SMO es el resultado de una intensa actividad volcánica ocurrida principalmente durante el Cenozoico, lo que originó extensas secuencias de rocas volcánicas, predominando las ignimbritas riolíticas, acompañadas de basaltos y andesitas. Estas formaciones están asociadas con uno de los eventos de vulcanismo silícico más extensos del planeta, lo que ha dado lugar a una morfología distintiva con mesetas de ignimbritas y cañones profundos, como el Cañón del Cobre en Chihuahua. El clima varía con la altitud y la latitud, predominando un clima templado subhúmedo en las partes altas, con inviernos fríos y nevadas ocasionales, mientras que en las zonas bajas y cañones se presentan condiciones más cálidas y secas. La vegetación está dominada por bosques templados de pino-encino en las altitudes medias y altas, con transiciones hacia matorrales xerófilos y selvas bajas en las zonas más bajas. Hidrológicamente, la SMO actúa como una importante divisoria de aguas, con sistemas fluviales que drenan tanto hacia el océano Pacífico como hacia el interior del altiplano mexicano. Su importancia ecológica y económica es notable, ya que alberga una gran biodiversidad, sirve como zona de captación de agua y es el hogar de numerosas comunidades indígenas, como los rarámuris en Chihuahua y los huicholes en Nayarit. Estos elementos son de gran importancia ya que representa la visión general de las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, para formar unidades relativamente homogéneas, representado las diferentes provincias y subprovincias en las que se ha dividido al país, de acuerdo con su geología y topografía. El estado de Durango está compuesto por 4 provincias fisiográficas (INEGI, 2017).

Sierra Madre Occidental (71.3%)
Sierras y Llanuras del Norte (15.10%)
Sierra Madre Oriental (5.24%)
Mesa del Centro (8.36%)

A su vez estas provincias fisiográficas se encuentran dividida en nueve subprovincias:

Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses (2.98%)
Sierras y Llanuras de Durango (24.18%)
Gran Meseta y Cañones Duranguenses (33.93%)
Sierra de la Paila (1.25%)
Sierras Transversales (3.99%)
Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande (3.79%)

Mesetas y Cañadas del Sur (10.24%) Sierras y Llanuras del Norte (4.54%)
Del Bolsón de Mapimí (15.1%)

Al mismo tiempo estas subprovincias están divididas por 7 clases de **topoformas**: i) bajada, ii) cañón, iii) llanura, iv) lomerío, v) meseta, vi sierra y, vii) valle.

IV.2.1.3.1 Descripción

De acuerdo con la clasificación anterior, el área de influencia y sitio se ubica en la provincia fisiográfica **Sierra Madre Occidental,** subprovincia fisiográfica **Sierras y Llanuras de Durango**, el SA presenta 6 de las 7 clases: **Bajada, Meseta, Sierra, Llanura, Valle y Lomerío. Mientras que en el sitio predominan Valle y Bajada.** Para tener un panorama descriptivo de cada una de las unidades fisiográficas se detalla sus componentes más sobresalientes en el cuadro siguiente:

Cuadro IV-11. Descripción de los componentes fisiográficos del Sistema Ambiental.

Provincia	
Sierra Madre Occidental	Este es el más largo y el más continuo de los sistemas montañosos de México. Corre más o menos paralelo a la costa del Pacífico desde un poco más al sur de la frontera con Estados Unidos, en los límites de Chihuahua y Sonora, hasta la altura de Nayarit y Jalisco, donde converge con el Eje Volcánico Transversal. En muchos sitios su anchura es de más de 200 km y está surcada por numerosas barrancas profundas que excavaron los ríos que fluyen hacia el Pacífico. Sus altitudes más pronunciadas pasan ligeramente de 3 000 metros, el nivel promedio de las partes altas varía entre 2 000 y 2 500 msnm. La sierra separa la Planicie Costera Noroccidental del Altiplano Mexicano (Rzedowski, 2006). La MHF y el sitio están inmersos en esta provincia.
Subprovincia	
Sierras y Llanuras de Durango	Se caracteriza por estar conformada por cordones montañosos irregulares, separados por amplios valles, de altitudes variables entre 1,700 y 2,300 metros sobre el nivel del mar. Está representada por llanuras amplias y mesetas, en la porción centro-sur del acuífero Torreón de Cañas, clave 1014, que pertenece a esta subprovincia, entre las que destacan La Pelona, Los Llanitos, El Viento, Llano Blanco, Cerro Chato, Quemada, Papasquiaro, Los Ruiz, El Pinal, El Rodeo, Los Fresnos, Los Bayos, El Nopal, Los Caballos, Montosa y Las Pintas; así como los cordones La Mesa Pelona y Mal Parado. Las MHF y el sitio están inmersos en esta Subprovincia.
Topoforma	
Meseta	Forma del relieve de segundo y tercer orden consistente en una planicie con elevación sobre el nivel del mar, en general de 1 000 m y más, aunque se aplica el término a relieves de incluso 600 msnm. Es común que sobre la meseta se asienten elevaciones montañosas aisladas o en grupos, pero territorialmente predomina el relieve de planicies (Lugo-Hubp, 2011). La MHF y el sitio presentan este tipo de topoforma cuya descripción es Superficie de Gran Meseta con Cañadas.
Llanura	Porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación. En la geomorfología el término llanura se aplica también a los grandes territorios con relieve de poca diferencia altitudinal. Así, se reconocen llanuras horizontales, subhorizontales, inclinadas, onduladas, cóncavas, de lomeríos, escalonadas (Lugo-Hubp, 2011).
Sierra	Forma del relieve positiva compuesta por una sucesión de montañas o elevaciones alineadas, caracterizadas por pendientes pronunciadas, cumbres definidas y diferencias altitudinales importantes. Generalmente se originan por procesos tectónicos y erosivos, formando sistemas montañosos de gran extensión que condicionan el clima, la hidrología y la vegetación de la región (Lugo-Hubp, 2011).
Bajada	Superficie inclinada formada por la acumulación y coalescencia de materiales provenientes de zonas montañosas o serranas. Se localiza comúnmente al pie de las sierras y está integrada por depósitos aluviales transportados por corrientes temporales, presentando pendientes suaves a moderadas y una transición entre áreas montañosas y planicies (Lugo-Hubp, 2011).
Lomerío	Conjunto de lomas o elevaciones de poca altura relativa, con pendientes suaves a moderadas y cimas redondeadas. Constituye una topoforma intermedia entre la llanura y la sierra, originada principalmente por procesos de erosión y sedimentación que generan un relieve ondulado y de escasa disección (Lugo-Hubp, 2011).
Valle	Forma negativa del relieve, equivalente a una depresión estrecha y alargada, formada esencialmente por procesos erosivos (Lugo-Hubp, 2011).

En general las unidades fisiográficas están compuestas por cerros y profundos cañones, donde ocasionalmente se encuentran mesetas, valles, llanos generalmente menores de 100 hectáreas. Los detalles se muestran en el plano siguiente.

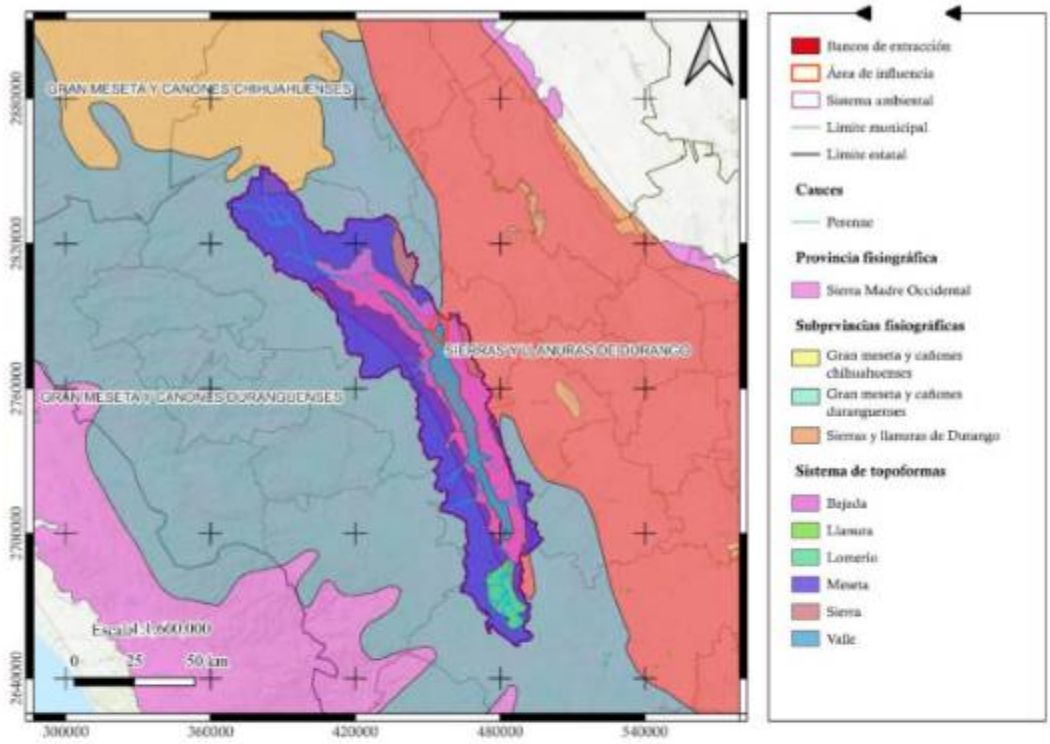


Ilustración IV-4. Fisiografía del Sistema Ambiental.

IV.2.1.3.2 Relieve

Hoy en día con herramientas de los Sistemas de Información Geográfica se generan productos como el *modelo digital de elevación* (MDE) que permite desarrollar mejores análisis del relieve al visualizar el terreno mediante tintas hipsométricas, elaborar cartografía topográfica, realizar perfiles longitudinales del terreno, obtener vistas en 2D y 3D, modelamiento dinámico en 3D, gamas tradicionales de color, intervalos de color de acuerdo a la variación y rangos de la elevación, sobreposición de datos o información en formato vectorial o ráster de diferentes ámbitos, temas y aplicaciones (INEGI, 2000). Con el MDE que proporciona el INEGI en su portal Continuo de Elevaciones Mexicano [*https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/*] se realizó el análisis geoespacial del SA y AI, pudiendo determinar aspectos más particulares como elevación, pendiente y exposición de laderas.

A. Altitud

Los parámetros representativos que caracterizan el relieve del **SA** son: i) elevación mínima de 1,639 msnm; ii) elevación máxima de 3,201 msnm; iii) elevación media de 2,294 msnm y, iv) desviación estándar de 288 m. Las elevaciones máximas se encuentras en la parte sur, las elevaciones mínimas en la parte noreste, las elevaciones medias se encuentran en la parte central principalmente. En el **sitio**, las elevaciones mínima, media y máxima son 1 666, 1670 y 1675 msnm, respectivamente.

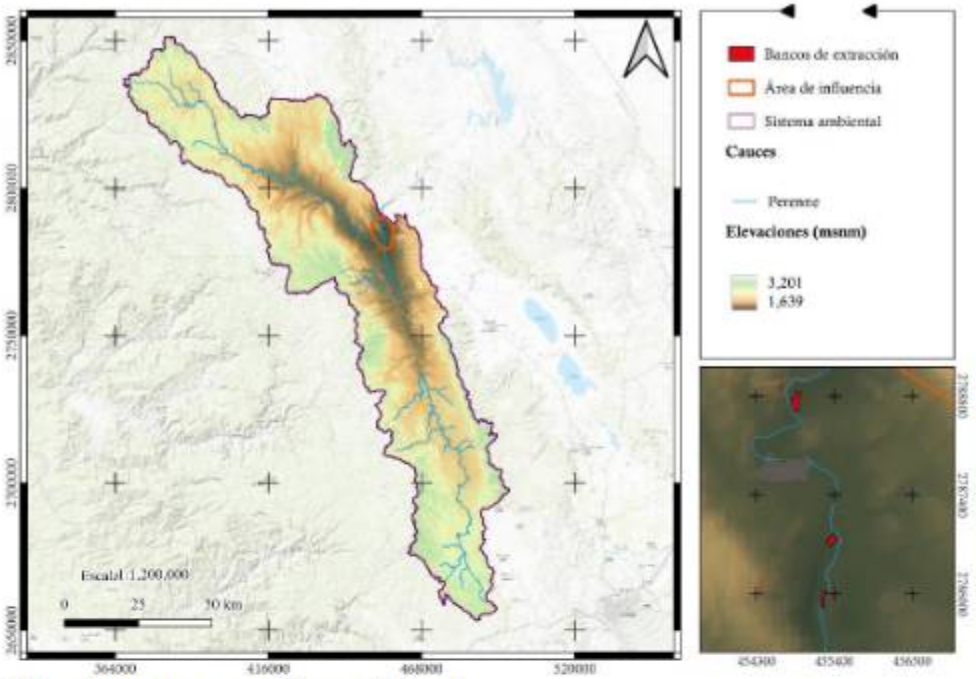


Ilustración IV-5. Elevaciones presentes en Sistema Ambiental.

B. Pendiente

Con la información contenida en el **DEM** del **SA** y con la ayuda de la herramienta [*Raster/ Analysis/ Slope*] de QGIS (Quantum GIS Team Development, 2026) se desarrolló el plano de pendientes (relieve). Ahora bien, considerando la clasificación propuesta por la FAO (2009) para caracterizar el relieve de una cuenca, la pendiente del SA se reclasificó con la ayuda de la calculadora ráster en función de las categorías del cuadro siguiente.

Cuadro IV-12. Clasificación de la pendiente del sistema ambiental (FAO, 2009).

Categoría	Pendiente (%)	Tipo de relieve
1	0 a 2	Plano
2	2 a 5	Ligeramente inclinado
3	5 a 10	Inclinado
4	10 a 15	Fuertemente inclinado
5	15 a 30	Moderadamente escarpado
6	30 a 60	Escarpado
7	> 60	Muy escarpado

La pendiente que presenta un sitio en conjunto con otros factores como el tipo de suelo y cobertura vegetal, están íntimamente ligados. La pendiente media del **SA** es de 6.38%, las pendientes más pronunciadas se encuentran en el extremo suroeste; mientras que las pendientes bajas se encuentran concentradas distribuidas en la mayoría del territorio. La pendiente del sitio corresponde a un rango plano de aproximadamente 1.53%.

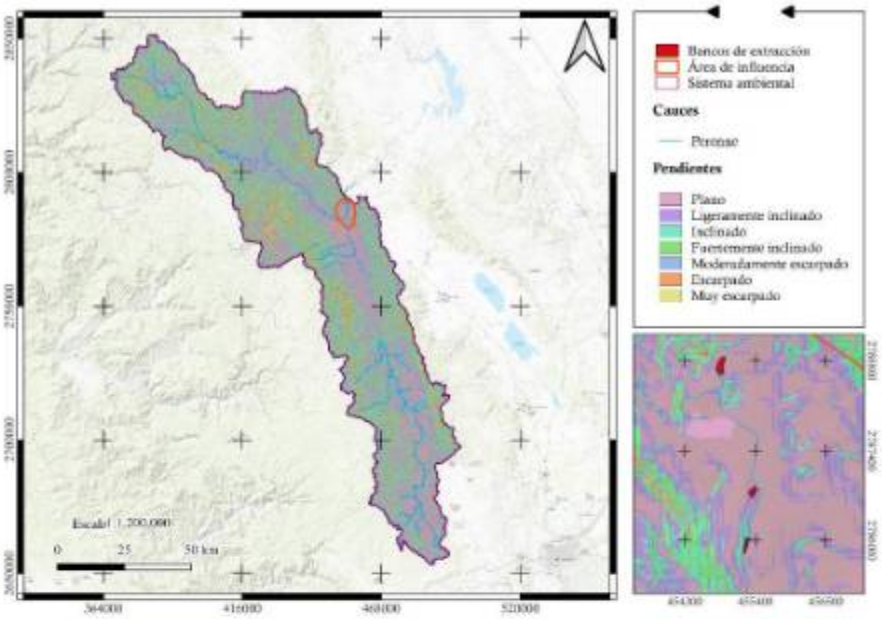


Ilustración IV-6. Clasificación de pendientes en el sistema ambiental y sitio.

C. Exposición de la ladera

A partir del **DEM** del **SA** y con la ayuda de la herramienta [*Processing toolbox/ SAGA/ Terrain Analysis (Wang & Liu, 2006)*] en QGIS (Quantum GIS Team Development, 2026) se desarrolló el plano de la exposición de la ladera o terreno y, posteriormente se reclasifico con la calculadora ráster en 9 categorías (como se muestra en el cuadro siguiente).

Cuadro IV-13. Clasificación de la exposición en el Sistema Ambiental.

Categoría	Exposición
1	Plano
2	Norte
3	Noreste
4	Este
5	Sureste
6	Sur
7	Suroeste
8	Oeste
9	Noroeste
10	Norte

Existen evidencias documentadas de que la orientación de las laderas modifica las condiciones microclimáticas de los sitios; por ejemplo, en el hemisferio norte, las laderas con exposición sur reciben mayor radiación solar (casi seis veces más) que sus contrapartes con orientación norte; siendo las laderas con exposición norte más húmedas en comparación con aquellas con orientación sur. Se ha generado un plano de la exposición de las laderas del SA, donde se puede observar que las exposiciones son ligeramente más abundantes en sentido cenital. A nivel **AI**, por lo plano del relieve se tienen pocas exposiciones, las cuales se pueden analizar a detalle en el plano del **Anexo 3.5**. La exposición del sitio es mayormente hacia el suroeste y este.

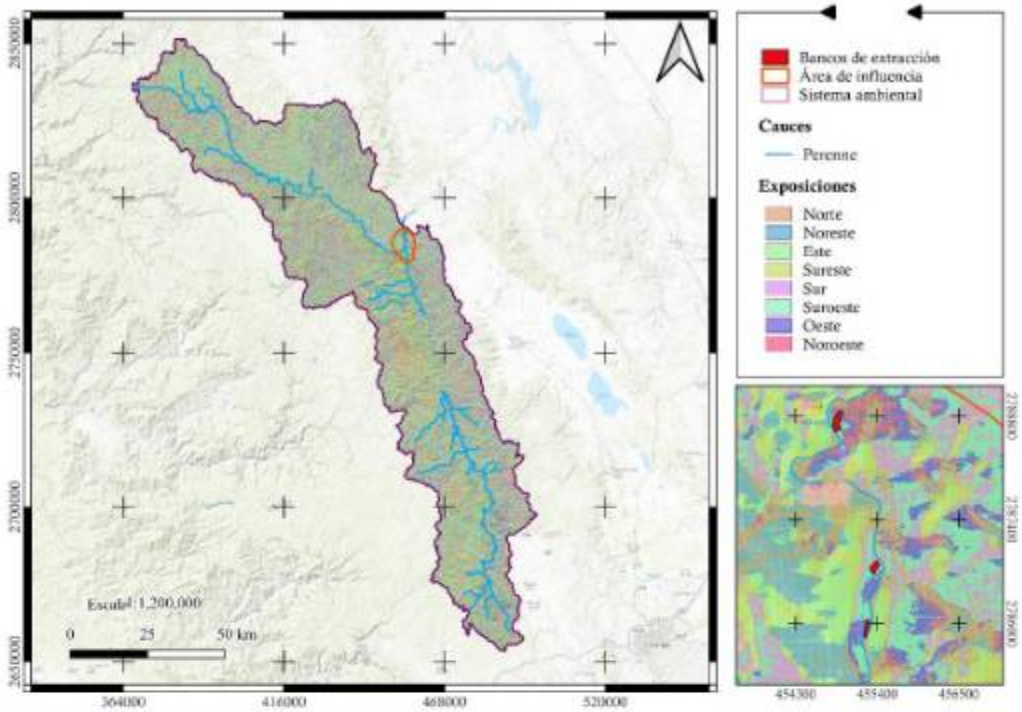


Ilustración IV-7. Distribución de la exposición en el Sistema Ambiental.

IV.2.1.4 Suelo

IV.2.1.4.1 Tipo de suelo

De acuerdo con la información obtenida de las cartas edafológicas, escala 1:25,000, de la Serie III, el suelo dominante dentro del SA corresponde al Regosol (38.3 %), lo que indica la prevalencia de suelos someros asociados a procesos erosivos y a condiciones geomorfológicas particulares. En segundo término, se identifica el Feozem (24.9 %), seguido del Cambisol (18.8 %), que representa una proporción menor pero relevante dentro del área. Los suelos con menor presencia corresponden al Vertisol (0.4%), mientras que las áreas sin clasificación edafológica representan una proporción marginal, la distribución de los suelos se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-14. Principales grupos de suelo presentes en el Sistema Ambiental.

Descripción	Textura	Fase física	Fase química	Superficie ha	Superficie %
Litosol	Media	Lítica	ND	24,343.1	3.6
Feozem háplico	Media	Nd	ND	168,678.4	24.9
Regosol Éutrico	Media	Lítica	ND	259,801.4	38.3
Cambisol Éutrico	Media	Lítica	ND	127,842.7	18.8
Feozem Lúvico	Media	Pedregosa	ND	9,445.2	1.4
Cambisol crómico	Media	Lítica	ND	19,296.3	2.8
Rendzinas	Media	Lítica	ND	29,704.6	4.4
Castañozem cálcico	Media	Pedregosa	ND	36,307.1	5.4
Vertisol Pélico	Fina	Nd	ND	2,998.1	0.4
				678,416.9	**100.00**

IV.2.1.4.2 Descripción

A continuación, se describen los tipos de suelo que se presentan en el SA, utilizando la clasificación del sistema internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Working Group WRB, 2014). Dicha información geográfica digital fue analizada de acuerdo con el Diccionario de Datos Edafológico Escala 1:250 000 Serie II (INEGI, 2010).

La descripción de la nomenclatura de los tipos de suelo se rige por los atributos siguientes:

Suelo dominante: Grupo de suelo que ocupa el 60% o más de extensión en la unidad edafológica.

Calificador Secundario del Suelo Dominante: Indican la segunda cualidad del suelo.

Calificador Primario del Suelo Dominante: Indican la cualidad dominante del suelo.

Suelo secundario: Grupo de suelo, que se estima, ocupa entre un 20 y 40% de extensión de la unidad edafológica.

Calificador Secundario del Suelo Secundario: Indican la segunda cualidad del suelo.

Calificador Primario del Suelo Secundario: Indican la cualidad dominante del suelo.

Suelo terciario: Grupo de suelo que se estima, ocupa un 20 % como máximo de extensión de la unidad edafológica.

Calificador Secundario del suelo terciario: Indican la segunda cualidad del suelo.

Calificador Primario del Suelo Terciario: Indican la segunda cualidad del suelo.

Textura del Suelo: Valor que se refiere a la proporción relativa a los diferentes tamaños individuales de partículas minerales del suelo menores a 2 mm de diámetro. Se divide en: 1 - Gruesa; 2 - Media; y 3 - Fina.

Limitante física superficial: Indica la presencia estimada de fragmentos de roca u otros minerales, en más del 30% del área. Se clasifica en: R - Pedregosa y r – Gravosa.

DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS PRINCIPALES

I. Litosol. Suelos muy someros, generalmente con menos de 10 cm de profundidad antes de encontrar roca continua. Se desarrollan principalmente en zonas montañosas, laderas escarpadas y terrenos accidentados donde los procesos erosivos son intensos y limitan la formación del suelo. Presentan abundantes fragmentos rocosos y escasa capacidad de retención de humedad. Son comunes en regiones áridas, semiáridas y serranas del país. La vegetación asociada suele corresponder a matorral xerófilo, pastizal o bosque abierto de encino y pino. Debido a sus limitaciones físicas, su uso principal es forestal, de conservación y agostadero.

II. Feozem háplico. Suelos con horizonte superficial oscuro, rico en materia orgánica y de buena fertilidad natural. Se desarrollan en climas templados y subhúmedos, generalmente sobre llanuras, valles y lomeríos suaves. Presentan buena estructura y adecuada capacidad para retener humedad, lo que favorece las actividades agrícolas. Son aptos para cultivos de temporal y riego, aunque pueden degradarse por erosión si se eliminan las coberturas vegetales. La vegetación natural asociada corresponde a pastizales, selvas bajas y bosques templados.

III. Regosol Éutrico. Suelos jóvenes y poco desarrollados, formados a partir de materiales sueltos recientes como depósitos aluviales, coluviales o materiales erosionados. Se caracterizan por carecer de horizontes bien definidos y presentar fertilidad moderada a alta debido a su saturación de bases. Se localizan en laderas, abanicos aluviales, terrazas fluviales y zonas con intensa dinámica geomorfológica. Son susceptibles a la erosión hídrica y eólica, especialmente en áreas con escasa cobertura vegetal. Su uso depende de la profundidad y pendiente del terreno, utilizándose principalmente para agricultura limitada y agostadero.

IV. Cambisol Éutrico. Suelos de desarrollo moderado que presentan cambios incipientes en color, estructura y consistencia respecto al material original. Poseen fertilidad relativamente alta y buena capacidad productiva cuando se manejan adecuadamente. Se distribuyen en zonas montañosas, lomeríos y piedemontes con climas templados y subhúmedos. Son aptos para agricultura, pastoreo y actividades forestales, aunque en pendientes pronunciadas pueden presentar susceptibilidad a la erosión. La vegetación natural incluye bosques templados, selvas bajas y matorrales.

V. Feozem Lúvico. Suelos profundos con horizonte superficial oscuro y acumulación de arcilla en el subsuelo debido a procesos de iluviación. Presentan buena fertilidad natural y adecuada retención de humedad, por lo que son ampliamente utilizados para actividades agrícolas. Se desarrollan en relieves suaves y climas subhúmedos a templados. Pueden presentar problemas de compactación o erosión cuando son sometidos a uso intensivo sin prácticas de conservación. La vegetación original suele corresponder a pastizales y bosques templados.

VI. Cambisol crómico. Suelos moderadamente desarrollados que presentan colores rojizos o pardos intensos debido a procesos de oxidación y buen drenaje. Se encuentran en regiones de clima cálido o templado subhúmedo, principalmente sobre lomeríos y sierras de pendiente moderada. Poseen fertilidad media y pueden destinarse a

actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Son susceptibles a degradación por erosión cuando la cobertura vegetal es eliminada. La vegetación asociada incluye selvas bajas caducifolias, matorrales y bosques abiertos.

VII. Rendzinas. Suelos someros desarrollados sobre materiales calizos, caracterizados por un horizonte superficial oscuro rico en materia orgánica y abundantes fragmentos de roca caliza. Se localizan principalmente en zonas kársticas, sierras calizas y lomeríos de roca sedimentaria. Presentan fertilidad moderada a alta, aunque su poca profundidad limita el desarrollo agrícola intensivo. Son frecuentes en regiones tropicales y templadas con vegetación de selva baja, matorral y bosque de encino. Su uso principal es forestal, pecuario y de conservación.

VIII. Castañozem cálcico. Suelos característicos de regiones áridas y semiáridas, con horizonte superficial de color pardo oscuro y acumulación de carbonato de calcio en el subsuelo. Presentan fertilidad moderada y contenido variable de materia orgánica. Se desarrollan en llanuras y valles con vegetación predominante de pastizales y matorral xerófilo. Son utilizados para agricultura de riego y ganadería extensiva, aunque requieren manejo adecuado para evitar procesos de salinización y erosión.

IX. Vertisol Pélico. Suelos arcillosos profundos de color negro o gris oscuro, caracterizados por su alto contenido de arcillas expansivas que se agrietan durante la sequía y se expanden al humedecerse. Se desarrollan en zonas de relieve plano o ligeramente ondulado, principalmente en climas cálidos y subhúmedos. Poseen alta fertilidad natural y buena capacidad de retención de nutrientes, por lo que son importantes para la agricultura. Sin embargo, presentan dificultades de manejo debido a su consistencia pegajosa en húmedo y extremadamente dura en seco. Son comunes en áreas agrícolas dedicadas a cultivos de granos y pastizales.

IV.2.1.4.3 Estado de conservación del suelo

El estado de conservación del suelo del SA, y en función de los análisis y resultados obtenidos para este recurso se puede catalogar como un **estado de conservación "medio"**, lo anterior con fundamento en el grado de erosión eólica clasificado como **"ligera"**, y suelos con **ligera** susceptibilidad a la erosión hídrica sobre todo en áreas con fuertes pendientes. Los fenómenos antropogénicos que inciden en su deterioro son los caminos de acceso entre las comunidades vecinales, y los caminos forestales en la parta alta de la cuenca. No se prevé un incremento en el grado de deterioro con la operación de las obras y actividades a nivel sitio, sin embargo, aguas debajo de los depósitos de materiales pétreos se pueden generar sedimentos con movimiento geológico de las gravas y arenas, por tanto, es necesario aplicar un programa de medidas de mitigación.

IV.2.1.4.4 Erosión hídrica

Para tener una idea del grado de *erosión hídrica* en el **sistema ambiental**, se utilizó la ecuación propuesta en el manual de ordenamiento de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1988), que utiliza el tipo de suelo, la pendiente del terreno y el tipo de vegetación con la expresión siguiente.

$$EH = IALLU \times CAERO \times CATEX \times CATOP \times CAUSO$$

donde; EH = Erosión hídrica (ton/ha/año), IALLU = Índice de agresividad de la lluvia, CAERO = Coeficiente de erodabilidad, CATEX = Calificación de textura y fase del suelo, CATOP = Calificación de la topografía, CAUSO = Calificación por uso de suelo.

Para estimar el valor de **IALLU**, es necesario conocer el número de días del año con disponibilidad de agua o período de crecimiento (**PECRE**) con la ecuación siguiente.

$$PECRE = 0.2408 * (P) - 0.0000372 * (P)^2 - 33.1019$$

Entonces, el valor de IALLU se obtiene con la expresión siguiente;

$$IALLU = 1.1244\ (PECRE) - 14.7875$$

Para obtener el valor de **CAERO** se hace el recorte del tipo de suelo en base a la carta de edafología serie III escala 1: 250, 000 editada por INEGI y se clasifican de acuerdo a la tabla siguiente:

Cuadro IV-15. Valores de CATEX para estimar el grado de erosión hídrica del SA.

CAERO	Unidad de suelo							
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck	Cl
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx	Gc
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc	Lf
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa	Qc
	Qf	Q1	Rc	Th	Tm	U	Zm	
1.0	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk	Gd
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Kl	Lc
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl	Rd
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg	Zo
2.0	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg	Gx
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg	Po
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We	Ws
	Wx	Xh	Xk	X1	Xy	Yh	Yk	Y1
	Yy	Yt	Zt					

Con herramientas de aplicaciones SIG se realizaron operaciones algorítmicas para obtener una capa tipo vectorial con el valor de CAERO ponderado por la superficie del SA con información proveniente de la carta de edafología proporcionada por el INEGI (2011). El valor de **CATEX** (textura y fase del suelo), también fue extraído a partir de la carta de edafología proporcionada por el INEGI (2011) con el uso de aplicaciones SIG. Los valores que toma CATEX por textura y fase son los siguientes.

Cuadro IV-16. Valores de CATEX para estimar el grado de erosión hídrica del SA.

CATEX	Textura y fase
0.2	1
0.3	2
0.1	3
0.5	Fase pedregosa y gravosa

Para estimar el valor de **CATOP** (calificación de la topografía), se realizaron operaciones algorítmicas con aplicaciones de SIG para reclasificar la superficie del SA por clase de pendiente considerando las categorías siguientes.

Cuadro IV-17. Valores de CATOP para estimar el grado de erosión del SA.

CATOP	Clase	Rango (%)
0.35	A	0 - 8
3.5	B	8 - 30
11	C	>30

Finalmente, los valores del **CAUSO** se obtienen en base al tipo de uso de suelo y vegetación, para lo cual, mediante el uso de herramientas SIG se realizaron operaciones algorítmicas a partir de la carta de uso de suelo y vegetación serie VII escala 1: 250, 000 editada por INEGI (2018). Los valores de CAUSO resultaron de la ponderación de la capa vectorial de uso de suelo y vegetación a partir del cuadro siguiente.

Cuadro IV-18. Valores de CAUSO por tipo de vegetación y uso de suelo.

Uso de suelo y vegetación	Valor
Agricultura de riego, agricultura de temporal, chinampa, nopalera.	0.80
Predio baldío, sitio de extracción, terracería, zona sin vegetación aparente.	0.40
Matorral rosetófilo.	0.15
Vegetación secundaria arbustiva y herbácea, zona federal CFE (derecho de vía).	0.13
Agroforestería, pastizal.	0.12
Barranca, bosque de encino perturbado, bosque de oyamel perturbado, bosque de pino perturbado, bosque inducido, bosque mixto de encino - pino (incluye pino - encino) perturbado, bosque mixto de pino – oyamel (incluye oyamel - pino) perturbado, pastizal de alta montaña, zona mixta de pastizal y bosque de oyamel, zona mixta de pastizal y bosque de pino.	0.11

Bosque de encino, bosque de oyamel, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, bosque mixto de encino - pino (incluye pino - encino), bosque mixto de pino - oyamel (incluye oyamel - pino), bosque mixto oyamel - tepozán - pino.	0.10
Zona mixta de vegetación crasicaule con encinal - pedregal, zona mixta de vegetación crasicaule con oyamel - pedregal, zona mixta de vegetación crasicaule con pinar - pedregal.	0.08
Humedal, zona inundable, zona mixta oyamel - pedregal, zona mixta pinar - encinar - pedregal, zona mixta pinar - pedregal.	0.05
Área verde urbana, asentamiento humano, ciclopista, cuerpo de agua, infraestructura, invernadero, pedregal, sitio de importancia cultural, vialidad pavimentada, zona de crecimiento urbana, zona urbana.	0.00

La metodología de cálculo para estimar la tasa de erosión hídrica se presenta en un anexo digital en **EXCEL**, y el valor estimado por tipo de textura se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-19. Valor de la erosión hídrica estimada (EH) en el SA.

Textura	Precipitación (mm)	PECRE	IALLU	CAERO	CATEX	CATOP	CAUSO	EH
Media	482.40	74.40	68.87	0.98	0.30	3.50	0.17	**11.91**

La tasa de erosión hídrica del SA se clasifica como **ligera (11.91 ton/ha/año)** considerando las categorías siguientes; i) ligera (≤12 ton/ha/año), ii) moderada (12 – 50 ton/ha/año), iii) alta (50 – 100 ton/ha/año) y, iv) muy alta (≥ 100 ton/ha/año).

IV.2.1.4.5 Erosión eólica

Para tener una idea del impacto que pude tener las obras y actividades sobre el grado de erosión eólica se realizó una estimación en el **sistema ambiental** usando la metodología de la SEDUE (1988). La metodología de cálculo considera la ecuación siguiente.

$$E_e = IAVIE * CATEX * CAUSO$$

donde; Ee= Erosión eólica (t ha^{-1} año^{-1}), IAV= Índice de agresividad del viento, CATEX= Calificación de textura y fase del suelo y, CAUSO= Calificación por uso del suelo.

En primer lugar, se calculó el índice de agresividad del viento (**IAVIE**) mediante la fórmula siguiente:

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (PECRE)$$

donde; PECRE = 0.2408 * (P) - 0.0000372 * (P)^2 -33.1019.

Para estimar el valor del **CATEX** se determinó la superficie del SA por tipo de suelo tomando la carta de edafología serie III de INEGI (2021), la calificación de textura y la fase se asignó mediante los valores correspondientes a suelos no calcáreos (SUECALC = 0) y suelos calcáreos (SUECALC = 1), respectivamente.

Cuadro IV-20. Valores para el cálculo de la capa de calificación de textura en suelos no calcáreos.

Valor de C	Textura* y fase de suelos no calcáreos
3.50	1 = gruesa
1.25	2 = media
1.85	3 = fina
1.75	1 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.92	3 y fase gravosa o pedregosa

Los valores de C para suelos calcáreos son los siguientes;

Cuadro IV-21. Valores para el cálculo de la capa de calificación de textura en suelos calcáreos

Valor de C	Textura* y fase de suelos calcáreos
3.5	1 = gruesa
1.75	2 = media
1.85	3 = fina
0.87	Fase pedregosa o gravosa

Posteriormente se ponderó la superficie del sistema ambiental por tipo de suelo y su respectiva calificación de textura y fase, mediante la fórmula siguiente:

$$CATEX = \frac{\sum_{i=1}^{n} Tipo_Suelo_i * C_i}{Sup_total}$$

donde; Tipo_Suelo = superficie que cubre el i-ésimo tipo de suelo (ha), C_i = calificación asignada para el i-ésimo tipo de suelo (adimensional) y Sup_total = superficie total del SA.

El uso de suelo y vegetación del SA determinó a partir de la capa de uso de suelo y vegetación de INEGI donde se le asignó el valor de **C**. Por tanto, el valor de **CAUSO** se estimó mediante un promedio ponderado de superficie y el valor de C con la expresión siguiente.

$$CAUSO = \frac{\sum_{i=1}^{n} Sup_Veg_i * C_i}{Sup_total}$$

donde; Sup_veg = superficie que cubre el i-ésimo tipo de vegetación o uso de suelo (ha), C_i = calificación asignada para el i-ésimo tipo de vegetación o uso de suelo (adimensional) y Sup_total = superficie total (ha).

Finalmente; la tasa de erosión eólica estimada para el SA resultó a partir de la metodología de cálculo siguiente.

Cuadro IV-22. Tasa de erosión eólica estimada para el sistema ambiental.

Precipitación (mm)	PECRE	IAVIE	CATEX	CAUSO	**Ee** (ton ha^{-1} $año^{-1}$)
482.40	74.40	103.832	1.3	0.2	**22.4**

Considerando las categorías propuestas por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1988), la tasa de erosión eólica se clasifica como **ligera**.

Cuadro IV-23. Clase de degradación para erosión eólica (INE, 1988).

Rango (ton/ha/año)	Categoría de degradación	Valor
< 12	Sin erosión	1
12 – 50	**Ligera**	**2**
50 – 100	Moderada	3
100 – 200	Alta	4
> 200	Muy alta	5

IV.2.1.5. Hidrología

De acuerdo a la clasificación hidrológica del Sistema Nacional del Información del Agua (CONAGUA, 2017), el área de influencia se ubica dentro del contexto hidrológico nacional que se detalla en el cuadro siguiente:

Cuadro IV-24. Ubicación del SA en el sistema hidrológico nacional.

Región hidrológica	(36) Nazas - Aguanaval
Cuenca	(C) Presa Lázaro Cárdenas
Subcuenca	(Cj) Río de Santiago
Microcuenca	Río Ramos

La ubicación geográfica del área de influencia ambiental en el contexto hidrológico nacional se muestra con detalle en Anexo 2.

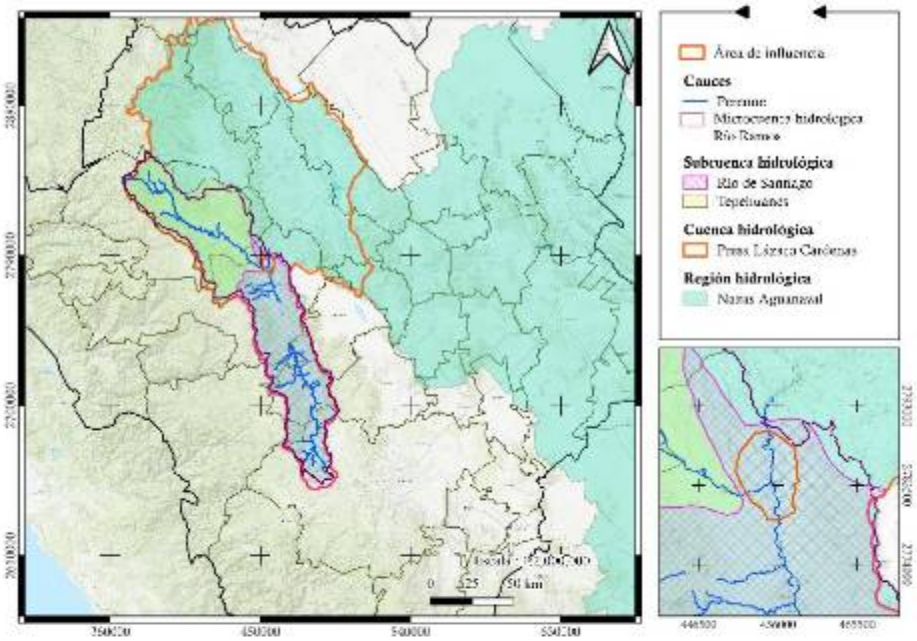


Figura IV-1. Ubicación del Sistema Ambiental en el contexto hidrológico nacional.

IV.2.1.4.6 Superficial

De acuerdo con la delimitación hidrológica administrativa de la CONAGUA, el SA pertenece a la Región Hidrológica 36 y los principales escurrimientos de agua superficial se detallan en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-25. Elementos hidrográficos presentes en el sistema ambiental y sus características.

Cauce	Nombre	Elevación			Longitud	Pendiente media
		Maxima	Media	Mínima		
Río	Río Ramos	1676	1598	1520	102821	0.1517
Río	Río Santa Rosalía	2002	1840	1678	88003	0.3681
Río	Río Santiago	2516	2097	1678	217327	0.3855
Río	Río Tepehuanes	2362	2021	1680	113274	0.602

El gasto (Q) se estimó considerando los valores *mínimo*, *promedio* y *máximo* de la precipitación media anual ponderada para el sistema ambiental con el **método racional** que transforma la lluvia en escurrimiento**,** los resultados se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-26. Gasto medio de los principales escurrimientos del SA.

Cauce	Intensidad de lluvia (mm/h)			Coeficiente de escurrimiento	Gasto (Q, m³/s)		
	Mínima	Promedio	Máxima		Mínimo	Promedio	Máximo
Río Ramos	0.3	0.8	1.2	0.2	107.4	305.6	473.6
Río Santa Rosalía	0.1	0.2	0.3	0.2	41.3	117.6	182.3
Río Santiago	0.1	0.2	0.4	0.2	42.1	119.7	185.5
Río Tepehuanes	0.1	0.3	0.5	0.2	49.7	141.4	219.1

El uso principal del agua superficial de estos escurrimientos es para la ganadería extensiva y en muy poco porcentaje para la agricultura de riego (menos del 1%). A nivel local en los depósitos de materiales pétreos en un radio de 20 km no hay la presencia de presas de almacenamiento de agua que puedan limitar la acumulación de sedimentos.

IV.2.1.4.7 Subterránea

Según el Atlas de la CONAGUA (CONAGUA-SEMARNAT, 2015), la importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. Para fines de la administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el DOF el 5 de diciembre de 2001.

A partir de esa fecha se inició un proceso de delimitación, estudio y determinación de la disponibilidad media anual de los acuíferos.

El SA se encuentran dentro de los límites de los acuíferos **Tepehuanes – Santiago** y **Matalotes – El Oro**, según la publicación de los acuíferos y su disponibilidad del 31 de diciembre de 2014 (DOF, 2014), estos acuíferos se encuentran en condición de **déficit,** por tal motivo existe una veda en el almacenamiento de agua superficial. Otro factor importante que considerar es la sobreexplotación de los acuíferos; de acuerdo con los resultados de los estudios recientes de la CONAGUA, se define si los acuíferos se consideran sobreexplotados o no, en función de la relación extracción/recarga; en este sentido, a nivel local las obras y actividades no implican el aprovechamiento de estos acuíferos.

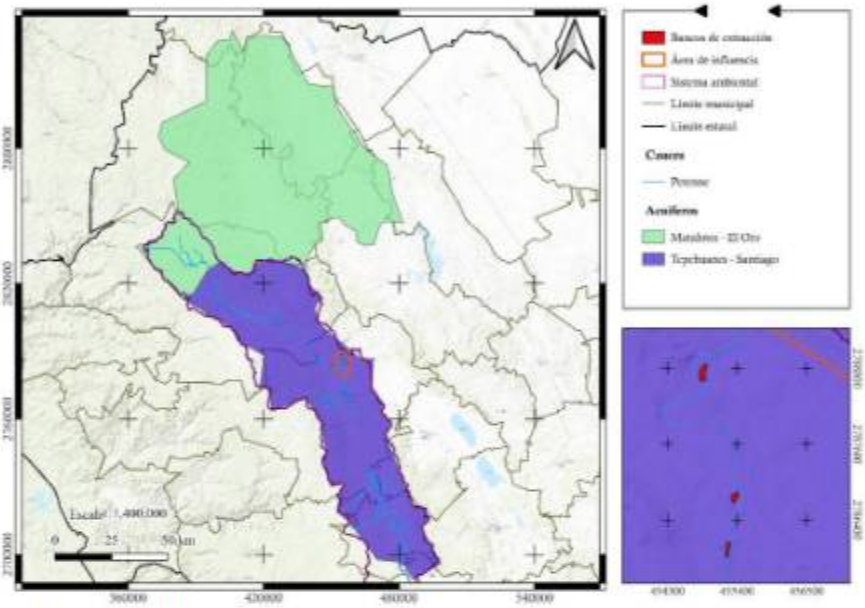


Figura IV-2. Ubicación del sistema ambiental respecto al acuífero.

IV.2.1.4.8 Calidad del agua

Un aumento en la **Demanda Biológica de Oxigeno** DBO_5 indica una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y se expresa en miligramos de **oxígeno** diatómico por litro (mg O_2/l), indispensable para que se mantenga la vida en los ecosistemas acuáticos. Los valores más altos de DBO_5 se encuentran en zonas altamente pobladas. La clasificación de la CONAGUA para las diferentes categorías de DBO_5 son: excelente ($DBO_5 \leq 3$), buena calidad ($DBO_5 > 3 \leq 6$), aceptable ($DBO_5 > 6 \leq 30$), contaminada ($DBO_5 \geq 30 \leq 120$ y fuertemente contaminada ($DBO_5 \geq 120$). Los estudios realizados para los cuerpos de agua del **SA** reportan 8 estaciones de monitoreo de la calidad del agua para el parámetro DBO_5, que se encuentran en las categorías excelente y buena calidad (**categoría de DBO_5 para las estaciones de monitoreo)**, **Excelente**: Rio Santiago 5, Atotonilco, Los Herrera Durango, J. Salome Acosta, Rio Tepehuanes 2, Rio Tepehuanes 1 y Santa Teresa de Pachón; **Buena calidad**: Rio Santiago 6.

La **demanda química de oxígeno** (**DQO**) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios **químicos** que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de **oxígeno** diatómico por litro (mg O_2/l). La clasificación de la CONAGUA para las diferentes categorías de DQO son: excelente (DBO≤10), buena calidad (DQO>10≤20), aceptable (DQO>20≤40), contaminada (DBO>40≤200 y fuertemente contaminada (DBO>2000). En el SA se cuenta con 8 estaciones de monitoreo de la calidad del agua para el parámetro DQO, cuya categoría es **Buena calidad** (Rio Santiago 6., Rio Santiago 5, Los Herrera Durango, Santa Teresa de Pachón y Rio Tepehuanes 2, **excelente** (Rio Tepehuanes 1) y aceptable (J. Salome Acosta y Atotonilco).

Sólidos suspendidos totales o total de sólidos en suspensión (SST), es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento. La clasificación de la CONAGUA para las diferentes categorías de SST es: excelente (SST ≤25), buena calidad (SST >25≤75), aceptable (SST >75≤150), contaminada (SST >150≤400

y fuertemente contaminada (SST >400).). En el SA se cuenta con 8 estaciones de monitoreo de la calidad del agua para el parámetro SST, cuya categoría es **Buena calidad** (Rio Santiago 6, Atotonilco), **Aceptable** J. Salome Acosta y **Excelente** (Los Herrera Durango, Rio Tepehuanes 2, Rio Tepehuanes 1, Santa Teresa de Pachón y Rio Santiago 5.)

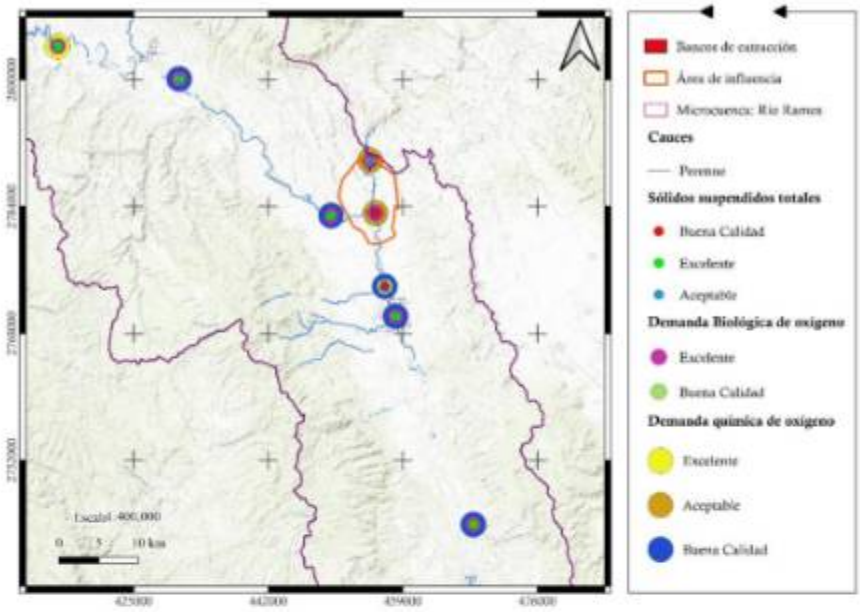


Ilustración IV-8. Parámetros de calidad del agua en el sistema ambiental.

IV.2.1.4.9 Uso de los cuerpos de agua

El uso del agua a nivel local es para consumo humano y animal, también existen zonas de manantiales y arroyos permanentes, sin embargo, en las partes bajas se aprovecha el agua para la agricultura de riego. El porcentaje que representa el agua empleada en usos productivos respecto al agua renovable es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en el país, cuenca o región. Si el porcentaje es mayor al 40%, entonces se ejerce una fuerte presión sobre el recurso. Como se puede ver en la imagen inmediata, el grado de presión sobre los recursos hidrológicos en la **Región Hidrológica - Administrativa VII** de la CONAGUA, es catalogada con un grado de presión **ALTO** (CONAGUA-SEMARNAT, 2015).



Ilustración IV-9. Grado de presión por región hidrológico-administrativa (2014).

IV.2.2 Medio biótico

IV.2.2.1 Vegetación

De acuerdo con la clasificación utilizada en la carta de suelo y vegetación escala 1: 1 000, 000 y si guía para la interpretación de cartografía (INEGI, 2017) indica que, en el SA se encuentran 8 tipos de vegetación, y 4 tipos de agro-sistemas, además se tiene áreas delimitadas como cuerpos de agua y asentamientos humanos y 9 tipos de vegetación secundarias. La distribución de los tipos de vegetación y uso de suelo se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro IV-27. distribución de los tipos de vegetación y uso de suelo.

Clave	Tipo de vegetación / uso del suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
AH	Asentamientos humanos	1505.92	0.22
BP	Bosque de pino	117071.64	17.26
BPQ	Bosque de pino-encino	98284.01	14.49
BQ	Bosque de encino	1234.39	0.18
BQP	Bosque de encino-pino	8996.51	1.33
H2O	Cuerpo de agua	216.29	0.03
MC	Matorral crasicaule	301.75	0.04
MDM	Matorral desértico micrófilo	1694.78	0.25
PI	Pastizal inducido	26822.41	3.95
PN	Pastizal natural	13388.31	1.97
RA	Agricultura de riego anual	2948.29	0.43
RAP	Agricultura de riego anual y permanente	1405.03	0.21
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	396.86	0.06
TA	Agricultura de temporal anual	48414.57	7.14
VSa/BP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	106966.64	15.77
VSA/BP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	31010.84	4.57
VSa/BPQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	65051.43	9.59
VSA/BPQ	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	50273.99	7.41
VSa/BQ	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	10696.42	1.58
VSa/BQP	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	3186.28	0.47
VSA/BQP	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	341.83	0.05
VSa/PN	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	88025.67	12.98
VSh/BP	Vegetación secundaria herbácea de bosque de pino	183.05	0.03
		678416.91	**100.00**

Ahora bien, respecto al sitio donde se desarrollarán las obras y actividades, el tipo de vegetación corresponde a **agricultura de temporal anual,** sin embargo, para ser más precisos la vegetación presente es de galería dentro del cauce del río (cuerpos de agua). Las características más importantes para cada uno de los tipos de vegetación se describen a continuación:

Asentamientos humanos (AH). Comprende las áreas ocupadas por ciudades, localidades rurales, infraestructura urbana, zonas industriales, caminos y servicios. Se caracterizan por la sustitución de la vegetación natural por construcciones y superficies impermeables. Incluye viviendas, vialidades, áreas comerciales y espacios modificados por actividades humanas permanentes.

Bosque de pino (BP). Vegetación dominada principalmente por especies del género Pinus, distribuida en zonas montañosas y templadas. Se desarrolla en climas semifríos y templados subhúmedos, sobre suelos relativamente profundos de origen ígneo o sedimentario. Los árboles alcanzan alturas variables y suelen formar masas forestales densas asociadas a especies herbáceas y arbustivas.

Bosque de pino-encino (BPQ). Asociación vegetal donde predominan especies de Pinus acompañadas de encinos (Quercus). Se distribuye en sierras y regiones montañosas con clima templado subhúmedo. Representa una comunidad de transición entre bosques de pino y encino, con alta diversidad florística y estratificación arbórea compleja.

Bosque de encino (BQ). Comunidad vegetal dominada por especies del género Quercus. Se desarrolla en climas templados y semicálidos, sobre diversos tipos de suelo y relieves montañosos. Puede presentarse como bosque denso o abierto, con árboles de talla media acompañados por arbustos y herbáceas.

Bosque de encino-pino (BQP). Vegetación forestal en la que predominan los encinos (Quercus) acompañados por especies de Pinus. Se distribuye en zonas serranas templadas y subhúmedas. Constituye una transición ecológica entre encinares y pinares, generalmente sobre laderas y elevaciones medias.

Cuerpo de agua (H2O). Incluye lagos, presas, lagunas, ríos, bordos y otros depósitos naturales o artificiales de agua superficial. Estas áreas permanecen cubiertas por agua de manera permanente o temporal y son fundamentales para el abastecimiento, regulación hidrológica y conservación de ecosistemas acuáticos.

Matorral crasicaule (MC). Comunidad vegetal característica de zonas áridas y semiáridas, dominada por plantas suculentas y cactáceas de tallos carnosos adaptadas a la escasez de agua. Se desarrolla en climas secos, generalmente sobre laderas pedregosas y suelos someros. Incluye nopales, órganos, biznagas y otras especies xerófitas.

Matorral desértico micrófilo (MDM). Vegetación típica de regiones áridas con predominio de arbustos de hojas pequeñas o reducidas, adaptadas a la pérdida mínima de agua. Se desarrolla en climas muy secos y suelos pobres o pedregosos. Las especies presentan cobertura dispersa y crecimiento bajo.

Pastizal inducido (PI). Área dominada por gramíneas establecidas o favorecidas por actividades humanas como desmontes, agricultura abandonada o ganadería. Generalmente sustituye a la vegetación original y puede ser utilizada para pastoreo extensivo.

Pastizal natural (PN). Comunidad vegetal dominada naturalmente por gramíneas y otras herbáceas, localizada en zonas semiáridas, templadas o de transición. Presenta cobertura continua de pastos con escasa presencia arbórea y constituye una importante fuente de forraje para fauna silvestre y ganado.

Agricultura de riego anual (RA). Consiste en el suministro artificial de agua a cultivos de ciclo anual mediante canales, bombeo o sistemas tecnificados. Permite mantener la producción independientemente de la precipitación y favorece cultivos intensivos de corta duración.

Agricultura de riego anual y permanente (RAP). Sistema agrícola bajo riego que combina cultivos de ciclo anual con cultivos permanentes como frutales o plantaciones. El aporte artificial de agua permite mantener la productividad durante todo el año y reducir la dependencia climática.

Agricultura de riego anual y semipermanente. Área agrícola irrigada donde coexisten cultivos anuales y semipermanentes, estos últimos con ciclos productivos mayores a un año, pero menores que los permanentes. El riego asegura disponibilidad hídrica constante para mantener la producción.

Agricultura de temporal anual (TA). Agricultura dependiente principalmente de la precipitación pluvial, destinada a cultivos de ciclo anual. Su productividad está condicionada por la cantidad y distribución de lluvias durante el periodo de crecimiento de los cultivos.

Vegetación Secundaria (VS). Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea. En las comunidades vegetales en forma natural existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad como incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera. En general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada. Estas especies forman fases sucesionales conocidas como "Vegetación Secundaria" que de manera natural pueden favorecer la recuperación de la vegetación original. A causa de la complejidad de definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística y ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; se consideran con base en las formas de vida presentes y su altura tres fases: i) vegetación secundaria herbácea, ii) vegetación secundaria arbustiva y, iii) vegetación secundaria arbórea.

IV.2.2.1.1 Especies de importancia económica

Se consideran especies de importancia económica a las especies vegetales de las que el hombre depende para satisfacer sus necesidades tales como; su desarrollo biológico, científico, cultural y consecuentemente económico. En este caso, las especies de importancia económica se han clasificado en las categorías siguientes:

a) **Especies maderables**

A nivel regional se encuentran especies maderables de importancia comercial, las cuales son utilizadas por los propietarios de los terrenos para satisfacer sus necesidades bajo esquemas de programas de manejo forestal sustentable. Las especies más comunes encontradas en el **sistema ambiental** pertenecen a los géneros *Pinus* y *Quercus*. La utilización se reserva únicamente para la venta de madera para su asierre.

b) Especies no maderables

Según el Estudio Regional Forestal de las UMAFOR 1005, existen plantas silvestres que se utilizan como comestibles, medicinales, ornamentales, y forrajeras, además de las maderables, para alimentar al ganado mediante pastoreo libre se utilizan las especies forrajeras entre las que destacan *Agave durangensis, Agave salmiana, Dasylirium whelery* y dos especies de orégano (*Lippia graveones y Lippia berlandieri*).

IV.2.2.1.2 Especies de interés especial

Dado a que los bancos de materiales pétreos se ubican en el cauce del río Ramos, no se encuentran especies vegetales bajo estatus de conservación según *NOM-059* en el sitio. Sin embargo, en el **sistema ambiental** se reportan especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo como son las siguientes.

Cuadro IV-28. distribución de los tipos de vegetación y uso de suelo

Nombre científico	Nombre común	Familia	Categoría NOM-059	Endemismo
Picea chihuahuana	Pícea de Chihuahua	Pinaceae	P	Endémica de México
Pseudotsuga menziesii	Oyamel de Douglas	Pinaceae	Pr	No endémica
Cupressus lusitanica	Ciprés	Cupressaceae	Pr	No endémica
Juglans major	Nogal	Juglandaceae	Pr	No endémica
*Magnolia pacifica**	Magnolia	Magnoliaceae	A	Endémica de México
Mammillaria guelzowiana	Biznaga	Cactaceae	P	Endémica
Dasylirion durangense	Sotol	Asparagaceae	Pr	Endémica
Agave victoriae-reginae	Maguey reina	Asparagaceae	P	Endémica

IV.2.2.2 Fauna

La información referente al estado actual de la fauna silvestre a nivel regional es escasa, por lo que se llevó a cabo un diagnóstico general de las especies que incluyó información colectada en campo, así como encuestas testimoniales de los habitantes de la zona y revisión bibliográfica de los datos disponibles para la región. Los listados que se presentan son el resultado de la revisión de avistamientos, reportados por la CONABIO en su página de internet (*http://www.naturalista.mx/*), así como la fauna reportada para el estudio regional de la CONAFOR, de igual manera fueron tomadas en cuenta las aportaciones de los habitantes de la región.

IV.2.2.2.1 Especies reportadas a nivel local

A fin de cuantificar la fauna silvestre en el **sitio** se utilizaron técnicas y metodologías que garantizan su identificación, abundancia y diversidad considerando las herramientas siguientes; i) material de apoyo para la determinación de especies utilizando las guías de campo, ii) literatura disponible propuesta por Stebbins & Cohen (1985) y Conant y Collins (1997) para reptiles; Sibley (2001), Kaufman (2005) para aves; Caire (1978), Burt y Grossenheiderr (1980) y, iii) recorridos de campo, con el fin de diagnosticar su estado actual y estacionalidad.

Para estimar la abundancia diversidad de las poblaciones locales de fauna silvestre se realizaron **transectos** por el cauce del río durante el cual se observaron y registraron todas las especies avistadas, el levantamiento de datos se realizó en las cuatro estaciones del año, esto con el fin de poder detectar especies migratorias o aquellas que presentan actividad únicamente durante le época de lluvias, los meses de muestreo de la fauna fueron enero, marzo, junio y septiembre del **2025**. Se generó una lista de especies de cada uno de recorridos de muestreo, sin embargo, previo al muestreo de campo se generó una base de datos de especies que potencialmente podrían encontrarse en el sitio

(Barnett y Dutton, 1995; Bautista et al., 2011) incluyendo especies endémicas y amenazadas. Los recorridos fueron realizados por dos personas procurando los horarios de mayor actividad, manteniendo una velocidad constante de entre 1.0 y 1.5 km/h, preferentemente entre las 6:00 y 10:00 horas para especies diurnas y 18:00 y 22:00 horas para las especies nocturnas (Peres,1999; Wallace, 1999). La metodología para la caracterización de las especies de fauna fue a partir de **técnicas directas**, las cuales son aquéllas que se refieren a un contacto activo con el individuo, ya sea avistamiento o al oído (escuchar), mostrando una evidencia de su presencia en ese lugar y en ese momento. Los resultados son los siguientes.

Cuadro IV-29. Especies de fauna identificadas en el sitio.

AVES										
ID	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Endemismo	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución vertical
1	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	SC	No endémica	Residente-migratorio	Poco común	Solitaria	Carnívora	Bosques templados y áreas arboladas	500–2,500 m
2	*Meleagris gallopavo*	Guajolote norteño	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Bosques de pino-encino y encinares	1,000–2,500 m
3	*Gallinago delicata*	Agachona común	SC	No endémica	Migratoria	Poco común	Solitaria	Insectívora	Humedales, marismas y pastizales húmedos	0–2,000 m
4	*Lanius ludovicianus*	Alcaudón verdugo	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Carnívora / insectívora	Matorral xerófilo y zonas abiertas	0–2,500 m
5	*Bombycilla cedrorum*	Ampelis chinito	SC	No endémica	Migratoria	Común	Gregaria	Frugívora	Bosques abiertos y áreas arboladas	0–2,500 m
6	*Spiza americana*	Arrocero americano	SC	No endémica	Migratoria	Poco común	Gregaria	Granívora	Pastizales y zonas agrícolas	0–1,500 m
7	*Attila spadiceus*	Atila	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Insectívora / frugívora	Selvas tropicales y bordes de bosque	0–1,800 m
8	*Atlapetes pileatus*	Atlapetes gorra rufa	SC	Endémica	Residente	Común	Pareja	Granívora / insectívora	Bosques templados y montanos	1,500–3,000 m
9	*Sialia mexicana*	Azulejo garganta azul	SC	No endémica	Residente	Común	Pareja	Insectívora	Claros de bosque y zonas abiertas	1,000–3,000 m
10	*Icterus bullockii*	Bolsero calandria	SC	No endémica	Migratoria	Común	Pareja	Omnívora	Bosques abiertos, riberas y zonas urbanas	0–2,500 m
11	*Icterus pustulatus*	Bolsero dorso rayado	SC	No endémica	Residente	Común	Pareja	Omnívora	Selva baja caducifolia y matorral	0–1,800 m
12	*Ciccaba virgata*	Búho café	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Carnívora	Bosques tropicales y subtropicales	0–1,500 m
13	*Cacicus melanicterus*	Cacique mexicano	SC	Cuasiendémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	*Selvas húmedas y subhúmedas, bordes de bosque*	0–1,500 m
14	*Himantopus mexicanus*	Candelero americano	SC	No endémica	Residente-migratoria	Común	Gregaria	Insectívora	*Humedales, lagunas someras y marismas*	0–1,800 m
15	*Ptilogonys cinereus*	Capulinero gris	SC	Cuasiendémica	Residente	Común	Gregaria	Frugívora / insectívora	*Bosques templados y montanos*	1,500–3,000 m
16	*Poecile sclateri*	Carbonero mexicano	SC	Cuasiendémica	Residente	Común	Gregaria	Insectívora	*Bosques de pino-encino*	1,800–3,500 m
17	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	SC	No endémica	Residente	Común	Pareja	Granívora / omnívora	*Matorral, zonas ribereñas y áreas urbanas*	0–2,000 m
18	*Mimus polyglottos*	Centzontle norteño	SC	No endémica	Residente	Común	Pareja	Omnívora	*Áreas abiertas, matorrales y zonas urbanas*	0–2,500 m
19	*Cyanocitta stelleri*	Chara crestada	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	*Bosques templados y de coníferas*	1,200–3,200 m
20	*Myioborus pictus*	Chipe ala blanca	SC	No endémica	Residente	Común	Pareja	Insectívora	*Bosques templados y montanos*	1,500–3,000 m
21	*Dendroica petechia*	Chipe amarillo	SC	No endémica	Residente-migratoria	Común	Pareja	Insectívora	*Bosques ribereños y manglares*	0–2,000 m
22	*Corvus corax*	Cuervo común	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Zonas abiertas, montañosas y áreas rurales	0–3,500 m
23	*Bubulcus ibis*	Garza ganadera	SC	Exótica	Residente	Común	Gregaria	Insectívora	Pastizales, áreas agrícolas y humedales	0–2,000 m
24	*Ardea herodias*	Garza morena	SC	No endémica	Residente-migratoria	Común	Solitaria	Piscívora	Ríos, lagunas, presas y humedales	0–2,500 m
25	*Circus cyaneus*	Gavilán rastrero	SC	No endémica	Migratoria	Poco común	Solitaria	Carnívora	Pastizales, humedales y áreas abiertas	0–3,000 m
26	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina ala aserrada	SC	No endémica	Residente-migratoria	Común	Gregaria	Insectívora	Áreas abiertas, cercanas a cuerpos de agua	0–2,500 m

27	*Tachycineta bicolor*	Golondrina bicolor	SC	No endémica	Migratoria	Común	Gregaria	Insectívora	Zonas abiertas y humedales	0–2,000 m
28	*Melospiza melodia*	Gorrión cantor	SC	No endémica	Residente-migratoria	Común	Pareja	Granívora / insectívora	Humedales, matorrales y pastizales	0–2,500 m
29	*Passer domesticus*	Gorrión casero	SC	Exótica	Residente	Abundante	Gregaria	Omnívora	Zonas urbanas y asentamientos humanos	0–2,800 m
30	*Calocitta formosa*	Hurraca hermosa	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Selvas secas, bordes de bosque y zonas abiertas	0–1,800 m
31	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenalito	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Zonas abiertas con arbustos y riberas	0–2,000
32	*Mitrephanes phaeocercus*	Mosquero copetón	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Insectívora	Bosques templados y de montaña	1,200–3,000
33	*Pachyramphus major*	Cabezón grande	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Insectívora	Bosques tropicales y subtropicales	0–1,800
34	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	SC	No endémica	Residente	Abundante	Gregaria	Granívora	Zonas abiertas, agrícolas y urbanas	0–2,000
35	*Patagioenas fasciata*	Paloma de collar	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Frugívora	Bosques templados y de montaña	1,200–3,500
36	*Columba livia*	Paloma doméstica	SC	No endémica	Residente	Abundante	Gregaria	Granívora	Zonas urbanas	0–2,500
37	*Zenaida macroura*	Tórtola cola larga	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Granívora	Zonas abiertas y semiáridas	0–2,500
38	*Loxia curvirostra*	Pico cruzado	SC	No endémica	Residente	Poco común	Gregaria	Granívora	Bosques de coníferas	2,000–3,800
39	*Saltator coerulescens*	Saltador gris	SC	No endémica	Residente	Común	Parejas	Omnívora	Bosques tropicales y matorrales	0–1,800
40	*Carpodacus cassinii*	Pinzón de Cassin	SC	No endémica	Migratoria	Poco común	Gregaria	Granívora	Bosques de coníferas	2,000–3,500
41	*Arremonops rufivirgatus*	Gorrión oliva	SC	No endémica	Residente	Común	Parejas	Omnívora	Matorrales y bosques tropicales secos	0–1,500
42	*Ardea alba*	Garza blanca	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Carnívora	Ríos, lagunas, presas y humedales	0–2,500 m
43	*Cathartes aura*	Zopilote aura	SC	No endémica	Residente	Abundante	Gregaria	Carroñera	Zonas abiertas y rurales	0–3,000
44	*Coragyps atratus*	Zopilote negro	SC	No endémica	Residente	Abundante	Gregaria	Carroñera	Zonas urbanas y abiertas	0–2,500
					REPTILES Y ANFIBIOS					
1	*Bufo punctatus*	Sapo moteado	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Zonas áridas y semiáridas	0–2,000
2	*Conopsis nasus*	Culebra nariz larga	SC	Endémica de México	Residente	Poco común	Solitaria	Carnívora	Bosques templados y matorrales	1,500–3,000
3	*Hyla eximia*	Ranita arborícola	Pr	Endémica de México	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Bosques templados y cuerpos de agua	1,500–3,000
4	*Sceloporus imbricatus*	Lagartija escamosa	SC	Endémica de México	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Bosques y matorrales	1,200–2,800
5	*Urosaurus ornatus*	Lagartija arborícola	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Zonas áridas y rocosas	0–2,000
6	*Phrynosoma modestum*	Lagartija cornuda chica	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Insectívora	Pastizales semiáridos	1,200–2,800
7	*Crotalus molossus*	Cascabel negra	SC	No endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Carnívora	Bosques y matorrales	1,200–3,000
8	*Lithobates chiricahuensis*	Rana leopardo Chiricahua	A	No endémica	Residente	Rara	Solitaria	Insectívora	Ríos, arroyos, charcas permanentes y zonas riparias	1,200–2,500 m
9	*Dryophytes eximius*	Rana arborícola de montaña	Pr	Endémica	Residente	Común	Gregaria	Insectívora	Pastizales, matorrales y cuerpos de agua temporales	1,000–2,800 m
10	*Incilius mccoyi*	Sapo de la Sierra Madre Occidental	SC	Endémica	Residente	Poco común	Solitaria	Insectívora	Bosques de encino-pino, arroyos y zonas húmedas serranas	1,500–2,700 m
					MAMÍFEROS					
1	*Platyrrhinus helleri*	Murciélago frutero de Heller	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Frugívora	Selvas y bosques tropicales	0–1,800
2	*Pipistrellus hesperus*	Murciélago occidental	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Zonas áridas y semiáridas	0–2,500
3	*Myotis auriculus*	Murciélago orejón norteño	SC	No endémica	Residente	Poco común	Gregaria	Insectívora	Bosques templados	1,200–3,000
4	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache común	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Omnívora	Selvas y zonas urbanas	0–2,000

5	*Sylvilagus floridanus*	Conejo castellano	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Herbívora	Pastizales y matorrales	0–3,000
6	*Odocoileus virginianus*	Venado cola blanca	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Herbívora	Bosques y matorrales	0–3,500
7	*Nasua narica*	Tejón	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Selvas y bosques	0–2,000
8	*Procyon lotor*	Mapache	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Zonas ribereñas y urbanas	0–2,500
9	*Canis latrans*	Coyote	SC	No endémica	Residente	Común	Solitaria	Omnívora	Matorrales y pastizales	0–3,500
10	*Peromyscus difficilis*	Ratón de campo	SC	Endémica de México	Residente	Común	Solitaria	Omnívora	Bosques templados y matorrales	1,500–3,200
11	*Sciurus aberti durangi*	Ardilla de Abert (Durango)	SC	Subespecie endémica de México	Residente	Poco común	Solitaria	Herbívora	Bosques de pino	2,000–3,200
12	*Pecari tajacu*	Jabalí de collar	SC	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Herbívora	Selvas secas y matorrales	0–2,500
					PECES					
1	*Cyprinella lutrensis*	Carpita roja	A	No endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Ríos, arroyos y cuerpos de agua con corriente moderada	500–2,000 m
2	*Codoma ornata*	*Carpita negra*	*Pr*	*No endémica*	*Residente*	*Poco común*	*Gregaria*	*Detritívora*	*Ríos y pozas profundas con fondos arenosos o rocosos*	*500–2,200 m*
3	*Astyanax argentatus*	Tetra plateado	SC	Endémica	Residente	Común	Gregaria	Omnívora	Arroyos, ríos y remansos de agua dulce	400–2,000 m
4	*Notropis mayranensis*	Carpita Mayrán	SC	Endémica	Residente	Rara	Gregaria	Omnívora	Manantiales, arroyos y ríos de corriente lenta	800–2,000 m

Con respecto a las especies de peces y anfibios con posibilidad de encontrarse en el sitio se anexa su ficha técnica aclarando que las obras y actividades se realizara únicamente en la temporada de estiaje, cuando el cauce presenta un menor caudal, de la misma forma han propuesto medidas de protección y mitigación para no afectar de manera directo o indirecta a estas especies.

Cuadro IV-30. Ficha técnica y distribución de especies de peces y anfibios del sitio.

Especie	Ficha técnica	Referencia
Lithobates chiricahuensis		
Dryophytes eximius		

Cyprinella lutrensis





Codoma ornata





IV.2.2.2.2 Especies de importancia económica y/o cinegética

Para el aprovechamiento de la vida silvestre es necesario realizar estudios específicos bajo los lineamientos del sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS) conforme lo establece el artículo*39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47 de la Ley General de Vida Silvestre del año 2000* . Por lo anterior, cuando se requiera aprovechar alguna especie de fauna debe reglamentarse bajo los supuestos de la Ley General de Vida Silvestre. Según el calendario de épocas hábiles y lista de especies de aves canoras y de ornato para captura con fines de subsistencia para la temporada 2025 - 2026, emitido por la SEMARNAT y en cotejo de las especies reportadas en la región se tiene las especies siguientes.

Cuadro IV-31. Especies de aves incluidas en el CEHACO 2025-2026 de la SEMARNAT.

Nombre común	Nombre científico	Cantidad	Durango	Época hábil de aprovechamiento
Cuervo grande	*Corvus corax*	3	Permitido	01-09-25 / 28-02-26

En el sistema ambiental y en el sitio no se identificaron con UMAS registradas ante la SEMARNAT para el aprovechamiento de alguna especie de fauna silvestre. Sin embargo, la fauna reportada para las UMAFORES 1005 y según el calendario de épocas hábiles 2025 -2026, por entidad federativa emitido por la SEMARNAT, se pudieron identificar 4 especies de mamíferos y 1 especies de aves, las cuales se presentan el cuadro siguiente:

Cuadro IV-32. Especies de importancia cinegética del sistema ambiental.

Nombre común	Nombre científico	Inicia	Termina
Guajolote Silvestre	*Meleagris gallopavo*	24 de marzo de 2025	23 de mayo de 2026
Coyote	*Canis latrans*	7 de octubre de 2025	5 de febrero de 2026
Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	7 de octubre de 2025	5 de febrero de 2026
Pecari de collar	*Pecari tajacu*	28 de octubre de 2025	19 de marzo de 2026
Venado Cola Blanca	*Odocoileus virginianus*	25 de noviembre de 2025	19 de febrero de 2026

IV.2.3 Paisaje

La metodología utilizada para evaluar el paisaje fue la repostada por Álvarez *et al*. (1999), que analiza el paisaje local, como una característica integradora del **sistema ambiental**, que resume los atributos del medio en su estado actual, donde se incluyen los efectos derivados de la actividad antropogénica. Para este estudio el paisaje se evaluó desde un marco geo-ecológico (relación y condiciones del suelo con respecto al estatus ecológico del sitio), dado que el objetivo principal fue definir la **calidad visual** a nivel regional como un indicador, para evaluar de manera objetiva el impacto

ambiental que las obras y actividades pudiera tener sobre el paisaje. El **SA** se dividió en unidades paisajistas de acuerdo con el criterio fisiográfico, de cobertura vegetal (tipos de vegetación) y de uso de suelo. Las variables que se evaluaron para cada unidad fueron: (i) **calidad visual**, (ii) **fragilidad visual** y, (iii) **visibilidad**. A partir de estas dos últimas, se determinó la **calidad visual**, como el indicador que integra la sensibilidad del proceso de deterioro por las actividades socioeconómicas principalmente. En el contexto de las actividades productivas, el paisaje se comporta como un recurso natural aprovechable mediante actividades específicas (Carabelli, 2002), por lo que la importancia que tiene este atributo en la evaluación del impacto ambiental es de orden primario, ya que integra las características de los factores y atributos del ambiente. En el proceso de evaluación del impacto ambiental, la caracterización de este atributo, sumado al diagnóstico y al análisis de la problemática ambiental, brinda a los evaluadores indicadores globales de juicio, que dan una visión del estado en el que se encuentra el ecosistema natural. El paisaje está determinado por las características físicas y bióticas principalmente de cada nivel de estudio, el cual, a nivel de **sitio o local**, es un *cauce natural donde prevalece la* ***vegetación de galería*** *donde su relieve se modifica por las crecidas anuales del río*. En su microclima se analizaron las principales variables que influyen en su caracterización (temperatura y precipitación); en su topografía, se consideran sus pendientes máximas y mínimas (relieve) que se contrasta con la infraestructura civil; con respecto a la hidrología, se evalúa como se modificará la cantidad y calidad de los escurrimientos y cuerpos de agua; en la geología y edafología, al tratarse de rocas ígneas extrusivas que dieron origen a suelos dominantes de la clase de **leptosol y chernozem**, se evalúa su relación con las estructuras vegetales. Con el análisis de los componentes físicos y bióticos se pudieron identificar aquellos umbrales que se han dado de manera natural como barrancas, lomeríos, planicies, arroyos, los tipos de vegetación presentes, los climas que permiten esa estructura y los suelos que dan origen; otros factores en el paisaje son aquellos generados por las actividades antropogénicas, cuya principal evidencia son: las áreas destinadas a la agricultura y ganadería, infraestructura civil (puentes, caminos de acceso, línea eléctricas, etc.) y los poblados o zonas urbanas.

a). Calidad visual

Los criterios estéticos incluidos para definir la **calidad visual** según Álvarez *et al*. (1999) fueron; i) el **agua** es un elemento relevante, ii) preferencia estética de elementos **verdes** frente a zonas más secas, iii) preferencia por formaciones arbóreas frente a las arbustivas, iv) preferencia por zonas de topografía accidentada frente a las superficies llanas y, v) diversidad o mosaico paisajístico frente a la monotonía de paisajes homogéneos. Con estos criterios, se puede realizar una **valoración cuantitativa** la cual estará dada en función de conceptos y percepciones subjetivas, pero que al darle un valor numérico ayudarán a ubicar el paisaje en una valoración a nivel escala; dando un valor mayor (3) a aquel paisaje que cumpla con las expectativas mencionadas anteriormente y un valor menor (1) a aquellos paisajes que no cumplan o no satisfagan el criterio de valoración; derivado de la asignación anterior, tenemos lo siguiente.

Cuadro IV-33. Valoración de los criterios estéticos del paisaje del sitio.

Criterios estéticos	Valoración numérica	Descripción de la valoración
a	3	Por la presencia de arroyos y cauces (permanente o efímeros) en los alrededores del sitio.
b	1	Áreas donde se practica la agricultura de temporal y anual.
c	2	El sitio no tiene vegetación, pero adyacentemente cuenta con zonas de agricultura y pastizal.
d	2	En todo el sitio se presentan un relieve poco accidentado.
Promedio	**2**	En términos generales la calidad visual puede considerarse como **media**.

b). La fragilidad

La fragilidad visual es la susceptibilidad del paisaje al cambio cuando se desarrolla una actividad sobre él y está en función de la respuesta del paisaje a gradientes de topografía, vegetación, temperatura, humedad y suelos. Un factor adicional se impone por disturbios, interacciones bióticas y el uso de suelo (Turner *et al*., 2001). Por lo anterior, la fragilidad visual expresa el grado de deterioro visual que experimentaría el sistema ambiental ante el desarrollo de actividades antrópicas. La fragilidad visual del paisaje, tal y como se plantea en este estudio, consta de dos elementos: i) la **fragilidad visual intrínseca**, determinada por las características ambientales de la obra que aumentan o disminuyen su capacidad de absorción visual, tales como: la *altura de la vegetación* y el *relieve de la zona* y, ii) la **fragilidad visual extrínseca**, que hace referencia a la mayor o menor susceptibilidad de un territorio a ser observado y depende de la

accesibilidad visual a las zonas observadas. De acuerdo con lo anterior, los criterios aplicados para dar una valoración cuantitativa fueron:

- Cuanto menor sea el porte o altura de la cobertura vegetal, la fragilidad será mayor por tanto será más difícil encubrir determinados impactos adversos que ocasionan las obras y actividades.
- Cuanto mayor es el porte de la cobertura vegetal, es menor la fragilidad visual, no se considera el porte de las zonas con pastizal o vegetación ripiaría dadas sus reducidas tallas.
- Las zonas con mayor pendiente son más visibles y, por tanto, poseen un mayor valor de fragilidad.
- Las zonas con menor pendiente son menos visibles y, por tanto, poseen un menor valor de fragilidad.

Considerando los criterios anteriores se pudo realizar una valoración cuantitativa, a partir de la valoración cualitativa, considerándose la fragilidad visual intrínseca y extrínseca, en donde para cada uno de los criterios utilizados se dio un valor numérico, siendo 3 para aquel correspondiente a la más alta valoración y 1 para la menor, dando como resultado lo siguiente.

Cuadro IV-34. Valoración de la fragilidad del paisaje.

Fragilidad	Criterios	Valoración numérica	Descripción de la valoración
La fragilidad visual intrínseca	Porte o altura vegetal	2	En las áreas circundantes se encuentran zonas de agricultura y pastizales, mismas que no serán afectadas.
	Pendiente	1	El sitio cuenta con un relieve poco accidentado, la fragilidad se considera como menor.
La fragilidad visual extrínseca	Observación del territorio	1	Al tratarse de la zona eminentemente rural, dónde las comunidades más cercanas al sitio no rebasan los 200 habitantes, y en términos, puede considerase un valor bajo para este criterio
	Promedio	**1.3**	En términos generales la calidad visual puede considerarse como **media**

c). La visibilidad

La visibilidad es la susceptibilidad de una zona o escena a ser contemplada y se determina a partir de las cuencas visuales, los núcleos urbanos y está en función de la distancia. Se utilizó la visibilidad con el objeto de obtener una valoración del paisaje en función del atractivo que posee desde el punto de vista de accesibilidad; además, se incluyeron algunos criterios de evaluación de carácter ecológico con lo que se pretende obtener una valoración del paisaje en el contexto puntual, donde existen atributos ambientales importantes. El estudio de visibilidad se realizó a partir de las cuencas visuales contempladas desde los núcleos rurales menores de 500 habitantes y de las vías de comunicación que dan acceso al sitio con un radio de acción de 5 km, y utilizando la distancia como factor de ponderación. Los puntos de observación se presentan de la manera siguiente:

- Corta: de 0 a 1 km de distancia.
- Media: de 1.1 a 2 km de distancia.
- Larga: de 2.1 a 3 km de distancia.
- Muy larga: de 3.1 a 5 km de distancia.

En este caso, el análisis de la visibilidad se realizó desde los lomeríos más altos cercanos al sitio donde se encuentra la infraestructura. Su valoración se puede definir como **alta** ya que el **área de influencia** en su mayoría se encuentra con poca vegetación arbórea y zonas medianamente pronunciadas cuyas geoformas de un cerro a otro permiten tener una visibilidad del paisaje.

Conclusiones de la valoración del paisaje

En base a la valoración anterior, se concluye que las características del paisaje son: **calidad visual moderadamente alta**, como resultado de su localización en una zona con perturbaciones antropogénicas por actividades agrícolas y ganaderas; **fragilidad visual media**, como resultado del relieve poco accidentado y por la estructuración de la vegetación presente en el sitio; y **visibilidad alta o larga** por su ubicación desde las partes altas de la microcuenca hidrográfica. Por tanto, las obras y actividades no generan un impacto importante y/o trascendente en la composición del paisaje, ya que las condiciones naturales y construidas no se modifican significativamente en la etapa de operación.

Descripción del sistema ambiental regional del paisaje

Los impactos sobre el paisaje se identifican a través de elementos visuales (que suelen ser de tamaño medio o grande) y de las unidades de paisaje que se perciben (principalmente los tipos de vegetación y uso de suelo). Debido a las dimensiones y duración de las obras y actividades, el impacto sobre el paisaje que se espera será **poco perceptible** en función de las condiciones locales (depósitos de materiales pétreos), sin embargo, en el **sistema ambiental** el impacto será nulo, dado que no se percibe una modificación significativa del relieve, estructura de la vegetación, modificación de los hábitos de la fauna silvestre y sobre los recursos hidrológicos. Entonces, el impacto regional que se espera sobre el paisaje está condicionado por varios aspectos, entre los que se pueden destacar los siguientes.

- ✓ Se ahuyenta de manera temporal la fauna silvestre.
- ✓ La generación de residuos y las emisiones a la atmosfera modifican negativamente calidad visual regional.
- ✓ La vegetación establecida en el entorno inmediato puede resultar modificada de manera indirecta.

Finalmente, a nivel regional no se prevé un impacto visual significativo debido a la conformación topográfica regional y al tipo de vegetación prevaleciente, que solo se alcanzará a percibir desde un radio menor a 2 km de distancia.

IV.2.4 Medio socioeconómico

IV.2.4.1 Población

Según la información del INEGI correspondiente al censo de población y vivienda del año 2020 [disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos_abiertos], para el estado de Durango se reporta una población de aproximadamente 1,832,650 habitantes; el 78% de la población vivían en localidades urbanas y el 22% en rurales, se estima que el 69% de la población es urbana y el 31% rural. Para el municipio de **Santiago Papasquiaro** se estima una población alrededor de 49,207 habitantes. Las localidades con influencia directa con el sitio son 6: **Atotonilco, Barrazas, José Salomé Acosta, Martínez de arriba, Martínez de abajo y El Barreal**. Estas comunidades no rebasan los 200 habitantes y en su mayoría se refieren a adultos entre 15 a 64 años.

Cuadro IV-35. Poblados dentro del área de influencia

LOCALIDAD		Atotonilco	Barraza	José Salomé Acosta (El Olote)	Martínez de Abajo	Martínez de Arriba	El Barreal	Totales
POBLACIÓN TOTAL		286.00	161.00	165.00	84.00	98.00	137.00	931.00
EDUCACIÓN	Población Analfabeta (mayor de 15 años) (%)	2.10	1.86	4.85	2.38	4.08	2.19	17.46
	Población sin escolaridad (mayor de 15 años) (%)	1.05	1.24	1.82	2.38	3.06	1.46	11.01
	Población con primaria completa (mayor de 15 años) (%)	20.98	22.98	25.45	30.95	30.61	24.82	155.80
	Población con secundaria completa (mayor de 15 años) (%)	29.02	21.74	28.48	16.67	18.37	32.85	147.13
ECONOMÍA	Población Económicamente Activa (%)	37.76	44.10	49.70	36.90	38.78	51.09	258.33
SALUD	Población sin derechohabiencia (%)	20.28	33.54	34.55	45.24	50.00	23.36	206.96
VIVIENDA	Viviendas Totales	131.00	99.00	84.00	43.00	82.00	77.00	516.00
	Promedio de habitantes por vivienda	3.25	2.73	3.11	3.50	2.80	3.04	18.43
	Viviendas con piso de tierra (%)	1.53	0.00	1.19	0.00	1.22	1.30	5.24
SERVICIOS	Vivienda sin servicio eléctrico (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.30
	Viviendas sin agua entubada (%)	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53

Datos generadores a partir del Censo de Población y Vivienda 2025

IV.2.4.2 Migración

A nivel estatal al igual que en el resto del país el proceso migratorio se ha manifestado de manera significativa en las últimas décadas del siglo XX y se ha mantenido como un flujo constante en las primeras décadas del siglo XXI. Para el estado de Durango en el 2005 se reporta una emigración interna de alrededor de 48 mil personas, siendo los principales destinos Chihuahua, Coahuila, Sinaloa, Baja California y Nuevo León; los procesos de inmigración interna en el 2020 llegaron a 39 mil personas que se mudaron de Durango, principalmente a Chihuahua, Coahuila, Baja California, Sinaloa

y Zacatecas; en cuanto a la emigración internacional, en el estado Durango se estimó que de cada 100 emigrantes internacionales, 95 se fueron a EE.UU (Cuéntame/INEGI). Según el Anuario de Migración y Remesas 2020, el grado absoluto de intensidad migratoria para el estado de Durango es de 2.7, lo cual lo posiciona como alto, además de que se considera como uno de los estados con amplia tradición migratoria a EE.UU.; los municipios con principal emigración son Durango, Canatlán, Santiago Papasquiaro, Gómez Palacios y Guadalupe Victoria, siendo su destino más frecuente los estados estadounidenses de Texas, California, Illinois, Colorado y Kansas. Este proceso migratorio, se presenta de manera intermitente en la región (municipio de Santiago Papasquiaro), en este sentido las obras y actividades pretenden mitigar el grado de emigración al contribuir con empleos que propicia residencia de los habitantes de una manera más estable.

IV.2.4.3 Empleo

A nivel estatal el PIB se compone con un 10.10% para las actividades primarias, en 34.75% las actividades secundarias y en 55.15% las actividades terciarias (Cuéntame/INEGI). Dentro del municipio específicamente en los poblados cercanos las actividades económicas son relacionadas al sector primario, destacándose las actividades agrícolas y ganaderas, mientras que las actividades secundarias y terciarias se desarrollan nivel mínimo en los núcleos poblacionales menos poblados. Para la gran mayoría de los habitantes del municipio, las actividades agrícolas y ganaderas, representan la fuente principal de empleo e ingreso a sus familias, con la operación de las obras y activiades se espera traer más oportunidades de empleo para invertir en los diferentes sectores de la economía local y regional de las actividades de la **industria de la construcción**. La Comisión Nacional de los Salarios Mínimos mediante resolución publicada en el DOF del 9 de diciembre de 2025, estableció que a partir del 1 de enero de 2026 se tendrían dos áreas geográficas, a nivel regional le corresponde la tarifa de **$ 315.04** pesos como salario mínimo.

IV.2.4.4 Educación

En Durango, 3 de cada 100 personas de 15 años y más no saben leer ni escribir, mientras que el promedio de escolaridad de la población de 15 años y más es de 2.82, lo equivalente a secundaria concluida (Cuéntame/INEGI). A nivel regional, según lo generado a partir de la información del Censo de Población y Vivienda 2020 y presentado en el cuadro IV-24, las características principales de la educación en la población se pueden concretar en los datos siguientes: la población analfabeta representa el 1.88%, la población con primaria incompleta el 1.18 %, la población con primaria completa 16.73% y la población con secundaria completa el 15.80%. En las comunidades locales se cuenta con educación preescolar y primaria, aunque la mayoría de los alumnos que concluyen alguno de estos niveles educativos, emigran a núcleos poblacionales mayores de la región con el objetivo de continuar preparándose académicamente como alternativa para mejorar su calidad de vida. El analfabetismo principalmente se concentra en personas que forman parte de grupos de edad avanzada; la mayoría de los jóvenes de estos centros de población son quienes se encuentran cursando estudios en alguna de las instituciones de educación que en estos poblados no existen.

IV.2.4.5 Salud

La dinámica de población del estado es de 1.7, teniendo como esperanza de vida 72.9 años para los hombres y 78.5 años para las mujeres. Para el año 2025, se registraron 39,298 nacimientos y 9,089 defunciones, siendo la causa principal las enfermedades del corazón, diabetes mellitus y tumores malignos (Cuéntame/INEGI). Según la información generada en el cuadro anterior en la región el 77.77 % tiene acceso a los servicios de salud, este servicio se cubre por parte del Instituto Mexicano del Seguro Social, atendiéndose a los derechohabientes en las clínicas rurales que en las comunidades existen. En casos de enfermedades de urgencias o graves que se presentan en la región, los habitantes son trasladados a las ciudades de Santiago Papasquiaro y Victoria de Durango. Los poblados cuentan con una clínica y un médico de cabecera que atiende los 365 días del año. Las medicinas son proporcionadas por el IMSS y la Secretaría de Salud del gobierno del Estado de Durango.

IV.2.4.6 Economía

De acuerdo con la información generada en el Anuario de Migración y Remesas 2020 las remesas para el estado de Durango en 2019, estuvo estimada en 870.1 millones de dólares, ocupando el lugar 18 a nivel nacional, aportando el

2.4% del total; mientras que en la analogía de las diez entidades federativas con mayor dependencia de remesas ocupa el número 6, con el 4.0% de remesas del PIB estatal.

IV.2.4.7 Servicios públicos

En los núcleos poblacionales con influencia directa, se cuenta con los servicios de redes locales de agua entubada procedente de manantiales locales y suministro de energía eléctrica por parte de la CFE. Se cuenta con el servicio de internet satelital.

IV.2.4.8 Vivienda

En promedio los poblados rurales presentan un promedio de 200 viviendas (INEGI, 2020). Las casas habitación se construyen con recursos propios y en la mayoría de los casos se utiliza como principal componente constructivo el tabique y cemento, en algunos casos, se usa como principal componente la madera, además en promedio 2.22% de las viviendas tienen piso de tierra. Se estima que por cada vivienda se tienen alrededor de 4.31 habitante.

IV.2.4.9 Medios de comunicación

Los poblados rurales de influencia, utilizan como vías de comunicación principal los caminos públicos; los cuales la mayor parte del año está en condiciones de ser transitados, siendo el medio de transporte principal las camionetas tipo Pick – Up de uso particular.

IV.2.5 Diagnostico ambiental

IV.2.5.1 Nivel local (sitio)

i. Ubicación y superficie

El sitio donde se desarrollan las obras y actividades abarca una extensión de **4.23 ha** y carece de vegetación forestal natural la cual es removida por las crecidas del cauce, lo que indica que se trata de una superficie cuyo relieve se modifica cada año con la acumulación de gravas y arenas.

ii. Clima

El clima de la zona es semiseco templado, con una precipitación media anual de **482.4 mm** y una temperatura media anual de **16.0 °C**. Estas condiciones climáticas son estables, sin la presencia de lluvias torrenciales, lo que reduce la posibilidad de erosión acelerada o eventos hidrometeorológicos extremos. El régimen de lluvias y temperaturas se considera normal para la región, lo que facilita la operación de las obras y actividades.

iii. Hidrología

La hidrología superficial del sitio presenta un cauce natural que en los meses de junio a septiembre incrementa su gasto considerablemente respecto al resto del año, de acuerdo al estudio hidrológico se estimó un gasto medio anual de **305.6 m³/s** en el punto de descarga aguas debajo de los depósitos de materiales pétreos. En el sitio no se observa la presencia de presas de almacenamiento de agua, solo se observan pequeños diques temporales para retener agua para el ganado.

iv. Geomorfología

El relieve es moderado, con pendientes menores al 10%, lo que favorece el depósito de las gravas y arenas en los márgenes del cauce en la temporada de lluvias. Las elevaciones mínima, media y máxima son 1 666, 1670 y 1675 msnm, respectivamente lo que confirma un bajo desnivel entre la parte baja y alta del cauce natural.

v. Suelo

El suelo corresponde a un depósito aluvial compuesto por una mezcla de **arena y grava** de origen fluvial. Presenta una estructura suelta a medianamente densa, con partículas redondeadas a subredondeadas debido al desgaste por el transporte del agua. Posee alta permeabilidad, buen drenaje y baja plasticidad, con escasa presencia de finos. Estas características le confieren una buena capacidad de carga y estabilidad cuando se encuentra adecuadamente compactado.

vi. Calidad del aire

La calidad del aire es óptima, ya que no se detectaron emisiones antropogénicas o naturales relevantes. Esto sugiere que las actividades socioeconómicas o industriales del sitio son mínimas y las emisiones por las obras y actividades pueden ser mitigadas con la reforestación de especies nativas. Además, el sitio se encuentra en una zona forestal con presencia de vegetación de diversos portes que capturan el CO_2, en diferentes tasas, dado que no hay evidencia de aprovechamientos forestales maderables y no maderables.

vii. Ruido ambiental

El nivel de ruido es nulo, salvo por el canto de algunas especies de aves, lo que sugiere un entorno tranquilo y poco afectado por actividades humanas. Este dato es importante, ya que cualquier aumento en los niveles de ruido podría tener un impacto directo en la fauna local. El tránsito de vehículos es muy reducido y la mayoría corresponde a camionetas de tipo pick-up.

viii. Localización respecto a las ANP

El ANP más cercana al sitio es **RÍOS Y MONTAÑAS DE LA COMARCA LAGUNERA** ubicada a más de 90 kilómetros, por tanto, donde se desarrollan las obras y actividades no forma parte de algún corredor biológico de esta área natural.

ix. Usos del suelo circundantes

Las obras y actividades no limitan el desarrollo de la agricultura, ganadería y cualquier otra actividad económica que emane del uso de suelo, por tanto, no existen impactos relevantes sobre el uso de suelo a nivel local. Los habitantes locales tienen los usos y costumbres de establecer huertos familiares donde plantan árboles frutales para autoconsumo, estos no se modifican con la operación de las obras y actividades.

x. Patrimonio cultural y arqueológico

No se ha identificado la presencia de sitios de interés cultural, patrimonial o vestigios arqueológicos en el sitio. Tampoco existen evidencias de que en la zona haya elementos que podrían ser objeto de interés arqueológico en el futuro.

xi. Vegetación

La vegetación presente dentro del cauce del río es de tipo **ripearía** e **hidrófila**, adaptada a las condiciones de inundación periódica y al flujo del agua. Se distribuye de manera dispersa sobre bancos de arena y grava, así como en las márgenes del cauce. Está conformada por pastos, herbáceas, arbustos y, en algunos sectores, árboles de mediano porte con sistemas radiculares que contribuyen a la estabilidad de las orillas. La cobertura vegetal es variable, siendo más densa en zonas con menor velocidad de la corriente y escasa en el cauce principal donde el flujo limita su desarrollo.

xii. Fauna

La fauna silvestre asociada al cauce natural del río está conformada por especies adaptadas a los ambientes acuáticos y ribereños. Es común la presencia de peces, anfibios, reptiles, aves y pequeños mamíferos que utilizan el río y su vegetación como fuente de alimento, refugio y sitio de reproducción. Asimismo, se observan diversos invertebrados, como insectos acuáticos, crustáceos y moluscos, que desempeñan un papel importante en el equilibrio ecológico del ecosistema. La diversidad y abundancia de la fauna dependen de factores como la calidad del agua, la disponibilidad

de vegetación ribereña, el régimen de caudales y el grado de intervención humana. En términos generales, el cauce constituye un **corredor biológico** que favorece el desplazamiento y la conservación de las especies silvestres.

xiii. Estabilidad y riesgos

La estabilidad física del terreno es favorable para las obras y actividades, ya que no se identificaron fallas geológicas ni fracturas que puedan comprometer la integridad del ecosistema local. Asimismo, el bajo porcentaje de pendientes y la ausencia de erosión significativa sugieren que el riesgo de deslizamientos o inestabilidad del terreno es mínimo.

Conclusión

El cauce natural del río presenta condiciones ambientales que permiten el desarrollo de los procesos hidrológicos y ecológicos propios del ecosistema fluvial. El lecho está conformado principalmente por depósitos de **arena y grava**, con buena capacidad de infiltración y drenaje. La vegetación ribereña está integrada por herbáceas, arbustos y árboles dispersos, los cuales contribuyen a la estabilidad de las márgenes, reducen la erosión y proporcionan hábitat para la fauna silvestre. La fauna observada corresponde a especies típicas de ambientes acuáticos y ribereños, incluyendo aves, anfibios, reptiles, peces e invertebrados, cuya presencia está asociada a la disponibilidad de agua y cobertura vegetal. No se identifican evidencias significativas de contaminación, como acumulación de residuos sólidos, descargas de aguas residuales o alteraciones importantes en la calidad del agua, por lo que el ecosistema mantiene sus funciones ambientales básicas. En términos generales, el cauce **conserva sus características naturales** y continúa desempeñando funciones ecológicas relevantes, tales como la conducción del flujo, la recarga de acuíferos, el **transporte de sedimentos**, la regulación del ciclo hidrológico y la provisión de hábitat para la biodiversidad. No obstante, se recomienda mantener medidas de protección, mitigación y monitoreo para prevenir procesos de erosión, contaminación y modificaciones que puedan afectar su estabilidad y funcionamiento ambiental.

IV.2.5.2 Nivel regional o sistema ambiental

A fin de sintetizar la información de utilidad para interpretar el estado actual del medio ambiente a **nivel regional**, la caracterización de los componentes ambientales se resume de la manera siguiente.

Cuadro IV-36. Integración del inventario ambiental.

ELEMENTO	SISTEMA AMBIENTAL
Hidrología	El sistema ambiental se ubica dentro de los límites de la cuenca **Presa Lazado Cárdenas** perteneciente a la región hidrológica 36 **"Nazas - Aguanaval"**. Se encuentra dentro de las subcuencas del **Río Santiago** y **Río Tepehuanes** en la microcuenca del río Ramos. Las corrientes son perennes e intermitentes y aguas arriba de la cuenca no existen embalses para almacenamiento de agua. La hidrología subterránea corresponde al acuífero Tepehuanes – Santiago que se encuentra en un déficit de aprovechamiento.
Fisiografía	El sistema ambiental se ubica en la provincia fisiográfica **Sierra Madre Occidental**, en las subprovincias fisiográficas **Sierras y Llanuras de Durango y Gran Meseta y Cañones Duranguenses**; además, el sistema de topoformas presenta seis clases: **Sierra, Meseta, Llanuras, Lomerío, Valles** y **Bajada.** Los parámetros representativos que caracterizan el relieve son: i) elevación mínima de 1636 msnm; ii) elevación máxima de **3201** msnm; iii) elevación media de **2,294.67** msnm con una pendiente media de **6.38%**. Presenta una gran diversidad de exposiciones en toda su superficie.
Geología	Se identificaron 8 tipos de roca: **Ígnea extrusiva ácida, Conglomerado, Ígnea extrusiva intermedia, Suelo, Volcanoclástico, Lutita-Arenisca y Ígnea extrusiva básica.** Además, se reporta la presencia de 28 fallas de tipo normal y 5 fractura con dirección Noreste-Suroeste. El área de influencia se encuentra fuera de la región potencial de deslizamiento en México (CENAPRED, 2012) y pertenece a la zona B de sismicidad, aquella donde el peligro de ocurrencia de un sismo es menor frecuencia.
Edafología	Se registraron 9 grupos de suelos predominantes: Regosol Éutrico, Feozem háplico y Cambisol Éutrico como los grupos más extensos del sistema ambiental, mientras que a nivel local los suelos son del tipo Castañozem cálcico y Rendzina.
Clima	Los tipos climáticos del sistema ambiental son: **templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y semiseco templado**, con temperaturas promedio que oscilan de 8.4 y 16.1°C y la precipitación se caracteriza por ser escasa, concentrada en verano con una duración en 7 a 8 meses. La cantidad de agua precipitada se encuentra en un rango entre los 169.5 y 747.6 mm distribuida principalmente en verano, con lluvias aisladas durante ese periodo.
Vegetación	Los grupos de vegetación se distribuyen en función de la altitud, temperatura y humedad principalmente, dominando los bosques de **pino-encino** en la parte alta del sistema ambiental y con menor porcentaje en la parte baja los matorrales de zonas áridas . Las áreas de agricultura se distribuyen en zonas con baja pendiente y con muy baja escala se practica la agricultura de riego en los márgenes de los cauces. A nivel regional predominan una gran diversidad de especies de flora que tiene aprovechamiento maderable y no maderable.
Fauna	La fauna es muy variada, de acuerdo con la recopilación de información en los márgenes de los cauces se identificaron 44 especies de aves, 12 mamíferos y 10 reptiles y anfibios. Existe la presencia de peces y patos que suelen encontrarse de manera estacional con lo cual sería normal detectar algunas especies adicionales durante la temporada de lluvias.

Paisaje	El sistema ambiental es ampliamente variado con una composición de estructuras que dominan las montañas y lomeríos delimitados por los escurrimientos superficiales.
Social	Las poblaciones son consideradas como zona rural, por los servicios que se presentan, los empleos son escasos y el fenómeno de migración hacia otros estados y a EE UU es recurrente. Las actividades principales son la agricultura, silvicultura, ganadería y minería.

IV.2.5.3 Valoración del estado actual

Evaluar significa emitir juicios basados en criterios de valor, cuando se trata de evaluar el medio natural, eso no resulta tan sencillo dado que los criterios de valor pueden tener muchos orígenes, desde ideológicos, ecológicos, de planificación, políticos o culturales que hacen que dicho juicio no resulte equilibrado. La metodología de la valoración del inventario ambiental se realizó conforme a tres aproximaciones; la primera de ellas asigna un **valor numérico** a las distintas unidades, de modo tal que las diferencias entre ellas son cuantitativas y por lo tanto pueden ser procesadas en forma numérica y estadística. La segunda aproximación se inicia con una **ordenación de las unidades** según una escala jerárquica referida a cada variable del inventario. El grado de alteración se podrá valorar por diferencias ordinales. Por último, la tercera aproximación tiene su origen en una **valoración semicuantitativa** en la cual las unidades se clasifican con adjetivos tales como alto, medio y bajo, o con escalas similares.

Los criterios de valoración del medio natural son (Mallarach, 1999): Diversidad (D), Rareza (R), Naturalidad (N), Grado de Aislamiento (A) y Calidad (C). La calificación para cada uno de los criterios se da en función de la existencia (1-3) o ausencia (0); posteriormente se hace una sumatoria de todos los criterios (E); para finalmente asignar una valoración. Los elementos con unidades menores de 5 son considerados con un grado de conservación bajo, los elementos con unidades mayores a 5 y menores de 10 se consideran con un grado de conservación medio, y los elementos con unidades mayores a 10 y 15 son considerados con un grado de conservación alto.

Cuadro IV-37. Valoración de estado actual del inventario ambiental del Sistema Ambienta (SA) y Sitio (local)

Elemento	Diversidad		Rareza		Naturalidad		Grado de aislamiento		Calidad		Unidades		Valoración	
	SA	Sitio	SA	Sitio	SA	Sitio	SA	Sitio	SA	Sitio	SA	Sitio	SA	Sitio
Hidrología	3	1	0	0	3	1	3	0	3	1	12	3	Alta	Baja
Fisiografía	3	1	0	0	3	2	3	1	3	2	12	6	Alta	Media
Geología	3	1	0	0	3	3	3	1	2	2	11	7	Alta	Media
Edafología	3	1	2	0	3	1	2	1	2	1	12	4	Alta	Baja
Clima	2	1	1	1	3	3	1	1	2	2	8	7	Media	Media
Vegetación	3	0	3	0	2	1	0	0	3	0	11	1	Alta	Baja
Fauna	3	1	3	2	3	2	2	1	3	1	14	7	Alta	Media
Paisaje	3	1	3	1	2	1	0	0	3	1	11	4	Alta	Baja
Social	3	2	0	0	2	1	2	1	1	2	8	6	Media	Media

IV.2.5.4 Síntesis

La valoración numérica del cuadro anterior se puede describir de la manera siguiente:

Hidrología

Diversidad: El SA considera dos subcuencas; por lo tanto, el sistema de drenaje es mayor y más diversificado, el sitio se ubica en dos microcuencas, por ello, el sistema de drenaje hídrico es alto, con cauces de tipo perene **(3, 1). Rareza**: en ninguno de los niveles fueron detectados corrientes o cuerpos de agua con alguna característica particular que ameritará considerarlos como raros **(0, 0). Naturalidad:** en el área que comprende el SA puede encontrarse algunas obras hidráulicas, como represas, bordos, pozos, etc., a nivel sitio no se tiene infraestructura de tipo hidráulico, pero en ambos niveles nada que afecte la naturalidad de las corrientes **(3,1). Grado de aislamiento**, en el SA, las corrientes son variadas y se forman corrientes perenes, en el sitio se tiene principalmente corrientes de tipo intermitentes **(3,0). Calidad,** debe tenerse en cuenta que los centros poblacionales son poco abundantes y dispersos, en general la calidad se reduce en el SA al sitio **(3,1).** Finalmente, puede observarse una mayor calidad del recurso hídrico, a nivel sitio está calidad disminuye hasta un margen bajo **(12,3).**

Fisiografía

Diversidad: El SA cuenta con un sistema de topoformas amplio y variado, y a nivel sitio se comporta de la misma manera, pero con menos extensión **(2,1). Rareza**: no se tienen elementos que pudieran considerarse con grado de rareza **(0, 0). Naturalidad:** A nivel SA la distribución del relieve no muestra evidencias notables de modificación, se modifica en el sitio **(3,2).** El **grado de aislamiento** disminuye de mayor a menor en el SA al sitio **(3 ,1).** En términos generales su calidad es buena en el SA y disminuye en el sitio **(3,1).** La valoración final de la calidad de la fisiografía se considera alta para el SA, baja para el sitio **(12,6).**

Geología

Diversidad: a nivel SA se identifican 8 tipos de rocas, a nivel sitio 1 tipos de roca **(3,1)**. **Rareza**: en términos generales, se le da un valor de 0, **(0,0)**. La disposición de la geología en las unidades de análisis corresponde 100% a procesos **naturales (3,3).** No se considera que se presenta **grado de aislamiento de importancia (3, 1)**. La **calidad** está íntimamente ligada a la conformación de los materiales **(2,2).** En términos generales la calidad de este elemento es alta para el SA y media para el sitio, **(11,7).**

Suelo

Diversidad: este recurso registra a nivel SA diferentes composiciones, a nivel sitio su composición se ve reducida **(3, 1)**. Por la complejidad de su formación se ha considerado a nivel SA se consideró con un rango medio de **rareza** el cual se ve disminuido a nivel sitio **(2, 0)**. La **naturalidad** ha sido vinculada con el uso del suelo, mientras a nivel SA se tiene aún áreas que conservan sus características naturales, a nivel sitio se nota más la modificación de este recurso **(3,1)**; así mismo esta misma valoración fue tomada como referencia para el **grado de aislamiento (2,1)**, y la **calidad (2,1)**, para finalmente determinar que la calidad del recurso edáfico es alta a nivel SA, media en el sitio **(12, 4).**

Clima

La **diversidad** de climas en el SA y sitio mediamente variado y cuenta con 8 tipos de clima **(2, 1)**. Son climas que obedecen a las características del sitio **(1, 1).** La **naturalidad** de los climas no se ha visto significativamente modificada **(3,3).** Los climas no presentan **grado de aislamiento** pues en general son los climas predominantes de la región **(1, 1).** La **calidad** a nivel SA y sitio es buena **(2, 2).** Su calidad ambiental debe considerarse media **(8, 7)**.

Vegetación

A nivel SA se identificaron 23 tipos de asociaciones vegetales y en el sitio se encontraron 7 tipos (sin embargo, el área corresponde a el lecho de un río por lo que no existe vegetación por afectar, por lo tanto, la **diversidad** se catalogó de alta, media y baja **(3, 0)**. La **rareza** se consideró por el tipo de vegetación del lugar **(3, 0)**. Tanto a nivel SA como el sitio, los ecosistemas han sido modificados por las diferentes actividades humanas, por lo cual la **naturalidad** ha sido evaluada como media **(2, 1).** No se considera que su **grado de aislamiento** sea significativo a nivel SA y dado a que toda la región está intercomunicada por estos sistemas **(0, 0).** La **calidad** de los ecosistemas disminuye del SA al sitio **(3, 0)**. En términos generales puede considerar que la calidad del SA es alta y en el sitio baja **(11, 1).**

Fauna silvestre

Los indicadores de fauna fueron valorados sobre la composición de la vegetación, ya que es un elemento directamente ligado, por lo tanto, a nivel SA se identificaron 23 tipos de asociaciones vegetales, en el sitio 7, por lo tanto, la **diversidad** se catalogó de alta a baja **(3, 1)**. La **rareza** se consideró, en consideración a los climas **(3, 2)**. Tanto a nivel SA los ecosistemas han sido modificados por las diferentes actividades humanas, por lo cual la **naturalidad** ha sido evaluada de alta a media **(3, 2).** Se considera que su **grado de aislamiento** sea significativo a nivel SA **(2, 1).** La **calidad** de los ecosistemas disminuye del SA al sitio **(3, 1)**. En términos generales puede considerar que la calidad del SA es alta y baja en el sitio **(14, 7).**

Medio perceptual (paisaje)

A nivel SA, la **diversidad** de paisajes es más clara y visible, a nivel sitio se ve reducida **(3,1)**; sin embargo, a nivel SA se pueden encontrar algunos elementos considerados como raros, a nivel sitio son más escasos **(3, 1)**. La naturalidad del paisaje es media a nivel SA (**2, 1**). El paisaje no se considera con grado de aislamiento, por su conformación **(0, 0)**.

La calidad en términos paisajísticos es mayor a nivel SA, se reduce a nivel sitio **(3, 1)**. Finalmente podría catalogarse que la calidad del paisaje es alta en el SA y baja en el sitio **(11, 4).**

Social

En este componente la valoración de los criterios fue la siguiente: las poblaciones localizadas en el SA son consideradas como rurales **(3, 2)**. En las comunidades cercanas al sitio no habitan grupos indígenas **(0, 0)**. Los habitantes de las poblaciones se dedican a actividades agrícolas y pecuarias **(2, 1)**. Las poblaciones están establecidas en zonas bien definidas y en general cuentan con acceso servicios básicos **(2, 1)**. A nivel sito son más abundantes las localidades **(1, 2)**. En términos generales la calidad del elemento social es considerada como media **(8, 6).**

Representación gráfica del diagnóstico

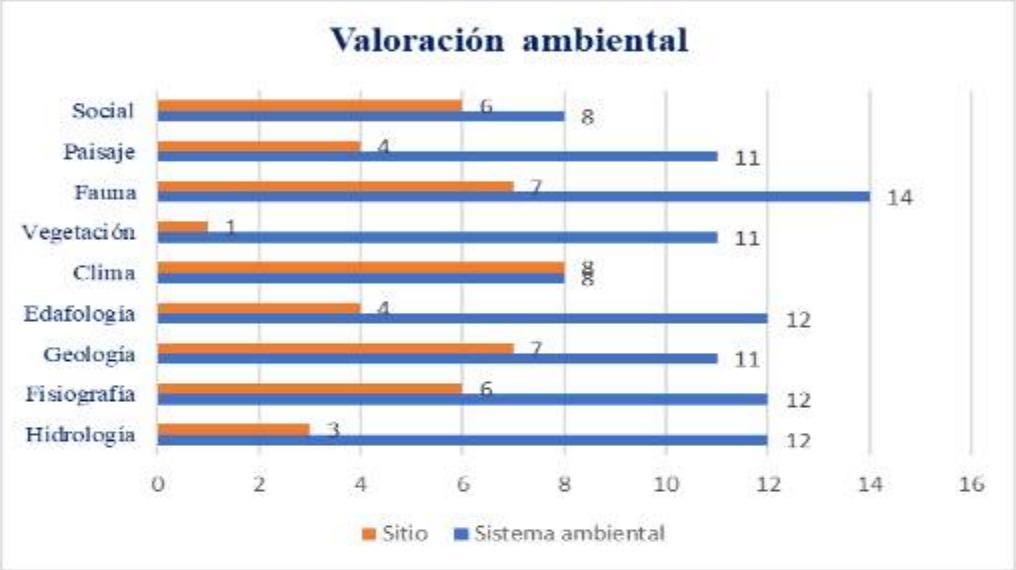


Ilustración IV-10. Representación gráfica del diagnóstico ambiental.

Adicional al diagnóstico ambiental basado en la condición actual, se realizó un análisis temporal para visualizar diagnosticar los cambios que han ocurrido en los últimos **15 años**, este análisis se realizó con imágenes ráster en **Google Earth Engine** (GAE). Este análisis demuestra que existe una dinámica natural en la conducción del flujo y depósito de sedimentos (gravas y arenas), sin embargo, conserva una estabilidad hídrica.

Banco	Imagen año 2026 (estado actual)	Imagen 2011 (estado de referencia)
1		

2		
3		

Ilustración IV-11. Estado actual y de referencia de los bancos pétreos.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción. Consiste en reconocer qué variables y/o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos pueden ser afectados de manera significativa. La medición puede ser cuantitativa o cualitativa; ambas son igualmente importantes, aun cuando requieren de criterios específicos para su definición adecuada. La predicción implica seleccionar los impactos que efectivamente pueden ocurrir y que merecen una preocupación especial por el comportamiento que pueda presentarse. Es importante contrastarlos con indicadores de la calidad ambiental deseada o existente. El proceso de evaluación de los impactos ambientales, en términos generales se dio de la manera siguiente; **i)** se definieron los criterios para la identificación y evaluación de los impactos, **ii)** se identificaron los impactos relevantes a través de una lista de verificación, **iii)** se filtraron los impactos generados para cada componente ambiental, y, **iv)** se caracterización los impactos ambientales cualitativa y cuantitativamente.

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos

Para identificar y valorar los impactos ambientales se utilizó el método del instituto Batelle – Columbus (1972), el cual fue desarrollado para obras hidráulicas en USA y posteriormente modificado para actividades que requieren una evaluación de impacto ambiental más robusta. El método consiste en un formato en forma de árbol o matriz que contiene cuatro niveles; **i) categorías**, **ii) componentes**, **iii) parámetros** y, **iv)** mediciones ambientales (**variables**). Estos niveles van en orden creciente a la información que proporcionan, constituyendo el nivel tres la clave del sistema de evaluación, resultando **39 parámetros** que son considerados significativos del medio ambiente y adoptan el carácter de ***indicadores de impacto*** para evaluar cuantitativamente los impactos ambientales. Ahora bien, para evaluar la **calidad ambiental**, se seleccionaron **12 variables ambientales** como se describe en el diagrama siguiente.

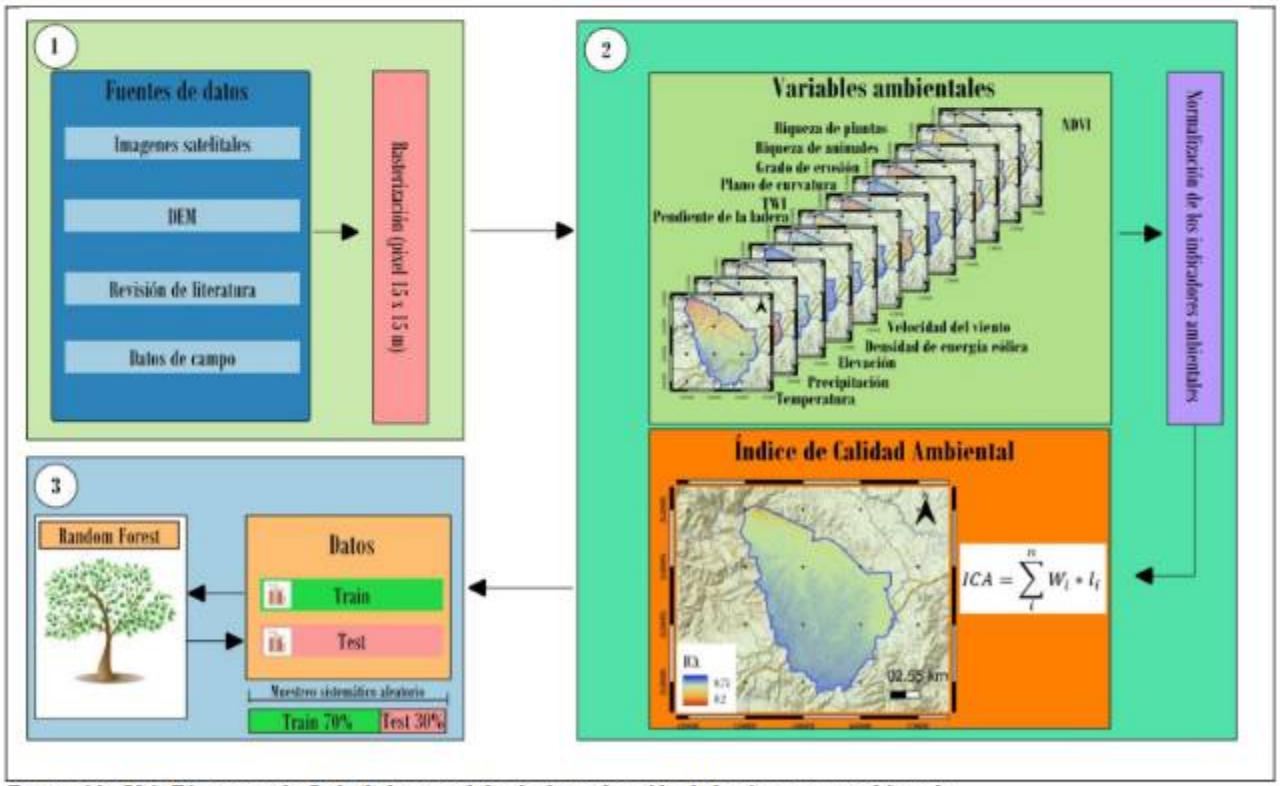


Ilustración V-1. Diagrama de flujo de la metodología de evaluación de los impactos ambientales.

V.1.1 Caracterización de la calidad ambiental

Para la elección de las variables indicadoras de calidad ambiental se consideró la descripción del sistema ambiental y la lista de verificación de impactos para elegir las variables más representativas que se han usado en estudios previos, recomendadas por de expertos, decisiones subjetivas, disponibilidad y precisión de datos estadísticos y factores locales y externos. En consecuencia, se integró un conjunto completo de datos ambientales (capas vectoriales y ráster de tamaño de pixel de 15 x 15 m georreferenciados a coordenadas proyectadas en UTM zona 13, datum WGS84) a un SIG con información recopilada de centros y/o dependencias oficiales y organizaciones internacionales. Con el fin de garantizar la compatibilidad espacial entre los ráster con distintas resoluciones originales, todos fueron re-muestreadas a una resolución uniforme de 15 metros mediante el comando *Warp* (*Reproject*) de QGIS 3.44 (QGIS Development Team, 2026), utilizando el método del "vecino más cercano" que no altera los valores originales, lo que permitió emplearlas directamente para la extracción y modelización del ICA con una resolución espacial uniforme (Zhou et al., 2023; Guan et al., 2023). La metodología de cálculo para representar geoespacialmente las variables ambientales se describe en el cuadro siguiente.

Cuadro V-1. Metodología de cálculo para elaborar las capas ráster de las variables indicadoras del medio ambiente.

Variable	Ecuación	Descripción
Temperatura (*te*)	$te = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n}$	Magnitud física que permite medir el grado de calor (Picquart y Morales 2017).
Precipitación (*pe*)	$pe = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n}$	Cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre (Íñiguez et al., 2011).
Elevación (*el*)	$el = Z(x, y)$	Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre sobre el nivel del mar (Das et al., 2022).
Densidad de energía eólica (*wpd*)	$wpd = \frac{1}{2} pc^3 \Gamma\,(1 + \frac{3}{k})$	Indica la máxima potencia que se puede obtener por unidad de área barrida por el viento (Checa et al., 2018).
Velocidad del viento (*sw*)	$sw = \frac{V_2}{V_1} = \frac{ln\,(\frac{h_2}{Z_0})}{ln\,(\frac{h_1}{Z_0})}$	Desplazamiento del aire en un punto y en un instante determinados (Checa et al., 2018)
Pendiente de ladera (*slp*)	$slp = arctan\,(\sqrt{p^2 + q^2})$	Inclinación a la horizontal (Das et al., 2022)
Índice de humedad topográfica (*TWI*)	$TWI = ln\,(\frac{af}{tan\,\beta})$	Zonas de mayor concentración de humedad (Roa-Lobo y Kamp, 2011)
Plan de curvatura (*pc*)	$pc = 2\,\frac{DH^2 + EG^2 - FGH}{G^2 + H^2}$	Direction of the slope with the highest angle (Hong et al., 2016).
Grado de erosión (*sloss*)	$sloss = \frac{\sum_{i=1}^{n} sloss_i}{n}$	Mide el fenómeno que elimina la capa fértil del suelo (Bolaños et al., 2017)
Riqueza de animales (*ar*)	$ar = Riqueza\ de\ especies$	El número de especies presentes (García et al., 2017).
Riqueza de plantas (*pr*)	$pr = Riqueza\ de\ especies$	El número de especies presentes (García et al., 2017).
Índice de vegetación de diferencia normalizada (*NDVI*)	$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$	Diferencia la vegetación de otros tipos de cubierta terrestre (Chuvieco, 2010).

te= temperatura, P_i= precipitación, Z= altura, x= anchura, y= longitud, Pc= densidad del aire, r= Velocidad del viento, k= superficie, V1 y V2= velocidad del aire 1 y 2, Z0= rugosidad del terreno, h= altura, p y q= componentes del vector de gradiente de la pendiente, af= área drenada, tanB= ángulo de la pendiente, D,F,G,H=derivadas de acuerdo con la ecuación de Hong et al (2016), Sloss=perdida de suelo en Mg ha-1 año-1 por sitio, n= tamaño de la muestra, NIR= espectroscopia de infrarrojo cercano y VIS= luz roja visible.

V.1.2 Normalización de variables ambientales

La normalización de las variables ambientales es un paso crucial en la caracterización cuantitativa de la calidad ambiental usada posteriormente para medir los impactos ambientales, particularmente cuando estas variables involucran diferentes unidades de medida. Este proceso hace que los parámetros ambientales estén libres de unidades, lo que permite comparaciones significativas y agregaciones estadísticas, lo que en última instancia mejora la precisión y validez de los resultados analíticos posteriores. En este estudio, se utilizó la técnica de normalización min-max, elegida por su simplicidad para transformar sus unidades a una escala mensurable que va de 0 a 1. Este método fue seleccionado para garantizar la interpretabilidad al analizar la conexión entre las variables ambientales y su efecto con

la calidad ambiental (directa e inverso), donde se prefiere un rango fijo. El método proporciona ecuaciones para relaciones funcionales positivas y negativas, que denotan el valor normalizado de la variable ***Xr*** como ***In***, donde Xmin y Xmax representan los valores mínimo y máximo del conjunto de datos, respectivamente (Grigorescu et al., 2021). Para una relación funcional directa (donde un aumento en el valor del indicador corresponde a un aumento en la calidad y/o vulnerabilidad ambiental positiva) se usa la expresión: $In = (Xr - Xmin) / (Xmax - Xmin)$ y ara una relación funcional inversa (donde un aumento en el valor del indicador corresponde a una disminución en la calidad y/o vulnerabilidad ambiental negativa) se usa la expresión: $In = (Xmax - Xr) / (Xmax - Xmin)$. En este trabajo se seleccionaron las variables ambientales propuestos por Robbine, (2021) y ajustados a las condiciones del sistema ambiental y a las obras y actividades. Las unidades y su efecto sobre la calidad ambiental se denotan en el cuadro siguiente.

Cuadro V-2. Variables indicadoras de la calidad ambiental.

ID	Variable	Unidades de medida	Fuente de datos	Impacto	Influencia
1	Temperatura (*te*)	Degrees Celsius (°C)	INEGI	Inverse	-
2	Precipitación (*pm*)	Milimeters (mm)	INEGI	Direct	+
3	Elevación (*el*)	Meters(m)	CEM[a]	Direct	+
4	Densidad del viento (*wi*)	Watts per square meter (W/m²)	Wind global atlas[b]	Inverse	-
5	Velocidad del viento (*sw*)	Meters per second (m/s)	Wind global atlas	Inverse	-
6	Grado de pendiente (*sl*)	Degrees (°)	CEM	Direct	+
7	Índice de humedad topográfica (*TWI*)	Dimensionless (unitless index)	CEM	Direct	+
8	Plan de cobertura del terreno (*pc*)	Dimensionless (unitless index)	CEM	Direct	+
9	Grado de erosión (*sl*)	ton/ha/year	USLE	Inverse	-
10	Diversidad de especies de animales (*ah*)	Number of rare and endangered species	NOM-059 (muestreo de campo), SiPlaFor[c]	Direct	+
11	Diversidad de especies de fauna silvestre (*re*)	Number of rare and endangered plants	NOM-059 (muestreo de campo)	Direct	+
12	Índice de vegetación normalizado (*NDVI*)	Dimensionless (unitless index)	Landsat 8 Collection[d]	Direct	+

[a] Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM): https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/
[b] *Wind global atlas: https://globalwindatlas.info/en*
[c] *Sistema de Planeación Forestal (CONAFOR): Programas de Manejo Forestal maderable.*
[d] *Landsat 8 Collection USGS: https://earthengine.google.com/*

Dado que estos indicadores tienen una gran variabilidad en el sistema ambiental, fue necesario generar un índice que asigne mayor importancia a aquellos con valores consistentes y menos importancia a aquellos con mayor fluctuación. El índice compuesto se puede crear aplicando ponderaciones iguales o desiguales a los indicadores y el método cuantitativo determina su **peso** (ponderación) en función de su variabilidad, influyendo en su contribución a la evaluación global de la **calidad ambiental** y la expresión utilizada es la siguiente.

$$W_n = \frac{1}{\sigma_{n(\sum_{n=1}^{k}\frac{1}{\sigma_n})}}$$

donde W_n, σ_n y k representan el peso del indicador normalizado, la desviación estándar del conjunto de valores para el indicador n y el número de indicadores seleccionados, respectivamente.

En este estudio los valores del rango (mínimo y máximo), media, desviación estándar normalizada y peso (***μ, σ y Wn)*** de los indicadores presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro V-3. Resumen descriptivo de los indicadores ambientales.

ID	Indicador (I_n)	Mínimo	Máximo	μ_n	σ_n	$1/\sigma_n$	W_n
1	Temperatura (*te*)	10.72	18.83	14.46	2.43	0.41	0.0150
2	Precipitación (*pm*)	393.28	720.85	530.06	102.21	0.01	0.0004
3	Elevación (*el*)	1638.00	3219.00	2293.70	287.87	0.00	0.0001
4	Densidad del viento (*wi*)	0.00	3134.89	37.09	78.63	0.01	0.0005
5	Velocidad del viento (*sw*)	0.04	14.01	2.20	1.31	0.76	0.0278
6	Grado de pendiente (*sl*)	1.87	76.89	15.16	10.82	0.09	0.0034
7	Índice de humedad topográfica (*TWI*)	1.20	21.39	4.88	1.58	0.63	0.0231

8	Plan de cobertura del terreno (*pc*)	-95.05	35.85	0.00	3.43	0.29	0.0106
9	Grado de erosión (*sl*)	-10.32	9.71	1.42	2.54	0.39	0.0144
10	Diversidad de especies de animales (*ah*)	1.00	24.00	15.93	5.42	0.18	0.0067
11	Diversidad de especies de fauna silvestre (*re*)	1.00	28.00	20.68	7.65	0.13	0.0048
12	Índice de vegetación normalizado (*NDVI*)	-0.121	0.533	0.151	0.041	24.45	0.8932

V.1.3 Índice de calidad ambiental

La calidad ambiental se valoró a partir de 12 indicadores ambientales antes descritos, que trasmiten información sobre el estado de los ecosistemas del que forman parte o de alguna característica del mismo, considerando dos premisas importantes; (i) su facilidad de medición y, (ii) su relación con las propiedades del ecosistema o de algún elemento ambiental. En este estudio el índice de calidad ambiental (ICA) quedará integrado por la expresión siguiente.

$$ICA_0 = \sum_{i}^{k} W_n \cdot I_n$$

donde; ICA_0 = índice de calidad ambiental en el tiempo actual, W_i = peso del indicador normalizado, I_i = indicador normalizado y, k = número de indicadores.

Con el objetivo de representar geográficamente la calidad ambiental para lograr simulaciones en diferentes tiempos y con diferentes condiciones, fue necesario discretizar los valores de ICA en las categorías siguientes; i) ***muy baja*** (0.0 – 0.2); ii) ***bajo*** (0.2 – 0.4); iii) ***moderado*** (0.4 – 0.6), iv) ***alto*** (0.6 – 0.8) y, v) ***muy alto*** (0.8 – 1.0). El examen de estos valores y niveles permite la toma de decisiones informadas (objetivas) y las intervenciones específicas para mitigar los impactos asociados con las obras y actividades en cualquier tiempo y etapa. El ráster del índice de calidad ambiental en el tiempo actual o cero (ICA_0) y los sitios de muestreo para realizar su pronóstico en un tiempo ***n*** se muestran en la figura siguiente.

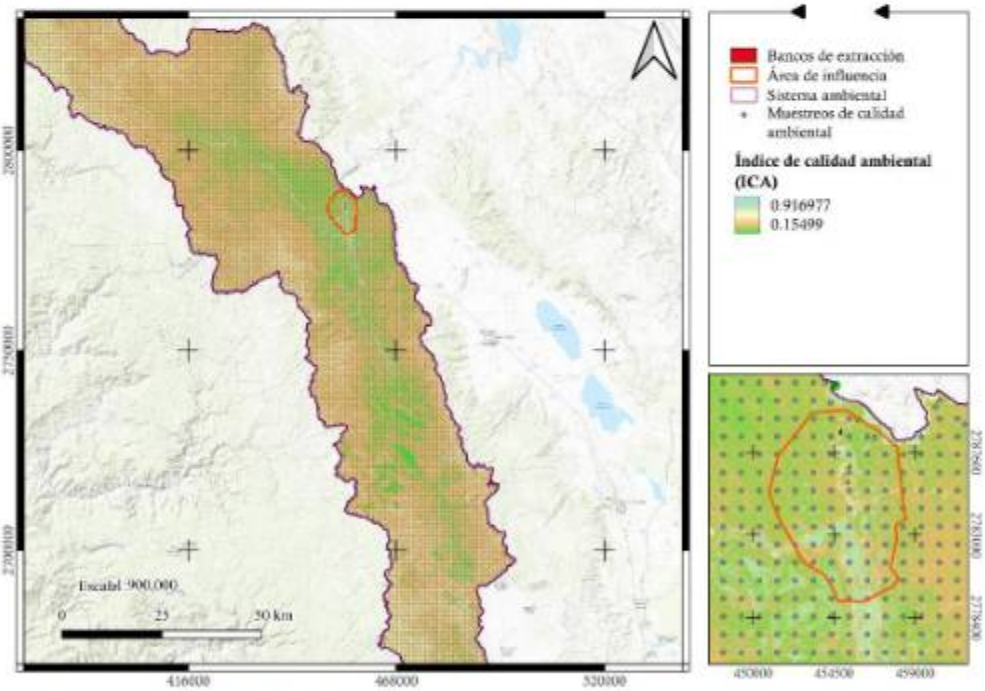


Ilustración V-2. Distribución de la calidad ambiental y de los sitios de entrenamiento.

V.1.4 Indicadores de impacto ambiental

Obtenidos las variables o indicadores de calidad ambiental del **SA** y **área de influencia**, se procede a identificar los parámetros y variables indicadoras de impacto ambiental, es decir aquellos **parámetros** que se verán modificados por

las obras y actividades siguiendo la metodología de Batelle – Columbus (1972). En esta etapa los parámetros de cada variable también son trasladados a una escala de puntuación que va de 0 a 1 (al extremo óptimo se le asigna el 1 y al pésimo 0 (cero)), misma que representa la magnitud de su estado en el ecosistema como una Unidad de Impacto Ambiental. Los pasos para hacer la trasformación estos parámetros en Unidades de Impacto Ambiental (**UIA**) son los siguientes.

a) A partir de la lista de verificación de la matriz Batelle – Columbus se identifican los parámetros que se verán modificados por las obras y actividades en las diferentes etapas (ejemplo; como se verá modificada la diversidad y abundancia de la flora y fauna).
b) Ponderar las Unidades de Importancia Ambiental (UIA) del parámetro considerado, según su peso relativo dentro de los componentes ambientales considerados. A cada parámetro se le asigna un valor resultado de la distribución de 1,000 UIA, el cual se asigna según su contribución al medio ambiente, quedando ponderados los distintos parámetros. Las Unidades de Importancia Ponderada (**UIP**) para esta avaluación considero la distribución de las UIA de la manera siguiente; i) *biótico* = 235, ii) *físico* = 645 y, *socioeconómico* = 120.
c) Expresar a partir de los valores anteriores encontrados el Impacto Neto (**IN**) resultado al multiplicar el índice de calidad (CA) por su peso respectivo, quedando la función siguiente: **IN = (CA) * (UIP)**.

En la definición de la **lista de indicadores de los impactos (39 parámetros)**, se ha considerado el proceso analítico siguiente:

i. Se enlistaron todas las **categorías** ambientales de la matriz Batelle – Columbus identificadas en el área de influencia.
ii. Cada categoría fue dividida en **componentes**, es decir las características más importantes que ayudarán a establecer el primer umbral de calidad ambiental.
iii. Para cada componente fueron asignados **parámetros** para establecer puntualmente la afectación o generación de impacto.
iv. Se establecieron **umbrales** en los parámetros en relación con el funcionamiento o principales factores que intervienen en la modificación o afectación de cada componente.
v. Para poder realizar la valoración de la afectación o generación de **impacto**, en un primer ejercicio a juicio abierto se seleccionaron todos aquellos impactos con posibilidad de presentarse por las diferentes obras y actividades. Posteriormente, en un análisis a profundidad considerando las medidas de prevención y mitigación se analizó la probabilidad de ocurrencia del impacto.
vi. Se consideró que **no existía afectación o generación de impacto (0)** siempre y cuando se aplicarán las **medidas preventivas (justificación)**; y para aquellos que a pesar de aplicar las medidas preventivas se identificaba que la **afectación (1)** a las consideraciones del atributo, fue necesario establecer y concretar la **definición del impacto**.
vii. Fue necesario, a manera de comprobación como es que se pudiese dar seguimiento y cumplimiento de la generación o no generación de impactos, y definir las principales **etapas** en la vigilancia ambiental.

Una vez que los impactos son identificados, se filtra una lista para aquellos con valor mayor a 0, es decir aquellos que se manifestarán en cualquier etapa. Posteriormente, esa lista fue analizada para englobar aquellos impactos que tuvieran alguna característica común. La lista de verificación de impactos por etapas considerando los parámetros de la matriz de Betelle – Columbus es la siguiente.

Cuadro V-4. Lista de verificación de impactos ambientales de la matriz de Batelle – Columbus.

ID	CATEGORÍA	COMPONENTE	PARAMÉTRO	ETAPA		
				PS	O-M	AS
1	Biótico	Flora	Desmonte o remoción de vegetación forestal			
2	Biótico	Flora	Grado de fragmentación	x	x	x
3	Biótico	Flora	Estructura y composición		x	x
4	Biótico	Flora	Biodiversidad	x	x	x
5	Biótico	Flora	Especies de interés			x
6	Biótico	Fauna	Desplazamiento	x	x	x

7	Biótico	Fauna	Mortandad	x	x	
8	Biótico	Fauna	Abundancia		x	x
9	Biótico	Fauna	Biodiversidad		x	x
10	Biótico	Fauna	Especies de interés especial			x
11	Físico	Topografía	Pendiente	x	x	
12	Físico	Topografía	Relieve	x	x	x
13	Físico	Topografía	Orientación	x	x	
14	Físico	Topografía	Curvatura	x	x	x
15	Físico	Suelo	Contaminación	x	x	
16	Físico	Suelo	Compactación	x	x	x
17	Físico	Suelo	Temperatura	x	x	x
18	Físico	Suelo	Materia orgánica	x	x	x
19	Físico	Suelo	Erosión hídrica	x	x	x
20	Físico	Suelo	Erosión eólica	x	x	x
21	Físico	Suelo	Remoción	x	x	x
22	Físico	Agua	Contaminación	x	x	x
23	Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	x	x	
24	Físico	Agua	Evapotranspiración	x	x	
25	Físico	Aire	Olor	x	x	x
26	Físico	Aire	Visibilidad	x	x	x
27	Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	x	x	x
28	Físico	Aire	Ruidos	x	x	x
29	Físico	Paisaje	Calidad	x	x	x
30	Físico	Paisaje	Visitantes	x	x	x
31	Físico	Infraestructura	Caminos	x	x	x
32	Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas			
33	Físico	Infraestructura	Edificaciones civiles			
34	Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	x	x	x
35	Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos		x	
36	Socioeconómico	Centros de población	Modificación de infraestructura urbana	x	x	x
37	Socioeconómico	Centros de población	Modificación de los servicios (agua, luz, drenaje, etc.)	x	x	x
38	Socioeconómico	Calidad de vida	Empleos	x	x	x
39	Socioeconómico	Calidad de vida	Prestaciones de salud	x	x	x

V.1.5 Predicción del impacto (simulación)

En este estudio, se empleó el algoritmo *Random Forest* (RF) para predecir la calidad ambiental en un tiempo futuro (después de ejecutar las obras y actividades en las diferentes etapas). *Random Forest* es una técnica de aprendizaje automático (*machine-learning*) reconocida por su capacidad para manejar relaciones complejas y grandes conjuntos de datos (Breiman, 2001, Pedregosa et al., 2011). Para formular la base de datos de entrenamiento del algoritmo (70% de la base de datos) y validación (30% de la base de datos), se generó un muestreo sistemático con inicio aleatorio dentro del sistema ambiental, donde se extrajeron **500 valores** de cada pixel de la calidad ambiental e indicadores ambientales. Los datos se distribuyeron de manera aleatoria sistemática usando la herramienta de investigación *Create grid* de QGIS equidistantes a 1000 m. El entrenamiento y validación del algoritmo RF fue usando el paquete *randomForest* en R (R Core Team, 2026). El algoritmo opera construyendo una multitud de árboles de decisión durante el entrenamiento y cada árbol se construye a partir de una muestra de *Bootstrap* (Efron, 1979) extraída del conjunto de datos del entrenamiento, introduciendo variabilidad y reduciendo el riesgo de sobreajuste. En cada nodo de división de un árbol, se selecciona aleatoriamente un subconjunto de las variables predictoras (que incluyen las 12 variables ambientales normalizadas), lo que asegura la correlación entre los árboles individuales y mejora la robustez y

generalización del ajuste. La predicción final para los valores continuos del **ICA** se obtiene mediante la moda de las predicciones (**clasificación** en este caso) de todos los árboles individuales en el bosque.

$$\hat{f}_b(x) = moda\{\hat{f}_1(x), \hat{f}_2(x), \ldots, \hat{f}_B(x)\}$$

donde; $\hat{f}_b$ es la clase predicha por el árbol individual b, B es el número total de árboles (estimadores) en el bosque, **moda** es la función estadística que devuelve la clase que más se repite entre todos los árboles

El código usado para estimar el ICA es el siguiente.

```
# 1.Copyright statement comment ----------------------------------------
# Copyright 2026
# 2.Author comment ------------------------------------------------------
# Sacramento Corral-Rivas
# 3.File description comment --------------------------------------------
# Compute the Environmental Quality Index
# 4.Source() and library() statements -----------------------------------
# Loading package
library(caTools)
library(randomForest)
# 5.Function definitions ------------------------------------------------
# 6.Execution statements ------------------------------------------------
# Import data set
f01 <- read.csv("../01_Data/02IndicadoresAmb.csv")
# Splitting data in train and test data
# SplitRatio: percentage of data to use in training set
split <- sample.split(f01, SplitRatio = 0.7)
# Data for fitting the random algorithm
train <- subset(f01, split == "TRUE")
# Data for predictions with the random forest algorithm
test <- subset(f01, split == "FALSE")
# Fitting Random Forest to the train data set
set.seed(120)  # Setting seed
classifier_RF = randomForest(x = train[, 3:14], y = train$ICA, ntree = 500); classifier_RF
# Predicting the Test set results
y_pred = predict(classifier_RF, newdata = test[, 3:14])
test$y_pred <- predict(classifier_RF, newdata = test[, 3:14])
# Confusion Matrix
confusion_mtx = table(test[, 2], y_pred); confusion_mtx
# Plotting model
plot(classifier_RF)
# Importance plot
importance(classifier_RF)
# Variable importance plot
varImpPlot(classifier_RF)
```

Los resultados de la matriz de confusión del **entrenamiento** para estimar el valor del ICA con RF son los siguientes

	Alta	Baja	Moderada	Muy Baja	Class error
Alta	0	0	19	0	.998
Baja	0	3164	85	0	0.0262
Moderada	0	192	1037	0	0.1562
Muy baja	0	4	0	16	0.2

Mientras que para la **prueba** (**validación**) la matriz de confusión es la siguiente.

	Alta	Baja	Moderada	Muy baja	Class error
Alta	3	0	9	0	0.75
Baja	0	1560	58	0	0.0358
Moderada	0	113	506	0	0.1826
Muy baja	0	4	0	7	0.3636

Finalmente, los errores del algoritmo RF en la predicción de la CA se muestran en la figura siguiente.

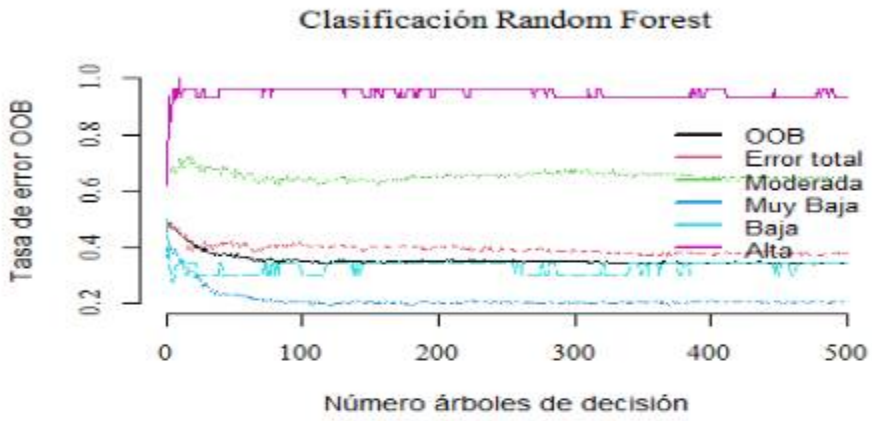


Ilustración V-3. La tasa de error en la estimación del ICA.

Las variables o indicadores en las predicciones son las siguientes.

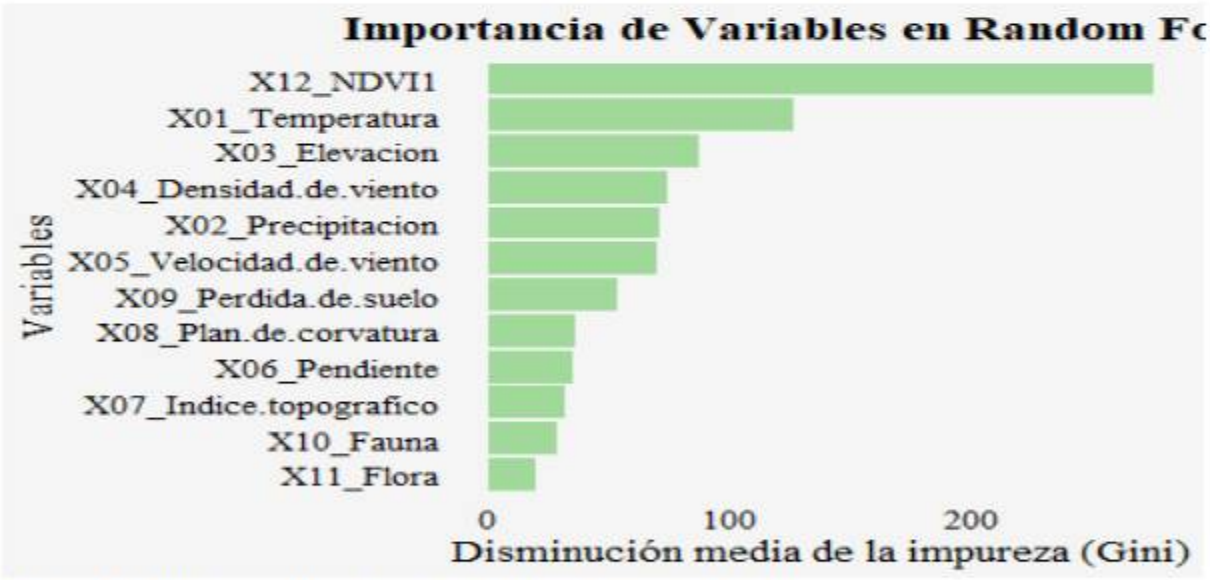


Ilustración V-4. Importancia de variables (permutación) en la estimación del ICA.

En vista del gráfico anterior los indicadores ambientales en orden de importancia que más contribuyen en describir la calidad ambiental son el **NDVI**, **temperatura** y **elevación**.

Conclusión. Con el algoritmo RF fue posible predecir la calidad ambiental en un tiempo futuro, así lo evidencian la validación (*y_pred*), por tanto, para su uso solo será necesario alimentar la base de datos con los cambios esperados en cada indicador (i.e. al eliminar la cubierta vegetal se modifica el valor de pixel de los ráster NDVI, erosión, etc.) después de realizar las obras y actividades en un tiempo 2 (ICA $_2$). Esta metodología es 100% conmensurable y su validez depende de la calidad de información que se alimente al algoritmo RF.

V.1.6 Caracterización de los impactos ambientales

El valor de las Unidades de Importancia Ambiental (UIA) se estima considerando la diferencia de dos escenarios; **UIA_0** en el estado actual (sin obras), es decir, no considera las obras y actividades en la etapa que se evalúa y, **UIA_2** considera el pronóstico del parámetro ambiental una vez que se realizaron las obras y actividades para la etapa que se evalúa, es decir, cuál será el escenario esperado después de realizar las obras y actividades en la etapa que se evalúa (cambio en los indicadores ambientales). La expresión resultante es la siguiente:

$$CA_N = UIA_2 - UIA_0$$

El valor de las Unidades de Importancia Ambiental (UIA) se estimó considerando la diferencia de dos escenarios; **UIA_0** en el estado actual (sin obras), es decir, no considera las obras y actividades en la etapa que se evalúa y, **UIA_2** considera el pronóstico del parámetro ambiental una vez que se realizaron las obras y actividades para la etapa que se evalúa (cambio en los indicadores ambientales). La expresión resultante es **$CA_N = UIA_2 - UIA_0$.** El valor de la Calidad Ambiental Neta (**CA_N**) puede resultar ser negativo (adverso) o positivo (beneficioso) y, considerando que las UIA evaluadas para cada parámetro son conmensurables, se suman y se evalúa el impacto global con distintas alternativas para obtener la óptima (minimizar impactos negativos o maximizar impactos positivos) considerando las obras y actividades a desarrollar en cada etapa. El impacto total será la suma de cada uno de los impactos netos (**IN**) expresados en sus correspondientes UIA, cuanto más cercano sea su valor a 1,000 (valor optimo), más positivo es el impacto y cuanto más bajo, más desfavorable. La metodología dispone de un sistema de alertas por considerar la magnitud del impacto ante la presencia de algunas situaciones críticas. Aunque el impacto global sea admisible, puede haber ciertos parámetros que pueden tener afectaciones considerables que no están dentro de los límites admisibles. Ante tal situación se establece un sistema de semáforo que considera las categorías siguientes; i) azul (compatible) > -0.2, ii) verde (moderado) >= -0.4, iii) amarillo (notable) >= -0.6, iv) naranja (crítico) >= -0.8 y, v) rojo (inaceptable) < -0.8. Finalmente, la valoración **cuantitativa** consiste en determinar la calidad ambiental del factor afectado por el impacto mediante la función de transformación adecuada, para la obtención de unidades de impacto neto (conmensurables), su contribución a la situación del medio vendrá disminuida en el mismo porcentaje que su calidad (UIA). Se aplica la valoración a la situación CON obras y actividades (CA_2) y SIN obras y actividades (CA_0), de cuya diferencia se tendrá el impacto neto (CA_N) y la sumatoria de este último representa la valoración global o de comparación de alternativas.

V.1.6.1 Cuantificación

En este estudio se utilizó la matriz de **Batelle – Columbus modificada** para valorar el **impacto ambiental neto** considerando el ICA_0 estimado en el tiempo cero (estado actual) y el ICA_2 (simulación a un tiempo futuro) estimado con el algoritmo RF. Ambos escenarios se mantienen en una escala de 0 a 1 para contrastarlos y estimar la Calidad Ambiental Neta (CA_N). La metodología de cálculo para estimar el **impacto neto** (IN) para la etapa de **preparación del sitio** es la siguiente.

Cuadro V-5. Matriz de Batelle – Columbus para la etapa de preparación del sitio.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	Índice de CA		CA_N	UIA	UIP		Impacto neto
			CA_0	CA_2	Alerta		IN_0	IN_2	
Biótico	Flora	Desmonte	0.50	0.48	-0.02	35	17.5	16.8	-0.7
Biótico	Flora	Fragmentación	0.45	0.40	-0.05	50	22.5	20.0	-2.5
Biótico	Flora	Estructura y composición	0.45	0.40	-0.05	35	15.8	14.0	-1.8
Biótico	Flora	Biodiversidad	0.50	0.40	-0.10	35	17.5	14.0	-3.5
Biótico	Flora	Especies de interés	0.60	0.49	-0.11	18	10.8	8.8	-2.0
Biótico	Fauna	Desplazamiento	0.50	0.40	-0.10	29	14.5	11.6	-2.9
Biótico	Fauna	Mortandad	0.45	0.43	-0.02	15	6.8	6.5	-0.3
Biótico	Fauna	Abundancia	0.46	0.44	-0.02	35	16.1	15.4	-0.7
Biótico	Fauna	Biodiversidad	0.50	0.45	-0.05	35	17.5	15.8	-1.8
Biótico	Fauna	Especies de interés	0.47	0.42	-0.05	35	16.5	14.7	-1.8
Físico	Topografía	Pendiente	0.45	0.40	-0.05	40	18.0	16.0	-2.0
Físico	Topografía	Relieve	0.40	0.38	-0.02	45	18.0	17.1	-0.9
Físico	Topografía	Orientación	0.50	0.45	-0.05	22	11.0	9.9	-1.1
Físico	Topografía	Curvatura	0.34	0.32	-0.02	21	7.1	6.7	-0.4
Físico	Suelo	Contaminación	0.50	0.35	-0.15	20	10.0	7.0	-3.0

Físico	Suelo	Compactación	0.60	0.45	-0.15	20	12.0	9.0	-3.0
Físico	Suelo	Temperatura	0.65	0.51	-0.14	10	6.5	5.1	-1.4
Físico	Suelo	Materia orgánica	0.71	0.65	-0.06	30	21.3	19.5	-1.8
Físico	Suelo	Erosión hídrica	0.63	0.43	-0.20	45	28.4	19.4	-9.0
Físico	Suelo	Erosión eólica	0.68	0.43	-0.25	40	27.2	17.2	-10.0
Físico	Suelo	Remoción	0.56	0.42	-0.14	40	22.4	16.8	-5.6
Físico	Agua	Contaminación	0.65	0.33	-0.32	25	16.3	8.3	-8.0
Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	0.48	0.35	-0.13	30	14.4	10.5	-3.9
Físico	Agua	Evapotranspiración	0.62	0.60	-0.02	25	15.5	15.0	-0.5
Físico	Aire	Olor	0.75	0.70	-0.05	10	7.5	7.0	-0.5
Físico	Aire	Visibilidad	0.61	0.60	-0.01	5	3.1	3.0	0.0
Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	0.70	0.38	-0.32	30	21.0	11.4	-9.6
Físico	Aire	Ruidos	0.75	0.41	-0.34	20	15.0	8.2	-6.8
Físico	Paisaje	Calidad	0.71	0.57	-0.14	20	14.2	11.4	-2.8
Físico	Paisaje	Visitantes	0.62	0.67	0.05	20	12.4	13.4	1.0
Físico	Infraestructura	Caminos	0.51	0.54	0.03	20	10.2	10.8	0.6
Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas	0.34	0.35	0.01	10	3.4	3.5	0.1
Físico	Infraestructura	Edificaciones	0.32	0.62	0.30	5	1.6	3.1	1.5
Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	0.61	0.58	-0.03	10	6.1	5.8	-0.3
Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos	0.70	0.72	0.02	10	7.0	7.2	0.2
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales directas	0.54	0.68	0.14	25	13.5	17.0	3.5
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales indirectos	0.45	0.71	0.26	20	9.0	14.2	5.2
Socioeconómico	Estilos de vida	Oportunidad de empleo	0.40	0.73	0.33	30	12.0	21.9	9.9
Socioeconómico	Estilos de vida	Calidad de vida (salud)	0.35	0.72	0.37	30	10.5	21.6	11.1

El resumen, de la valoración cuantitativa del impacto neto para cada componente ambiental se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro V-6. Impacto neto en la etapa de preparación del sitio.

COMPONENTES	UIA	UIP		IMPACTO NETO
		UIA_0	UIA_2	
Flora	173	84.1	73.6	-10.4
Fauna	149	71.3	63.9	-7.4
Topografía	128	54.1	49.7	-4.4
Suelo	205	127.8	94.0	-33.8
Agua	80	46.2	33.8	-12.4
Aire	65	46.6	29.6	-17.0
Paisaje	40	26.6	24.8	-1.8
Infraestructura	35	15.2	17.4	2.2
Valores históricos	10	6.1	5.8	-0.3
Cultura	10	7.0	7.2	0.2
Centros de población	45	22.5	31.2	8.7
Estilos de vida	60	22.5	43.5	21.0
Total	**1,000**	**529.84**	**474.44**	**-55.40**

La metodología de cálculo de la matriz de Battelle – Columbus para estimar el impacto neto en la etapa de **operación - mantenimiento** es la siguiente.

Cuadro V-7. Matriz de Batelle - Columbus para la etapa de operación - mantenimiento.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	Índice de CA		CA_N	UIA	UIP		Impacto
			CA_0	CA_2	Alerta		IN_0	IN_2	neto
Biótico	Flora	Desmonte	0.50	0.48	-0.02	35	17.5	16.8	-0.7
Biótico	Flora	Fragmentación	0.45	0.40	-0.05	50	22.5	20.0	-2.5
Biótico	Flora	Estructura y composición	0.45	0.40	-0.05	35	15.8	14.0	-1.8
Biótico	Flora	Biodiversidad	0.50	0.40	-0.10	35	17.5	14.0	-3.5
Biótico	Flora	Especies de interés	0.60	0.49	-0.11	18	10.8	8.8	-2.0
Biótico	Fauna	Desplazamiento	0.50	0.27	-0.23	29	14.5	7.8	-6.7
Biótico	Fauna	Mortandad	0.45	0.41	-0.04	15	6.8	6.2	-0.6
Biótico	Fauna	Abundancia	0.46	0.39	-0.07	35	16.1	13.7	-2.5
Biótico	Fauna	Biodiversidad	0.50	0.43	-0.07	35	17.5	15.1	-2.5
Biótico	Fauna	Especies de interés	0.47	0.41	-0.06	35	16.5	14.4	-2.1
Físico	Topografía	Pendiente	0.45	0.42	-0.03	40	18.0	16.8	-1.2
Físico	Topografía	Relieve	0.40	0.41	0.01	45	18.0	18.5	0.4
Físico	Topografía	Orientación	0.50	0.42	-0.08	22	11.0	9.2	-1.8
Físico	Topografía	Curvatura	0.34	0.36	0.02	21	7.1	7.6	0.4
Físico	Suelo	Contaminación	0.50	0.31	-0.19	20	10.0	6.2	-3.8
Físico	Suelo	Compactación	0.60	0.32	-0.28	20	12.0	6.4	-5.6
Físico	Suelo	Temperatura	0.65	0.43	-0.22	10	6.5	4.3	-2.2

Físico	Suelo	Materia orgánica	0.71	0.36	-0.35	30	21.3	10.8	-10.5
Físico	Suelo	Erosión hídrica	0.63	0.32	-0.31	45	28.4	14.4	-14.0
Físico	Suelo	Erosión eólica	0.68	0.28	-0.40	40	27.2	11.2	-16.0
Físico	Suelo	Remoción	0.56	0.36	-0.20	40	22.4	14.4	-8.0
Físico	Agua	Contaminación	0.65	0.21	-0.44	25	16.3	5.3	-11.0
Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	0.48	0.22	-0.26	30	14.4	6.6	-7.8
Físico	Agua	Evapotranspiración	0.62	0.35	-0.27	25	15.5	8.8	-6.8
Físico	Aire	Olor	0.75	0.44	-0.31	10	7.5	4.4	-3.1
Físico	Aire	Visibilidad	0.61	0.39	-0.22	5	3.1	2.0	-1.1
Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	0.70	0.22	-0.48	30	21.0	6.6	-14.4
Físico	Aire	Ruidos	0.75	0.30	-0.45	20	15.0	6.0	-9.0
Físico	Paisaje	Calidad	0.71	0.35	-0.36	20	14.2	7.0	-7.2
Físico	Paisaje	Visitantes	0.62	0.51	-0.11	20	12.4	10.2	-2.2
Físico	Infraestructura	Caminos	0.51	0.54	0.03	20	10.2	10.8	0.6
Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas	0.34	0.36	0.02	10	3.4	3.6	0.2
Físico	Infraestructura	Edificaciones	0.32	0.62	0.30	5	1.6	3.1	1.5
Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	0.61	0.61	0.00	10	6.1	6.1	0.0
Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos	0.70	0.70	0.00	10	7.0	7.0	0.0
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales directas	0.54	0.68	0.14	25	13.5	17.0	3.5
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales indirectos	0.45	0.73	0.28	20	9.0	14.6	5.6
Socioeconómico	Estilos de vida	Oportunidad de empleo	0.40	0.73	0.33	30	12.0	21.9	9.9
Socioeconómico	Estilos de vida	Calidad de vida (salud)	0.35	0.72	0.37	30	10.5	21.6	11.1

El resumen, de la valoración cuantitativa del impacto neto para cada componente ambiental se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro V-8. Impacto neto en la etapa de operación - mantenimiento.

COMPONENTES	UIA	UIP		IMPACTO NETO
		UIA_0	UIA_2	
Flora	173	84.1	73.6	-10.4
Fauna	149	71.3	57.0	-14.3
Topografía	128	54.1	52.1	-2.1
Suelo	205	127.8	67.7	-60.1
Agua	80	46.2	20.6	-25.6
Aire	65	46.6	19.0	-27.6
Paisaje	40	26.6	17.2	-9.4
Infraestructura	35	15.2	17.5	2.3
Valores históricos	10	6.1	6.1	0.0
Cultura	10	7.0	7.0	0.0
Centros de población	45	22.5	31.6	9.1
Estilos de vida	60	22.5	43.5	21.0
Total	1,000	529.84	412.85	**-116.99**

La metodología de cálculo de la matriz de Battelle – Columbus para estimar el impacto neto en la etapa de **abandono del sitio** es la siguiente.

Cuadro V-9. Matriz de Batelle - Columbus para la etapa de abandono de sitio.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	Índice de CA		CA_N	UIA	UIP		Impacto
			CA_0	CA_2	Alerta		IN_0	IN_2	neto
Biótico	Flora	Desmonte	0.50	0.49	-0.01	35	17.5	17.2	-0.4
Biótico	Flora	Fragmentación	0.45	0.46	0.01	50	22.5	23.0	0.5
Biótico	Flora	Estructura y composición	0.45	0.48	0.03	35	15.75	16.8	1.1
Biótico	Flora	Biodiversidad	0.50	0.55	0.05	35	17.5	19.3	1.8
Biótico	Flora	Especies de interés	0.60	0.55	-0.05	18	10.8	9.9	-0.9
Biótico	Fauna	Desplazamiento	0.50	0.55	0.05	29	14.5	16.0	1.5
Biótico	Fauna	Mortandad	0.45	0.44	-0.01	15	6.75	6.6	-0.2
Biótico	Fauna	Abundancia	0.46	0.48	0.02	35	16.1	16.8	0.7
Biótico	Fauna	Biodiversidad	0.50	0.61	0.11	35	17.5	21.4	3.9
Biótico	Fauna	Especies de interés	0.47	0.54	0.07	35	16.45	18.9	2.5
Físico	Topografía	Pendiente	0.45	0.52	0.07	40	18	20.8	2.8
Físico	Topografía	Relieve	0.40	0.53	0.13	45	18	23.9	5.9
Físico	Topografía	Orientación	0.50	0.61	0.11	22	11	13.4	2.4

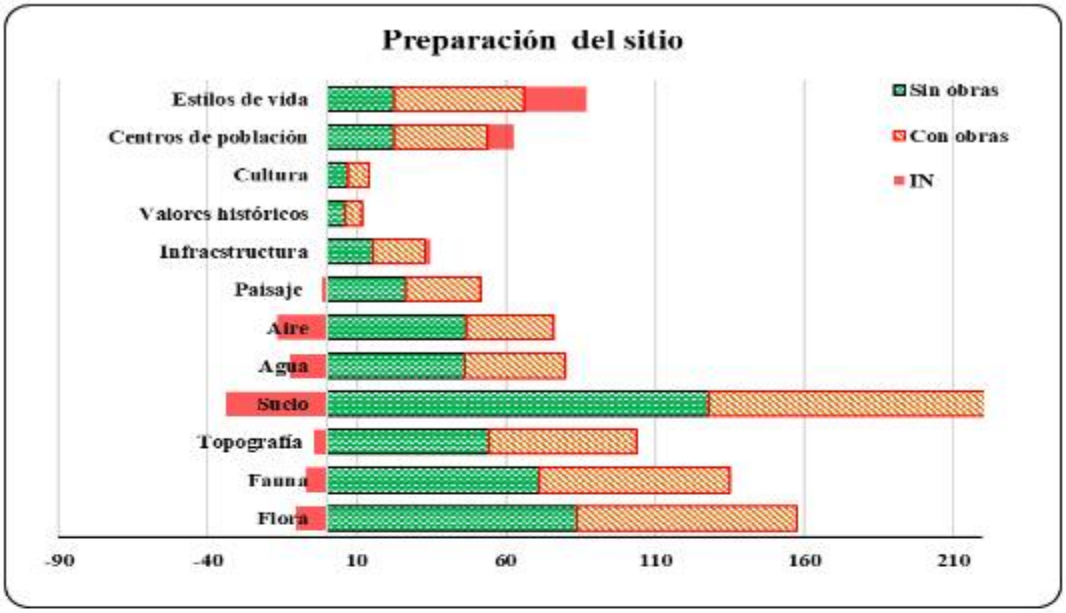
Físico	Topografía	Curvatura	0.34	0.50	0.16	21	7.14	10.5	3.4
Físico	Suelo	Contaminación	0.50	0.53	0.03	20	10	10.6	0.6
Físico	Suelo	Compactación	0.60	0.63	0.03	20	12	12.6	0.6
Físico	Suelo	Temperatura	0.65	0.56	-0.09	10	6.5	5.6	-0.9
Físico	Suelo	Materia orgánica	0.71	0.63	-0.08	30	21.3	18.9	-2.4
Físico	Suelo	Erosión hídrica	0.63	0.51	-0.12	45	28.35	23.0	-5.4
Físico	Suelo	Erosión eólica	0.68	0.52	-0.16	40	27.2	20.8	-6.4
Físico	Suelo	Remoción	0.56	0.55	-0.01	40	22.4	22.0	-0.4
Físico	Agua	Contaminación	0.65	0.61	-0.04	25	16.25	15.3	-1.0
Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	0.48	0.52	0.04	30	14.4	15.6	1.2
Físico	Agua	Evapotranspiración	0.62	0.51	-0.11	25	15.5	12.8	-2.8
Físico	Aire	Olor	0.75	0.58	-0.17	10	7.5	5.8	-1.7
Físico	Aire	Visibilidad	0.61	0.42	-0.19	5	3.05	2.1	-1.0
Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	0.70	0.62	-0.08	30	21	18.6	-2.4
Físico	Aire	Ruidos	0.75	0.62	-0.13	20	15	12.4	-2.6
Físico	Paisaje	Calidad	0.71	0.58	-0.13	20	14.2	11.6	-2.6
Físico	Paisaje	Visitantes	0.62	0.51	-0.11	20	12.4	10.2	-2.2
Físico	Infraestructura	Caminos	0.51	0.40	-0.11	20	10.2	8.0	-2.2
Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas	0.34	0.35	0.01	10	3.4	3.5	0.1
Físico	Infraestructura	Edificaciones	0.32	0.42	0.1	5	1.6	2.1	0.5
Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	0.61	0.61	0	10	6.1	6.1	0.0
Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos	0.70	0.70	0	10	7	7.0	0.0
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales directas	0.54	0.61	0.07	25	13.5	15.3	1.8
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales indirectos	0.45	0.51	0.06	20	9	10.2	1.2
Socioeconómico	Estilos de vida	Oportunidad de empleo	0.40	0.53	0.13	30	12	15.9	3.9
Socioeconómico	Estilos de vida	Calidad de vida (salud)	0.35	0.50	0.15	30	10.5	15.0	4.5

El resumen, de la valoración cuantitativa del impacto neto para cada componente ambiental se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro V-10. Estimación del impacto neto en la etapa de abandono de sitio.

COMPONENTES	UIA	UIP		IMPACTO NETO
		UIA_0	UIA_2	
Flora	173	84.1	86.1	2.1
Fauna	149	71.3	79.6	8.3
Topografía	128	54.1	68.6	14.4
Suelo	205	127.8	113.5	-14.3
Agua	80	46.2	43.6	-2.6
Aire	65	46.6	38.9	-7.7
Paisaje	40	26.6	21.8	-4.8
Infraestructura	35	15.2	13.6	-1.6
Valores históricos	10	6.1	6.1	0.0
Cultura	10	7.0	7.0	0.0
Centros de población	45	22.5	25.5	3.0
Estilos de vida	60	22.5	30.9	8.4
Total	**1,000**	**529.84**	**535.07**	**5.23**

Gráficamente el impacto neto (IN) para cada componente ambiental se puede observar en las gráficas siguientes.


Preparación del sitio
Estilos de vida
Centros de población
Cultura
Valores históricos
Infraestructura
Paisaje
Aire
Agua
Suelo
Topografía
Fauna
Flora
Sin obras
Con obras
IN
-90
-40
10
60
110
160
210


Etapa de operación y mantenimiento
Estilos de vida
Centros de población
Cultura
Valores históricos
Infraestructura
Paisaje
Aire
Agua
Suelo
Topografía
Fauna
Flora
Sin obras
Con obras
IN
-50
0
50
100
150
200
250

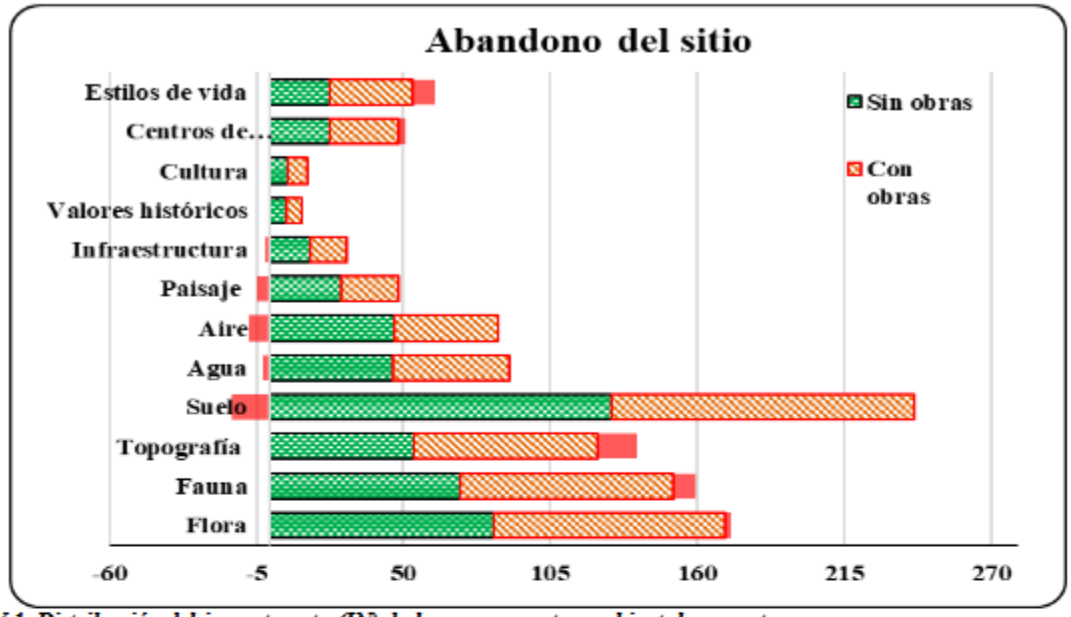


Figura V-1. Distribución del impacto neto (IN) de los componentes ambientales por etapa.

Finalmente, el resultado del impacto neto por etapa es el siguiente.

Cuadro V-11. Resumen de los impactos netos por etapa.

COMPONENTES	IMPACTO NETO POR ETAPA		
	Preparación del sitio	Operación y mantenimiento	Abandono del sitio
Flora	-10.4	-10.4	2.1
Fauna	-7.4	-14.3	8.3
Topografía	-4.4	-2.1	14.4
Suelo	-33.8	-60.1	-14.3
Agua	-12.4	-25.6	-2.6
Aire	-17.0	-27.6	-7.7
Paisaje	-1.8	-9.4	-4.8
Infraestructura	2.2	2.3	-1.6
Valores históricos	-0.3	0.0	0.0
Cultura	0.2	0.0	0.0
Centros de población	8.7	9.1	3.0
Estilos de vida	21.0	21.0	8.4
Total	**-55.4**	**-117.0**	**5.2**

De acuerdo con el contexto de las obras y actividades, se observó que los componentes que presentan el mayor impacto negativo ocurren durante la etapa de ***operación - mantenimiento***, lo cual es consistente con las obras y actividades asociadas a la explotación de materiales pétreos, mismas que implican excavación, manejo de maquinaria pesada y modificación topográfica del terreno, sin considerar la remoción de la vegetación. A continuación, se presenta la descripción de los impactos por componente y etapa, incorporando los valores de impacto neto obtenidos:

Flora: Al no contemplarse la remoción de vegetación, este componente no presenta impactos negativos severos asociados a perturbaciones directas por las obras y actividades sobre las especies vegetales en las etapas de *preparación del sitio* y *operación – mantenimiento* con un impacto neto de **-10.4,** respectivamente; en tanto que en la etapa de abandono del sitio este componente presenta un impacto neto positivo como resultado de aplicar el programa de restauración con un valor de **2.1**.

Fauna: Este componente presenta impactos negativos de baja a moderada magnitud, relacionados principalmente con perturbaciones indirectas ocasionadas por ruido, vibraciones, presencia de maquinaria y alteración temporal del hábitat.

En etapa de preparación del sitio se registra un impacto neto de **-7.4**, el cual se incrementa significativamente en la etapa de *operación - mantenimiento* a **-14.3** asociado al aumento de la presencia de maquinaria. En la etapa de *abandono del sitio* el impacto neto mejora significativamente en beneficio de la fauna local con un valor de **8.3**, atribuible al cese de actividades y recolonización gradual de especies.

Topografía: La topografía presenta impactos negativos de baja magnitud, asociados a modificaciones localizadas del relieve local derivadas de las actividades de extracción y conformación del terreno. En la *preparación del sitio* se registra un impacto neto de **-4.4**, disminuyendo a **-2.1** durante la *operación – mantenimiento* de las obras y actividades de explotación de los depósitos de materiales pétreos. En la etapa de *abandono del sitio* se presenta un efecto positivo de **14.4**, relacionado con las medidas de restauración geomorfológica y estabilización de los taludes del cauce hidráulico.

Suelo: Los impactos netos de las obras y actividades sobre el suelo derivados de la remoción, compactación, erosión y modificación física de los depósitos de gravas y arenas resultaron ser más severos; en la etapa de *preparación del sitio* se estimó un valor de **-33.8**, incrementándose considerablemente en la etapa de *operación - mantenimiento* hasta **-60.1**, donde con la remoción de los materiales se origina la **erosión de sedimentos** aguas abajo del cauce. En tanto que en la etapa de *abandono del sitio* persisten efectos residuales con un valor de **-14.3**, reflejando impactos acumulativos a mediano plazo.

Agua: Este componente presenta impactos negativos de magnitud moderada, asociados a las modificaciones en la calidad del agua de los escurrimientos superficiales con el aumento de sedimentos y alteraciones temporales en la dinámica hidrológica local. En la *preparación del sitio* se estimó un impacto neto de **-12.4**, mismo que se incrementa de manera adversa (negativa) en la etapa de operación - mantenimiento a **-25.6**, disminuyendo significativamente en la etapa de *abandono del sitio* a **-2.6**, indicando una recuperación gradual de las condiciones hidrológicas.

Aire: El componente aire presenta impactos negativos moderados asociados con la generación de partículas suspendidas, emisiones de gases de combustión y dispersión de polvo derivado del tránsito de maquinaria y vehículos en el sitio. En la etapa de *preparación del sitio* se estimó un impacto neto de **-17.0**, incrementándose moderadamente en la etapa de *operación - mantenimiento* a **-27.6**, donde ocurre la explotación de los depósitos, mientras que en la etapa de *abandono del sitio* disminuyen los impactos netos a **-7.7**.

Paisaje: El paisaje presenta impactos negativos de baja a moderada magnitud, derivados de la alteración visual ocasionada por el cambio en la morfología del terreno y presencia de infraestructura y maquinaria. Durante la *preparación del sitio* se estimó un impacto neto de **-1.8**, incrementándose (negativamente) en la etapa de *operación - mantenimiento* a **-9.4**, mientras que en la etapa de *abandono del sitio* el impacto neto resulto muy ligero en **-4.8**, asociado a procesos de rehabilitación y recuperación visual del sitio.

Infraestructura: Este componente presenta impactos netos positivos de baja magnitud, derivados de los beneficios sociales que representa mantener habilitados los caminos de acceso vecinales. Se registraron valores de **2.2**, **2.3** y **-1.6** en la *preparación del sitio*, *operación – mantenimiento* y *abandono del sitio*, respectivamente. Es de interés mencionar que solo la etapa de abandono del sitio tendrá efectos adversos al dejar los accesos e infraestructura de los bancos de materiales sin actividades de mantenimiento durante la temporada de lluvias que ocasiona arrastre de sedimentos.

Valores históricos: Los valores históricos presentan impactos prácticamente nulos, debido a la ausencia de elementos patrimoniales o culturales con mérito de ser conservados y valorados. En *preparación del sitio* se estimó un impacto neto de **-0.3**, mientras que en las etapas de *operación - mantenimiento* y *abandono del sitio* los impactos netos son nulos, **0.0**, indicando ausencia sitios arqueológicos, monumentos históricos, paisajes culturales y monumentos naturales.

Cultura: El componente cultural presenta impactos no significativos, sin evidencia de alteraciones relevantes sobre prácticas, costumbres o elementos culturales asociados a las comunidades locales. En la *preparación del sitio* se estimó un ligero efecto positivo de **0.2**, por los compromisos que la Promovente tendrá en apoyar con obras sociales en los

usos y costumbres de las comunidades locales (apoyo en fiestas patrimoniales), mientras que en las etapas de *operación - mantenimiento* y *abandono del sitio* los impactos netos son nulos, **0.0**, reflejando neutralidad en la modificación de las conductas culturales de las comunidades locales.

Centros de población: Este componente presenta impactos netos positivos de baja magnitud, asociados a la generación temporal de empleo, derrama económica y mejora en la disponibilidad de materiales para obras sociales. En *preparación del sitio* se estimó un impacto neto positivo de **8.7**, incrementándose ligeramente a **9.1** en la etapa de operación - mantenimiento y finalmente disminuyendo a **3.0** en la etapa de abandono del sitio, reflejando beneficios socioeconómicos temporales en las comunidades locales.

Estilos de vida: El componente estilos de vida presenta impactos netos positivos moderados, relacionados con la generación de empleo, fortalecimiento económico y mejora temporal de ingresos para la población local vinculada a las obras y actividades. Durante la *preparación del sitio* se estimó un impacto neto positivo de **21.0**, manteniéndose en el mismo nivel durante la etapa de *operación - mantenimiento* (**21.0**), en tanto que en la etapa de *abandono del sitio* este valor disminuye a **8.4**, reflejando una reducción progresiva de los beneficios sociales al concluir las actividades extractivas.

Impacto neto total: El balance global indica que los impactos negativos predominan durante la **preparación del sitio (-55.4)**, intensificándose en la etapa de **operación - mantenimiento (-119.0)**, etapa de mayor afectación ambiental, mientras que en la etapa de **abandono del sitio (5.2)** se observa una tendencia positiva asociada a medidas de restauración y recuperación ambiental implementadas.

V.1.6.2 Identificación y globalización de los impactos adversos

En la identificación y globalización de los impactos relevantes se consideró el proceso analítico siguiente.

i. Se identificó el grado de alerta del impacto por etapa (colores amarillo, naranja y rojo), así como su ocurrencia.
ii. Se filtraron los parámetros por componente ambiental que tienen los valores más bajos (negativos).
iii. Se definieron los impactos negativos y su probabilidad de ocurrencia en las etapas.

El resultado del escrutinio de los impactos relevantes se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro V-12. Impactos relevantes identificados por etapa.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	IMPACTOS NEGATIVOS DETECTADOS	ETAPA DEL IMPACTO
Biótico	Flora	Desmonte	Modificación de la abundancia y diversidad de la flora	Preparación del sitio
Biótico	Flora	Fragmentación	Modificación de la abundancia y diversidad de la flora	Preparación del sitio
Biótico	Flora	Estructura y composición	Modificación de la abundancia y diversidad de la flora	Preparación del sitio
Biótico	Fauna	Desplazamiento	Desplazamiento de especies de fauna silvestre	Preparación del sitio
Biótico	Fauna	Mortandad	Desplazamiento de especies de fauna silvestre	Preparación del sitio
Biótico	Fauna	Especies de interés	Modificación del hábitat de especies acuáticas	Preparación del sitio, operación y mantenimiento
Físico	Topografía	Pendiente	Movimiento de material geológico superficial	Operación y mantenimiento
Físico	Topografía	Relieve	Movimiento de material geológico superficial	Operación y mantenimiento
Físico	Suelo	Contaminación	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos	Todas
Físico	Suelo	Compactación	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos	Todas
Físico	Suelo	Temperatura	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos	Todas
Físico	Suelo	Erosión eólica	Generación de polvo y ruido	Todas

Físico	Suelo	Materia orgánica	Pérdida de suelo agrícola	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Erosión hídrica	Erosión del cauce aguas abajo	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Erosión hídrica	Erosión remontada del cauce	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Erosión hídrica	Erosión de taludes	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Erosión hídrica	Aumento te la turbidez del agua	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Erosión hídrica	Retención de agua por las fosas	Operación y mantenimiento
Físico	Agua	Contaminación	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos	Operación y mantenimiento
Físico	Aire	Visibilidad	Aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero	Todas
Físico	Paisaje	Calidad	Modificación del relieve local	Todas

Finalmente, la globalización de los impactos relevantes se resume de la manera siguiente.

Cuadro V-13. Globalización de los impactos ambientales relevantes.

CATEGORÍA	COMPONENTE	IMPACTOS ADVERSOS
Biótico	Flora	Modificación de la abundancia y diversidad de la flora
Biótico	Fauna	Desplazamiento de especies de fauna silvestre
Biótico	Fauna	Modificación del hábitat de especies acuáticas
Físico	Topografía	Movimiento de material geológico superficial
Físico	Suelo	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos
Físico	Suelo	Generación de polvo y ruido
Físico	Suelo	Pérdida de suelo agrícola
Físico	Agua	Erosión del cauce aguas abajo
Físico	Agua	Erosión remontada del cauce
Físico	Agua	Erosión de taludes
Físico	Agua	Aumento te la turbidez del agua
Físico	Agua	Retención de agua por las fosas
Físico	Aire	Aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero
Físico	Paisaje	Modificación del relieve local

V.1.7 Importancia de los impactos identificados

La valoración sirve para medir la trascendencia de la acción sobre el factor alterado y para el proceso de cribado de impactos, se realiza de forma subjetiva, aunque los resultados obtenidos sean numéricos, mediante la evaluación de una serie de atributos que permiten calcular la importancia del impacto y asignarle un juicio, esta metodología corresponde a Coneza (2009), se eligió este método por ser bastante completo y muy utilizado en obras y actividades para el aprovechamiento de recursos forestales y minerales. La metodología considera las características siguientes.

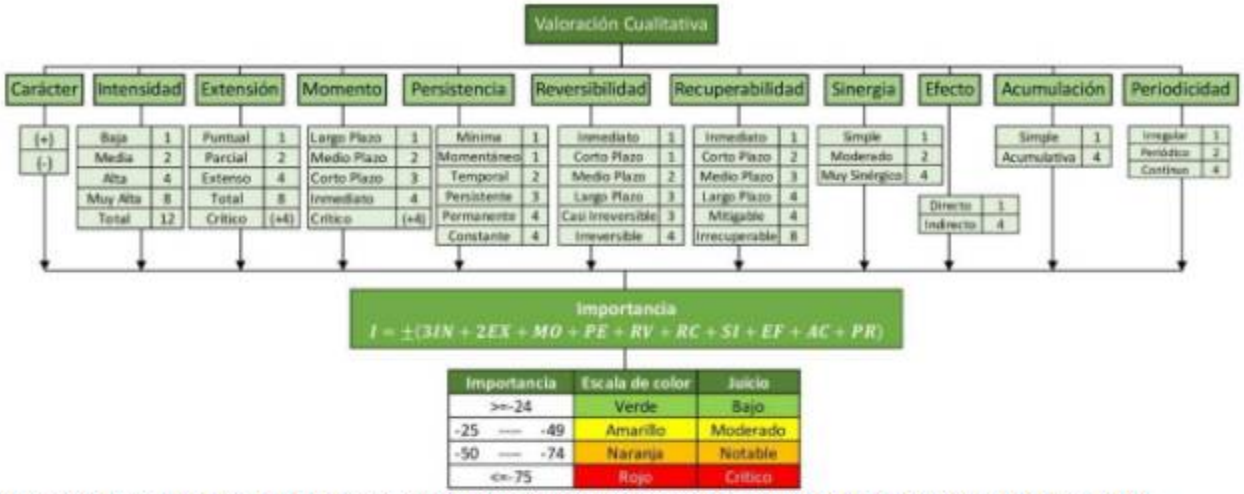


Ilustración V-5. Metodología para determinar la importancia y magnitud de los impactos ambientales (Conesa, 2009).

El resultado de la valoración e importancia de los impactos adversos se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro V-14. Importancia de los impactos ambientales adversos.

Categoría	Componente	Impacto global	C	IN	EX	MO	PE	RV	RC	SI	EF	AC	PR	Valoración	Importancia
BIÓTICO	Flora	Modificación de la abundancia y diversidad de la flora	-	1	1	3	1	1	2	1	1	1	2	-17	Baj
BIÓTICO	Fauna	Desplazamiento de especies de fauna silvestre	-	2	1	3	2	2	3	1	1	1	2	-23	Baj
FÍSICO	Fauna	Modificación del hábitat de especies acuáticas	-	2	2	2	2	3	3	2	4	1	2	-29	Moderado
FÍSICO	Topografía	Movimiento de material geológico superficial	-	4	4	4	4	3	4	2	1	4	4	-46	Moderado
FÍSICO	Suelo	Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos	-	1	1	3	1	1	1	1	4	4	1	-21	Baj
FÍSICO	Suelo	Generación de polvo y ruido	-	1	1	3	1	1	1	1	4	1	2	-19	Baj
FÍSICO	Suelo	Pérdida de suelo agrícola	-	2	2	3	2	1	2	2	4	1	2	-27	Moderado
FÍSICO	Agua	Erosión del cauce aguas abajo	-	2	2	1	3	2	4	1	4	1	2	-28	Moderado
FÍSICO	Agua	Erosión remontada del cauce	-	2	2	3	2	1	3	2	1	1	2	-25	Moderado
FÍSICO	Agua	Erosión de taludes	-	1	1	3	1	2	3	2	1	1	1	-19	Baj
FÍSICO	Agua	Aumento te la turbidez del agua	-	2	2	4	2	1	3	1	1	1	1	-24	Baj
FÍSICO	Agua	Retención de agua por las fosas	-	2	2	4	1	3	3	2	1	1	1	-26	Moderado
FÍSICO	Aire	Aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero	-	1	1	3	3	3	4	1	4	1	1	-25	Moderado
FÍSICO	Paisaje	Modificación del relieve local	-	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	-18	Baj

Para todas las etapas se identificaron **14** impactos ambientales y su caracterización se pude describir de la manera siguiente.

1. *Modificación de la abundancia y diversidad de la flora.* Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el sitio hasta que finalice las obras y actividades. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad a corto plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
2. *Desplazamiento de especies de fauna silvestre.* Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia temporal en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al mediano plazo con una recuperabilidad también a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
3. *Modificación del hábitat de especies acuáticas.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será a mediano plazo. Este impacto tendrá una persistencia temporal en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al largo plazo con una recuperabilidad a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado 2 en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
4. *Movimiento de material geológico superficial.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad alta, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como total y de acuerdo con el momento de su manifestación será inmediato. Este impacto tendrá una persistencia permanente en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al largo plazo con una recuperabilidad a largo plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado acumulativo en el sistema ambiental y continuo de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
5. *Generación de residuos de manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos.* Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad inmediato, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado acumulativo en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
6. *Generación de polvo y ruido.* Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad inmediato, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
7. *Pérdida de suelo agrícola.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia temporal en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad a corto plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
8. *Erosión del cauce aguas abajo.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será a largo plazo. Este impacto tendrá una persistencia persistente en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al mediano plazo con una recuperabilidad a largo plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
9. *Erosión remontada del cauce.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia temporal en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental y periódico de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
10. *Erosión de taludes.* Es un impacto Bajo que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al mediano plazo con una recuperabilidad a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
11. *Aumento te la turbidez del agua.* Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será inmediato. Este impacto tendrá una persistencia temporal en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al inmediato con una recuperabilidad a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
12. *Retención de agua por las fosas.* Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad media, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como parcial y de acuerdo con el momento de su manifestación será inmediato. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al largo plazo con una recuperabilidad a mediano plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado moderado que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.

13. *Aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero*. Es un impacto **Moderado** que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a corto plazo. Este impacto tendrá una persistencia persistente en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al largo plazo con una recuperabilidad a largo plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto indirecto sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.
14. *Modificación del relieve local*. Es un impacto **Bajo** que manifiesta una intensidad baja, de acuerdo con la superficie a ocupar se clasifica como puntual y de acuerdo con el momento de su manifestación será a largo plazo. Este impacto tendrá una persistencia momentánea en el Predio hasta que finalice la vida útil de la obra. Además, será reversible al largo plazo con una recuperabilidad a largo plazo, en cuanto a su sinergia en el medio ambiente es considerado simple que tendrá un efecto directo sobre el componente ambiental. Este impacto es considerado simple en el sistema ambiental e irregular de acuerdo con la periodicidad en que se manifieste.

V.2 Justificación de la metodología utilizada en la evaluación de los impactos ambientales

La guía para la presentación de la MIA para obras y actividades relacionadas con el aprovechamiento de materiales pétreos por la SEMARNAT, recomienda el uso de la matriz de Batelle – Columbus (1972) como un método cuantitativo (algunos autores lo definen como semicuantitativo) que considera todos los factores ambientales posibles a ser modificados o alterados por una acción. La matriz de Batelle - Columbus está formada por una lista de verificación con escala de ponderación de los diferentes factores ambientales, el método comprende una evaluación sistemática de impactos ambientales mediante el uso de indicadores homogéneos, los indicadores de impacto se evalúan con 78 parámetros ambientales agrupados en 4 categorías. Las principales ventajas que presenta esta matriz son las siguientes.

- Permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales, mediante la utilización de indicadores homogéneos.
- Se pueden obtener evaluaciones globales cuantificables.
- Se pueden comparar alternativas.
- Es un método de poca subjetividad por el grupo de evaluadores.

La justificación de la metodología de evaluación de los impactos ambientales en este trabajo radica en que para obras que requieren alterar el medio natural lo más conveniente es realizar una combinación de metodologías cualitativas y cuantitativas que compare dos escenarios del medio ambiente (estado actual y con la obra en operación). Entonces la metodología usada comprende las herramientas siguientes.

1. Lista de verificación. Su principal utilidad es identificar todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la evaluación de impacto ambiental que ninguna variable del medio ambiente relevante sea omitida. En este caso se usó las variables propuestas en la matriz de Batelle – Columbus.

2. Sobreposición de mapas. Los mapas pueden identificar, predecir y asignar un valor relativo a cada impacto. La sobreposición de mapas permite una comprensión global de impactos establecidos en forma independiente, relacionarlos con diversas características (como aspectos físico-territoriales y socioeconómicos de la población radicada en la zona) y establecer de esta forma un impacto global. El procedimiento que se utilizo fue a través de un SIG diseñado para el área de influencia donde se generaron 12 variables indicadoras para dar una calificación objetiva a la calidad ambiental en su estado cero (actual). Además, para predecir el cambio en los indicadores ambientales se utilizó el algoritmo Random Forest, que permite estimar el cambio en la calidad ambiental al cambiar cualquier valor del píxel de los indicadores ambientales, repercutiendo en la calidad ambiental después de realizar cualquier obra o actividad (simulaciones).

3. Cuadro de contingencia (matriz causa - efecto). Las matrices de causa-efecto consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos. Para este caso se usó la metodología de matriz de Batelle – Columbus modificada para estimar un impacto neto sobre los componentes ambientales en cada etapa. Con esta valoración se puede tener un mejor conocimiento y probabilidad del impacto esperado sobre el componente ambiental, de tal manera que se podrá anticipar en proponer las mejores estrategias y medidas de prevención y mitigación.

4. Descripción del impacto ambiental (matriz de importancia). Una vez definido el impacto ambiental es necesario su clasificación sobre el medio ambiente. Se hace notar que la clasificación ni es exhaustiva, ni excluyente, esto es, pueden existir impactos no descritos, y un impacto concreto puede pertenecer a la vez a dos o más grupos tipológico. Para esta tarea se usó la metodología de Coneza (2009), por ser bastante completa y muy utilizada en la descripción de impactos ambientales relacionados con la explotación de recursos naturales renovables y no renovables. Las ventajas que ofrece esta matriz son las siguientes.

- Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que, presumiblemente, serán impactados por las acciones, la matriz de importancia nos permitirá obtener una valoración cualitativa al nivel requerido por una EIA simplificada.
- La valoración cualitativa se efectuará a partir de la matriz de importancia. Cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, nos dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.
- En esta matriz se puede definir los alcances o magnitud del impacto, y de esta manera proponer una medida correctiva o compensatoria adecuada para cada acción, lo cual hace posible su predicción cuantitativamente de la causa – efecto para la toma de decisiones futuras en tiempo y espacio del elemento afectado.

- En cuanto a la sobreposición de mapas utilizando la información contenida en el SIG, nos describe con precisión el ambiente afectado, su localización, magnitud y alcance. Los resultados son cuantitativos y pueden ser comparados indistintamente en diferentes escales temporales y espaciales usando diferentes indicadores ambientales.

En general, la técnica utilizada es un método sistematizado para la comparación de diferentes alternativas de acciones sobre los componentes ambientales y alguna manera induce a la toma de decisiones, dado que se obtiene una cifra de alteración de la calidad ambiental para cada alternativa propuesta.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

VI.1 Descripción de la medida o programa de mitigación o correctivas por componente ambiental

Con el objetivo de prevenir, restaurar, mitigar y/o compensar las alteraciones ambientales adversas a los componentes ambientales se han establecido las medidas siguientes.

Tipo	Descripción
Preventiva	Estas tienen como finalidad anticiparse a los posibles impactos que pudieran registrarse por la ejecución o como resultado del desarrollo de las actividades o en cualquiera de las etapas. En estas se plasman las consideraciones ambientales desde el diseño hasta la ejecución de cada actividad a fin de evitar o en el caso extremo disminuir daños al medio ambiente. Lo anterior bajo la premisa de que siempre es mejor no producir impactos que corregirlos cuando llegue a suponerse una corrección total, por lo cual se considera este subgrupo como el más importante por la trascendencia de la prevención.
Mitigación	La mitigación es el diseño y ejecución de obras, actividades o medidas dirigidas a moderar, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos que una actividad pueda generar sobre el entorno ambiental y socioeconómico. Incluso la mitigación puede reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado. En el caso de no ser esto posible, se restablecen al menos las propiedades básicas iníciales.
Restauración	También denominadas como de corrección o de rehabilitación. Este tipo de medidas tiene como propósito recuperar, rescatar o reconstruir aquel componente ambiental, que no pudo ser evitado tener un daño, y por tanto será modificado o alterado de sus condiciones actuales. El momento indicado para la aplicación de las medidas de restauración es inmediatamente después de terminadas las actividades que propiciaron la modificación o alteración del o los componentes o factores del medio y previamente evaluadas las condiciones reales en que se queda el sitio una vez ejecutado la actividad
Compensación	Las medidas de compensación buscan producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a uno de carácter adverso. Solo se lleva a cabo en las áreas en que los impactos negativos relevantes no pueden prevenirse o mitigarse. La compensación se utiliza cuando no es posible mitigar los impactos. Las medidas de compensación pretenden equilibrar el daño provocado irremediablemente a través de obras, acciones o remuneraciones al medio ambiente.

VI.2 Medidas propuestas para cada elemento ambiental

Aire

1. Cubrir los camiones que transporten el material pétreo con lonas para evitar la dispersión de polvos.
2. Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria utilizada fuera del cauce natural.
3. Para evitar que se generen polvos por el tránsito de los vehículos, se mantendrá una velocidad de 15 km/hr.
4. Realizar el mantenimiento a los caminos de acceso en la temporada de bajas precipitaciones.
5. Los vehículos utilizados deberán contar con silenciador de ruido.
6. Humedecer los caminos de acceso cuando lo requiera.
7. Mantener la estabilidad del curso del caudal removiendo los materiales pétreos para prevenir desbordamientos y pérdida del talud.

Topografía

8. Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en los depósitos autorizados.
9. Suavizar las pendientes y talud de los depósitos de gravas y arenas.
10. Re-nivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural.

11. Proteger los taludes más comprometidos con matacán.
12. Evitar aprovechar material en los taludes en ambos lados del cauce natural.
13. Mantener la profundidad de explotación de acuerdo con el perfil vertical estimado de cada depósito.
14. Solo se trabajará en época de estiaje para evitar la erosión de los taludes por el efecto del escurrimiento.

Suelo

15. Explotar los depósitos de manera superficial sin llegar al manto freático del cauce.
16. No usar explosivos.
17. Se evitará realizar excavaciones superiores a los **3.10** metros de profundidad en los depósitos.
18. Se recolectarán en contenedores los residuos sólidos urbanos y de manejo especial generados durante las obras y actividades.
19. No se realizará la apertura de caminos nuevos.
20. Se prohíbe realizar mantenimiento a vehículos y maquinaria en el sitio, en caso de realizarlo por causas fortuitas se deberá evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo.
21. Explotar únicamente el material que anualmente se deposita por efecto de las crecidas, es decir, mantener el equilibrio natural en cada depósito de materiales pétreos (explotación y recarga).

Agua

22. Usar la infraestructura de los poblados cercanos para las actividades de aseo personal y alimentación.
23. No realizar extracción de agua del cauce o pozos de sedimentación.
24. Prohibición del vertimiento de materiales producto de cortes y excavaciones en zonas donde existan escurrimientos superficiales.
25. Se prohíbe verter cualquier tipo de sustancia o residuos contaminantes y tóxicos al cauce.
26. El aprovechamiento de materiales pétreos debe hacerse por encima del nivel del manto freático.
27. Realizar las actividades de extracción de materiales en la época de estiaje.
28. Se prohíbe el aprovechamiento de materiales fuera del cauce.
29. Se prohíbe obstaculizar el flujo libre del cauce con cualquier tipo de material.
30. Instalar sanitarios portátiles (solo de ser necesario) para uso por el personal y no descargar sus residuos en el cauce o suelo.
31. Realizar la colecta del material durante la temporada seca del año para evitar realizar maniobras con la presencia de caudales y explotar hasta una profundidad máxima que no rebase los 20 cm o por encima de la del espejo de agua del cauce principal.
32. Dejar una porción de la capa de sedimentos disponible para la compensación de partículas que deba requerir el caudal y de esta manera minimizar el efecto de "**aguas hambrientas**" en las partes bajas del delta y permitir su carga natural durante la temporada de lluvia.
33. No establecer centro de acopio en áreas no autorizadas (márgenes del cauce).

Biota: Flora

34. Mantener la flora ripiaría a los depósitos (márgenes que sirven de cortina) y prohibir el uso de fuego en la limpieza de la maleza.

Biota: Fauna

35. Ahuyentar de manera temporal de la fauna silvestre antes de iniciar cualquier actividad.
36. Prohibida la compra, venta, captura, colecta, comercialización, tráfico o caza de fauna silvestre.
37. Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la fauna silvestre.
38. Instalar 2 letreros alusivos a la protección de fauna silvestre.

Paisajes

39. Realizar las obras por etapas, para una incorporación de la obra al paisaje de manera paulatina.
40. Aplicar un programa de abandono del sitio (**programa de restauración**).

Sociedad

41. Promover el empleo local e incentivar la derrama económica regional.
42. Para prevenir accidentes se recomienda que los trabajadores utilicen equipo de protección personal y se cumplan con las Normas de Seguridad e Higiene.
43. Ejecutar un programa de mantenimiento de caminos vecinales de acceso.
44. Proveer de servicios médicos a los trabajadores.

VI.3 Programa de atención prioritaria

Con base en la evaluación ambiental los impactos ambientales fueron caracterizados en su mayoría como **COMPATIBLES**. Sin embargo, por la importancia de las especies de flora y fauna silvestre incluidas en la *NOM – 059*, con posibilidad de encontrarse en el sitio, se plantea desarrollar un **Programa de Rescate y Reubicación Fauna (PRRF).** Finalmente, para la restauración del sitio y después de la conclusión de la vida útil, se propone un Programa de Abandono del Sitio (**restauración del sitio**).

VI.3.1 Programa de rescate para la fauna

El sitio se encuentra en la parte baja de la microcuenca **Río Ramos**, donde existe una gran variedad de especies de fauna silvestre; se espera que estas especies no se vean afectadas en su diversidad y abundancia a nivel regional por las obras y actividades. En cuanto a las especies de fauna éstas han sido desplazadas de su hábitat, por actividades antropogénicas por la cercanía a los poblados, hacia sitios más alejados (no perturbados); sin embargo, es necesario desarrollar estrategias para su conservación y manejo sostenible especialmente de aquellas especies que se encuentran catalogadas en un status especial dentro de la *NOM-059*.

OBJETIVOS

General

- Rescatar y reubicar aquellas especies de fauna silvestre que se encuentren en los cauces cercanos a los depósitos de gravas y arenas a otro sitio con las mismas condiciones que le asegure su supervivencia de manera natural.

Específicos

- Rescate y reubicación de aquellas especies de fauna silvestre que se encuentran listadas en la *NOM-059* y que puedan encontrarse en el sitio.

- Determinar el método más adecuado para el rescate y reubicación de cada especie en lo particular que pudiese ser removida de su hábitat natural.
- Capacitación del personal que estará involucrado en la etapa de preparación del sitio.
- Asegurar la permanencia de aquellas especies de fauna que tienen un valor especial en la diversidad biológica a nivel regional.

A pesar de que en los muestreos en el sitio no **se encontraron especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo con la** *NOM-059*. Se consideró importante incluir un programa de rescate el cual solo se pondrá en marcha si se llegara a encontrar algún individuo en el sitio.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE FAUNA

De acuerdo con la revisión bibliográfica de la fauna en el sitio y a los recorridos de campo se identificaron las especies siguientes: 2 anfibios y 2 peces para ser incluidas al programa de rescate y reubicación, todas las especies se encuentran incluidas en la *NOM-59*. Las especies de fauna se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro VI-1. Especies de fauna consideradas en el PRRF.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059	Endemismo
Anfibios	*Lithobates chiricahuensis*	Rana de Chiricahua	A = Amenazada	No endémica
Anfibios	*Dryophytes eximius*	Rana arborícola mexicana / ranita de árbol	Pr = Protección	Endémica
Peces	*Cyprinella lutrensis*	Carpita roja / Carpita negra	A = Amenazada	No endémica
Peces	*Codoma ornata*	Carpita del Nazas	Pr = Protección	Endémica
Aves	Ardea alba	Garza blanca	Pr = Protección	No endémica

A continuación, se hace una abreve descripción de las características físicas más importantes, alimentación, distribución y estado de conservación de cada una de las especies identificadas.

Peces

Los pobladores tienden a realizar pesca de especies nativas, pero durante el desarrollo del programa de trabajo se tomarán las medidas preventivas para evitar que los trabajadores lleven a cabo actividades de pesca.

Cuadro VI-2. Descripción de las especies de peces incluidas en el PRR.

Cyprinella lutrensis	**Cyprinella lutrensis,** conocida comúnmente como carpita roja o carpita negra, es un pez de agua dulce, se distribuye ampliamente en ríos, arroyos y cuerpos de agua del norte de México y el sur de Estados Unidos, por lo que no es una especie endémica de México. Habita principalmente aguas someras de corriente lenta o moderada, con fondos arenosos o rocosos y vegetación acuática limitada. Es un pez pequeño, generalmente de menos de 10 cm de longitud, con coloración plateada y tonos rojizos en los machos durante la época reproductiva. Su dieta se compone de insectos acuáticos, pequeños crustáceos, algas y materia orgánica. Esta especie destaca por su alta tolerancia a cambios ambientales, incluyendo variaciones de temperatura y calidad del agua, lo que le permite sobrevivir en ambientes perturbados. Se encuentra enlistada en la CONABIO como especie amenazada, por lo que se considera en categoría de protección. Ecológicamente, desempeña un papel importante como parte de la cadena trófica de ecosistemas dulceacuícolas.	

Codoma ornata	**Codoma ornata,** conocida como carpita Negra, es un pez dulceacuícola endémica de México. Su distribución se restringe principalmente a cauces del norte del país, especialmente en Durango y Coahuila. Habita ríos, arroyos y cuerpos de agua con corriente moderada y sustratos arenosos o rocosos. Se caracteriza por su tamaño pequeño y cuerpo alargado, adaptado a ambientes lóticos. Su alimentación consiste principalmente en pequeños invertebrados, algas y materia orgánica suspendida. Debido a la alteración de su hábitat por extracción de agua, contaminación, construcción de presas e introducción de especies exóticas, sus poblaciones han disminuido considerablemente. Por ello, se encuentra catalogada bajo la categoría Pr (Sujeta a Protección Especial) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Esta especie es considerada de relevancia ecológica por ser representativa de ecosistemas acuáticos del norte de México y por su distribución restringida.	

Anfibios

Cuadro VI-3. Descripción de las especies de anfibios incluidas en el PRR.

Especie	Descripción	Referencia
Lithobates chiricahuensis	**Lithobates chiricahuensis**, conocida comúnmente como rana de Chiricahua, es un anfibio de tamaño mediano se distribuye en el norte de México y el suroeste de Estados Unidos, habitando principalmente cuerpos de agua permanentes o semipermanentes como arroyos, manantiales, estanques y zonas pantanosas. En México se encuentra en estados como Sonora, Durango y Chihuahua. Presenta una coloración café o verdosa con manchas oscuras irregulares que le sirven de camuflaje. Su alimentación se basa en insectos, pequeños invertebrados y otros organismos acuáticos. Es una especie sensible a cambios ambientales, especialmente a la pérdida de hábitat, contaminación y enfermedades. Debido a la reducción de sus poblaciones, en México se encuentra clasificada bajo la categoría Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Su presencia es importante como indicador de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos.	
Dryophytes eximius	**Dryophytes eximius,** conocida como rana arborícola mexicana, es un anfibio pequeño y endémica de México. Se distribuye principalmente en zonas templadas y semiáridas del centro y norte del país, habitando pastizales, bosques abiertos, matorrales y cuerpos de agua temporales utilizados para su reproducción. Se caracteriza por su pequeño tamaño, piel lisa y discos adhesivos en los dedos que le permiten trepar vegetación y superficies. Su coloración varía entre verde, café y gris, favoreciendo su camuflaje. Se alimenta principalmente de insectos y pequeños artrópodos, contribuyendo al control biológico de plagas. Aunque no se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sus poblaciones pueden verse afectadas por la pérdida de hábitat, urbanización y cambios en el régimen hídrico. Es considerada una especie importante para el equilibrio ecológico de los ecosistemas donde habita.	

ACTIVIDADES

Para iniciar con el programa de rescate y reubicación es necesario ubicar las especies (identificar), así como los sitios donde se reubicarán, por lo que se realizará un recorrido por el sitio y zona de influencia; los métodos para la detección de las especies serán los siguientes.

- **Observación directa**

Consiste en realizar un reconocimiento en el sitio para identificar los individuos a rescatar de manera visual (especies de flora y fauna).

- **Identificación indirecta**

La detección de las especies de manera indirecta consiste en localizar rastro de individuos a través de nidos, excretas, sonidos, etc., que nos permitan conocer su localización exacta. Las actividades del PRRF se pueden resumir de la manera siguiente:

- Ubicar los posibles nidos, madrigueras o áreas de interés de la especie.
- Ahuyentar a los organismos que se pudieran encontrar cerca del área de trabajo, durante el tiempo que dure la obra, esto les permitirá su sobrevivencia.
- En caso de presentarse, tomar registro o evidencia de los rescates realizados con ayuda de material y/o equipo (hojas de registro, cámara fotográfica, cámara de video u otros).
- Traslado y reubicación de los organismos rescatados al lugar seleccionado estratégicamente, el cual debe presentar condiciones similares a su ecosistema del cual fue removido.

Al inicio de la etapa de preparación del sitio se realizarán recorridos en los depósitos, haciendo el mayor ruido posible para permitir el desplazamiento de la fauna y sólo en caso de existir fauna de lento desplazamiento, se deberá realizar el rescate de la especie y ubicarla en un lugar seguro similar a su hábitat.

CAPACITACIÓN

Es posible que durante las diferentes etapas se presente alguna especie de fauna silvestre, a pesar de todos los esfuerzos desarrollados para su rescate. Se necesitará por tanto instruir al personal técnico y trabajadores sobre el estado de conservación de los animales silvestres, la importancia de las labores de rescate, sus niveles de peligrosidad, tipo de manejo, la legislación ambiental sobre vida silvestre, los cuidados necesarios y situaciones de emergencias. Para ello se les **impartirá platicas informativas**, en donde se presentará información de las especies animales que habitan el área y fotos o láminas para facilitar su identificación. Cabe señalar que queda estrictamente prohibido al personal involucrado en el trabajo de campo realizar colecta, cacería, comercialización u otra actividad que afecte la fauna silvestre de la región.

MÉTODOS

Ahuyentar: Es una técnica para alejar a las especies de un lugar en un momento determinado, este método provoca las reacciones en dichas especies siguientes:

- Estado de alerta.
- Interrupción de la alimentación.
- Huida de la zona del sitio.
- Mantenimiento de una distancia prudente de la zona protegida.

Una manera de provocar que las especies se alejen de un sitio es la reproducción de sonidos que anuncien algún tipo de alerta de peligro, incluso el mayor tránsito de vehículos y personas ayuda a alejarlas del lugar.

Captura y rescate de víboras: Para el rescate de víboras, en caso de ser encontradas, se hará lo siguiente:

- Mantener una distancia de cuando menos 5 metros para que la víbora este bajo control, así es más seguro que esté tranquila y no se esconda.

- Una víbora de cascabel puede asustarse cuando alguien se le aproxima en el campo abierto. Para evitar esto, hay que esconderse detrás de arbustos u otros objetos cercanos, y así reducir la posibilidad que la víbora se vuelva agresiva. Siempre debe tenerse en cuenta el *área de seguridad* sugerida anteriormente. Si la víbora esta enrollada, al atacar puede estirarse hasta ½ a ¾ de su longitud total. Pero si la víbora ya está estirada, su área de ataque es menor.
- En el momento de captura, acercarse muy lento, agarrarla con las pinzas en el medio de su cuerpo y sin poner mucha presión. Solo debe presionarse lo suficiente para que no se escape y así poder moverla al recipiente de reubicación.
- Colocar con cuidado la víbora en el recipiente de reubicación y taparlo de inmediato. Es muy importante asegurarse que el recipiente no pueda destaparse en forma accidental, usando una cuerda o cinta aislante. Colocar el recipiente en algún lugar visible, alejado de toda la gente y en la sombra, hasta el momento en que se vaya a hacer la reubicación. El recipiente debe estar claramente identificado con una etiqueta que diga *"Víbora de Cascabel Viva"* y se debe liberar nuevamente en un área segura a las pocas horas de ser capturada.
- Para liberar a la víbora, colocar el recipiente en el piso, quitar la tapa y voltear el recipiente con cuidado, manteniendo el recipiente como barrera de protección. Las pinzas o ganchos pueden ayudar para remover la tapa y ayudar a la víbora para que se salga del recipiente. O simplemente dejar el recipiente abierto para darle lugar a que la víbora se salga tranquilamente.

El equipo recomendado para esta operación es el siguiente:

- Gancho y/o pinzas para víboras, que tengan un mango largo y con una pinza que no vaya a lastimar a las víboras. También se puede usar un rastrillo o una escoba, pero debe de tenerse cuidado en cómo manejarlas porque las víboras son bastante frágiles.
- Un recipiente para transportar a la víbora. Esto puede ser una cubeta de basura con agarraderas y con tapa de seguridad. El recipiente ideal puede ser de color claro para que no absorba el calor del sol, se deben hacer unos hoyos pequeños en la tapa para ventilación y poner una etiqueta que diga *"Víbora de Cascabel Viva"*.

Se realizarán recorridos por el sitio, principalmente entre los roqueríos y cuevas para el avistamiento de la especie, en caso de encontrar individuos estos serán capturados y reubicados a otra zona, cabe mencionar que esta especie se adapta a todo tipo de terreno por lo que su reubicación no resultara complicada.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La calendarización de las actividades para la localización y en su caso rescate de especies, se presenta en el cuadro siguiente. Se realizará un solo recorrido ya que el área no es muy grande por lo que, se puede recorrer en un solo día, sin embargo, se realizaran recorridos periódicos para verificar la ausencia y/o presencia de las especies.

Cuadro VI-4. Cronograma de actividades del PRRF.

Actividad	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahuyentar las especies de fauna	X	X	X	X	X					X	X	X
Rescate de especies	X	X	X	X	X					X	X	X
Recorrido de campo (búsqueda de hábitats y avistamientos)	X			X			X			X		
Monitoreo		X	X		X	X		X	X		X	X

EVALUACIÓN

En el caso de las especies de fauna, se rescatarán y reubicara todos aquellos individuos que lleguen a encontrarse (muy baja probabilidad) en los depósitos de materiales pétreos. Se seguirán realizando recorridos para verificar la presencia o ausencia de las especies, además el personal, será capacitado para que en caso de que se presente algún individuo tenga el conocimiento de las medidas que deben tomarse para mantener su sobrevivencia.

SEGUIMIENTO

Para dar seguimiento al PRRF, será necesario realizar recorridos periódicos para su supervisión y evaluación de las especies reubicadas.

VI.3.2 Programa de restauración

Objetivo general

- Restaurar las condiciones físicas del depósito explotado, mediante acciones que proporcionen estabilidad geotécnica, eliminen condiciones de riesgo, favorezcan el drenaje natural y permitan la recuperación gradual de la acumulación de las gravas y arenas, minimizando los impactos ambientales generados durante la operación.

Objetivos específicos

- Estabilizar los taludes generados por las actividades de extracción para reducir el riesgo de erosión y deslizamientos.
- Rellenar los pozos o depresiones originados por la explotación del material pétreo, restituyendo una topografía estable prevenir el efecto de las **aguas bravas**.
- Garantizar la libre circulación de los escurrimientos superficiales, evitando la obstrucción de cauces naturales.
- Disminuir los procesos erosivos y prevenir afectaciones aguas abajo por el arrastre de sedimentos.

En conformidad con los objetivos planteados para este programa se proponen las actividades siguientes:

Cuadro VI-5. Actividades de restauración de los depósitos de materiales pétreos en la etapa de abandono del sitio.

Actividad	Descripción	Objetivo	Frecuencia	Responsable
Estabilización de taludes con matacán	Colocación de roca de gran tamaño (matacán) sobre los taludes y zonas susceptibles a erosión para incrementar su estabilidad y reducir el desprendimiento de material. La colocación deberá realizarse de forma escalonada y adaptándose a la pendiente natural del terreno.	Reducir riesgos de deslizamiento y controlar la erosión.	Al concluir cada frente de extracción y durante el cierre definitivo.	Responsable de obra / Supervisor ambiental
Relleno de pozos generados por la extracción	Relleno de excavaciones y depresiones utilizando material estéril o material pétreo no aprovechable, compactándolo por capas hasta obtener una superficie estable y segura.	Restituir parcialmente la topografía del sitio y eliminar riesgos para personas y fauna.	Conforme concluyan las áreas explotadas y durante el cierre del banco.	Responsable de obra
Conformación del terreno	Nivelación y perfilado del terreno restaurado para integrar las superficies intervenidas con la topografía circundante, evitando pendientes inestables y favoreciendo el drenaje natural.	Mejorar la estabilidad física del terreno.	Posterior al relleno de pozos.	Responsable de obra
Liberación de cauces y escurrimientos	Retiro de materiales pétreos, escombros o sedimentos que puedan impedir el flujo natural del agua. Se conservarán libres los cauces, canales naturales y zonas de escurrimiento superficial.	Mantener el funcionamiento hidrológico natural y prevenir inundaciones o represamientos.	Durante toda la etapa de restauración y previo al cierre.	Supervisor ambiental
Limpieza general del sitio	Retiro de residuos sólidos, materiales sobrantes, combustibles, envases y cualquier otro elemento ajeno al sitio de extracción.	Dejar el área en condiciones ambientales adecuadas.	Al finalizar las actividades de restauración.	Responsable ambiental
Inspección y mantenimiento	Verificación periódica de la estabilidad de taludes, asentamientos en las zonas rellenadas y funcionamiento de los escurrimientos superficiales. En caso necesario se realizarán correcciones.	Garantizar la efectividad de las acciones de restauración.	Cada seis meses durante el primer año posterior al cierre.	Supervisor ambiental

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La calendarización de las actividades es **anual** y se presenta por etapas de la manera siguiente.

Actividad	Durante la operación	Cierre de extracción	Seguimiento
Estabilización de taludes	X	X	X
Relleno de pozos	X	X	
Conformación del terreno		X	

Liberación de cauces	X	X	X
Limpieza del área		X	
Inspección y mantenimiento			X

INDICADORES DE CUMPLIMIENTO

- 100 % de los taludes estabilizados mediante colocación de matacán.
- 100 % de los pozos generados por la extracción rellenados y conformados.
- 100 % de los cauces y escurrimientos superficiales libres de obstrucciones.
- Ausencia de procesos erosivos significativos o deslizamientos posteriores a la restauración.
- Ausencia de acumulaciones de residuos derivados de las actividades de extracción.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir las actividades de restauración, el área de extracción presentará condiciones físicas estables, con taludes protegidos contra la erosión, excavaciones rellenadas y niveladas, así como cauces naturales libres para permitir el flujo normal de los escurrimientos superficiales. Estas acciones reducirán los riesgos ambientales y de seguridad, favoreciendo la integración del sitio con el entorno y disminuyendo la posibilidad de impactos posteriores al abandono del banco de materiales.

VI.4 Actividades de mitigación, restauración y compensación por etapa

Las principales medidas de mitigación, prevención y restauración por etapa son las siguientes.

Cuadro VI-6. Actividades de mitigación, prevención y restauración en las diferentes etapas.

Elemento	Clave	Medida	Preparación del Sitio	Operación – Mantenimiento	Abandono del sitio
Aire	1	Cubrir los camiones que transporten el material pétreo con lonas para evitar la dispersión de polvos		B	
Aire	2	Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria utilizada	A	B	C
Aire	3	Para evitar que se generen polvos por el tránsito de los vehículos, se mantendrá una velocidad de 15 km/hr	A	B	C
Aire	4	Realizar el mantenimiento a los caminos de acceso	A	B	C
Aire	5	Los vehículos utilizados deberán contar con silenciador de ruido	A	B	C
Aire	6	Humedecer los caminos de acceso a los bancos		B	
Aire	7	Mantener la estabilidad del curso del caudal removiendo los materiales pétreos para prevenir desbordamientos y pérdida del talud		B	
Topografía	8	Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en las áreas autorizadas.		B	
Topografía	9	Suavizar las pendientes del sitio.	A	B	C
Topografía	10	Re-nivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural.		B	C
Topografía	11	Proteger los taludes más comprometidos con matacán.		B	C
Topografía	12	Mantener los taludes intactos en ambos lados del cauce.		B	C
Topografía	13	Mantener la profundidad de explotación de acuerdo con el perfil vertical estimado por banco.		C	
Topografía	14	Solo se trabajará en época de estiaje para evitar la erosión de los taludes por el efecto del agua.		C	
Suelo	15	Realizar solo aprovechamiento superficial de los materiales pétreos del área, no llegar al manto freático.		C	
Suelo	16	No usar explosivos.	A	B	C
Suelo	17	Se evitará realizar excavaciones superiores a 3.10 metros		B	
Suelos	18	Se recolectarán en contenedores los residuos sólidos generados de las actividades y se depositarán semanalmente en el relleno sanitario de la ciudad de Santiago Papasquiaro.	A	B	C
Suelos	19	No se realizará la apertura de nuevos caminos.			
Suelos	20	Se prohíbe realizar mantenimiento a vehículos y maquinaria en el sitio, en caso de realizarlo por causas fortuitas se deberá evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo.	A	B	C

Elemento	Clave	Medida	Preparación del Sitio	Operación – Mantenimiento	Abandono del sitio
Suelos	21	Explotar únicamente el material que anualmente se deposita por efecto de las crecidas, es decir, mantener el equilibrio natural en cada depósito de materiales pétreos (explotación y recarga).		B	
Agua	22	Usar la infraestructura de los poblados cercanos para las actividades de aseo personal y alimentación.	A	B	C
Agua	23	No realizar extracción de agua de pozos.	A	B	C
Agua	24	Prohibición del vertimiento de materiales producto de cortes y excavaciones en zonas donde existan escurrimientos superficiales.	A	B	C
Agua	25	Se prohíbe verter cualquier tipo de sustancia o residuos contaminantes y tóxicos al cauce.	A	B	C
Agua	26	El aprovechamiento de materiales pétreos debe hacerse por encima del nivel del manto freático.		B	
Agua	27	Realizar las actividades de extracción de materiales en la época de estiaje.		B	
Agua	28	Se prohíbe el aprovechamiento de materiales fuera del cauce.		B	
Agua	29	Se prohíbe obstaculizar el flujo libre del cauce con cualquier tipo de material.		B	
Agua	30	Instalar sanitarios portátiles (solo de ser necesario) para uso por el personal y no descargar sus residuos en el cauce o suelo.	A	B	C
Agua	31	Realizar la colecta del material durante la temporada seca del año para evitar realizar maniobras con la presencia de caudales y explotar hasta una profundidad máxima que no rebase los 20 cm o por encima de la del espejo de agua del cauce principal.		B	
Agua	32	Dejar una porción de la capa de sedimentos disponible para la compensación de partículas que deba requerir el caudal y de esta manera minimizar el efecto de "aguas hambrientas" en las partes bajas del delta y permitir su carga natural durante la temporada de lluvia.		B	
Agua	33	No establecer centro de acopio en áreas no autorizadas (márgenes del cauce)		B	
Biota: flora	34	Mantener la flora ripiaria a los depósitos (márgenes que sirven de cortina) y prohibir el uso de fuego en la limpieza de la maleza.	A	B	C
Biota: fauna	35	Ahuyentar temporal de la fauna antes de iniciar cualquier actividad.	A	B	C
Biota: fauna	36	Prohibición de la compra, venta, captura, colecta, comercialización, tráfico o caza de fauna silvestre.	A	B	C
Biota: fauna	37	Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la fauna silvestre.	A	B	C
Biota: fauna	38	Instalar 2 letreros alusivos a la protección de fauna silvestre.	A	B	C
Paisaje	39	Realizar las obras por etapas, para una incorporación de la obra al paisaje de manera paulatina.	A	B	
Paisaje	40	Aplicar un programa de abandono del sitio.			C
Sociedad	41	Realizar la contratación de obreros de la región.	A	B	C
Sociedad	42	Para prevenir accidentes se recomienda que los trabajadores utilicen equipo de protección personal y se cumplan con las Normas de Seguridad e Higiene.	A	B	C
Sociedad	43	Realizar el mantenimiento de caminos.	A	B	
Sociedad	44	Acceso a servicios médicos (solo para los obreros).	A	B	C

Donde; A: Preparación del sitio, B: Operación – Mantenimiento y C: Abandono del sitio

VI.5 Procedimientos para el cumplimiento, correcciones y ajuste de las medidas de mitigación propuestas

La justificación de la aplicación de las medidas sobre los impactos adversos identificados se presenta a continuación.

Cuadro VI-7: Medidas establecidas para cada uno de los impactos ambientales.

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
Aire	Clima local	Temperatura, precipitación, vientos, fenómenos meteorológicos, evapotranspiración potencial y fenómenos naturales	No se modifica			0	El cambio climático obedece a factores globales	1	Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria usada	Preventiva mitigación
	Aire (calidad)	Monóxido de carbono (CO)	Están relacionados a los procesos de combustión; y su concentración en la atmósfera es un indicador de la calidad de aire	Aumento de las concentraciones CO	Aumento en la concentración de gases de efecto de invernadero	1	Mecanismo de combustión de los vehículos y maquinaria utilizada			
		Dióxido de carbono (CO_2)		Aumento en las concentraciones de CO_2 mayores a las permitidas		1				
		Óxidos de nitrógeno (Nox)		Aumento de las concentraciones de Nox		1				
		Óxidos de azufre (Sox)		Aumento en las concentraciones de Sox		1				
		Polvos	El polvo es parte de la composición de la atmósfera, se genera de manera natural en un ecosistema, sin embargo, puede haber acciones del hombre que aumenten su generación y dinámica	Generación del polvo	Generación de polvos y ruido	1	Proliferación de polvos	2	Humedecer los caminos de acceso a los bancos.	Preventiva mitigación
							Desgaste de los caminos de acceso por el rodamiento de los vehículos y extracción de materiales pétreos	3	Realizar el mantenimiento de los caminos de acceso	Preventiva mitigación
								4	Para evitar que se generen polvos por el tránsito de los vehículos, se mantendrá una velocidad de 15 km/hr	Preventiva mitigación

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
		Olor	Las diferentes percepciones olfativas en el ambiente dependen de la composición del ecosistema y las interacciones con los vientos			0	El sitio se encuentra al aire libre y las actividades programadas no generarán olores diferentes a los existentes	5	Cubrir los camiones que transporten el material pétreo con lonas para evitar la dispersión de polvos	Mitigació
		Ruido	En la naturaleza de forma general se dan a acabo interacciones que generan ruido, canto de las aves, sonidos de mamíferos, el viento chocando con las hojas de los árboles	Generación de ruido y vibraciones	Generación de polvos y ruido	1	El tránsito de vehículos y maquinaria utilizada en las actividades de extracción y transporte de materiales pétreos generará ruidos ajenos al ecosistema	6	Los vehículos utilizados deberán contar con silenciador de ruido	Mitigació
	Clima	Taludes	El clima tiene una función muy importante en cuando a la modelación de los cauces a través de la precipitación y el caudal, manifestaciones en fuertes avenidas que tienen efectos principales en zonas vulnerables como las curvas o taludes con poca estabilidad, que posteriormente puedan afectar la vegetación	Colecta de material pétreo en el lecho de los cauces	Colecta de material pétreo en el lecho de los cauces	1	La colecta de material pétreo en el lecho de los cauces permitirá mantener una mayor estabilidad en el curso del caudal que se presenta en la temporada de lluvias, permitiendo su paso longitudinal sin problema, ya que evitaría el ensanchamiento del cauce, ya que hay algunas secciones del río con acumulación de arenas y gravas que motivan el desbordamiento del cauce lo que incrementa la	7	Mantener la estabilidad del curso del caudal removiendo los materiales pétreos para prevenir desbordamientos y pérdida del talud	Mitigació

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
			riparias que se puede encontrar en dichos taludes.				fracción del caudal liquido con los taludes, lo que se disminuirá gradualmente retirado una porción de material acumulado			
Topografía	Relieve	Elevaciones	Los procesos producidos por los agentes geológicos externos que modifican el relieve son: meteorización, erosión, transporte, sedimentación	Modificación de la elevación a nivel puntual	Modificación del relieve local	1	Habrá modificación a las elevaciones, ya que se extraerá material pétreo del cauce	8	Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en las áreas autorizadas	Mitigació
								9	Re-nivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural	Compensac
		Pendiente y exposición				0	Las obras y actividades propuestas no modifican la pendiente y exposición local	10	Suavizar las pendientes del sitio	Compensac
			Los procesos producidos por la extracción modificarán las pendientes de los taludes en las zonas más comprometidas			0	Las obras y actividades propuestas no modificaran le pendiente de los taludes	11	Proteger los taludes más comprometidos con matacán.	Compensac
						0		12	Mantener los taludes intactos en ambos lados del cauce.	Compensac mitigació
						1	La extracción de arenas y gravas respetará la profundidad determinada por medio de las calas	13	Mantener la profundidad de explotación de acuerdo con el perfil vertical estimado por banco.	Mitigació
		Erosión	El suelo está compuesto por minerales	Erosión producto de la extracción de	Erosión hídrica	1	La extracción de materiales pétreos provocara que los sedimentos queden	14	Solo se trabajará en época de estiaje para evitar la erosión	Mitigació

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
				materiales pétreos			desprendidos y puedan erosionarse por efecto del caudal		de los taludes por el efecto del agua	
Suelo	Material superficial	Material geológico superficial	El material geológico superficial del SA se encuentra consolidado	Extracción de material geológico superficial	Movimiento de material geológico superficial	1	Se realizará la extracción de materiales pétreos de los cauces del río para uso en la industria de la construcción	15	Realizar solo aprovechamiento superficial de los materiales pétreos del área, no llegar al manto freático	Mitigació
	Material subterráneo	Material geológico subterráneo	El material geológico subterráneo del SA se encuentra consolidado			0	La extracción de los materiales pétreos será a nivel superficial	16	No usar explosivos	Preventiv
						0		17	Se evitará realizar excavaciones superiores máximo 3.10 de acuerdo con las calas	Preventiv mitigació
	Composición física	Erosión	El tipo de erosión con potencial a generarse corresponde a la hídrica			0	El sitio no cuenta con suelo o materiales finos, ya que corresponde al cauce del río Ramos	18	No se realizará la apertura de nuevos caminos	Preventiv
		Residuos sólidos	Por la presencia de personas en el sitio es probable la contaminación del suelo	Generación de residuos sólidos	Generación de residuos sólidos	1	Al incrementarse la presencia humana en las diferentes etapas, se generan residuos sólidos	19	Se recolectarán en contenedores los residuos sólidos generados de las actividades y se depositarán semanalmente en el relleno sanitario de la ciudad de Santiago Papasquiaro	Prevenció mitigació
	Composición química	Residuos peligrosos	Los residuos peligrosos de no tener un manejo adecuado podrán llegar a contaminar los suelos			0	Las actividades de mantenimiento de maquinaria pueden generar residuos peligrosos, pero éstos no se darán en el sitio	20	Se prohíbe realizar mantenimiento a vehículos y maquinaria en el sitio, en caso de realizarlo por	Prevenció

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
	Composición biótica	Fertilidad	El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos, aire y agua			0	El sitio corresponde a el Río Ramos		causas fortuitas se deberá evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo	
	Condiciones físicas	Dinámica entre sólidos y líquidos	Dentro de los cauces existe una dinámica entre los recursos sólidos y líquidos que interactúan a través de las condiciones físicas del cauce	Erosión remanente en el cauce	Erosión remanente en el cauce	1		21	Explotar únicamente el material que anualmente se deposita por efecto de las crecidas, es decir, mantener el equilibrio natural en cada depósito de materiales pétreos (explotación y recarga)	Mitigación
Agua	Flujo	Superficial	El cauce del río es perenne	Modificación del flujo superficial		0	La extracción de materiales pétreos permitirá mantener un flujo adecuado del cauce	22	Se prohíbe obstaculizar el flujo libre del cauce con cualquier tipo de material	Prevenció
								23	Prohibición del vertimiento de materiales producto de cortes y excavaciones en zonas donde existan escurrimientos superficiales	Prevenció
		Subterráneo	Dado que el sitio se encuentra en la parte baja del acuífero, no corresponde a			0	No se realizará aprovechamiento de aguas subterráneas	24	No realizar extracción de agua de pozos	Prevenció
								25	El aprovechamiento de materiales	Prevenció

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
			zona de captación.						pétreos debe hacerse por encima del nivel del manto freático	
	Composición física y química del agua	Calidad del agua	Las características fisicoquímicas del agua están relacionadas a las descargas de aguas residuales.			0	Las obras y actividades no modifican la calidad del agua no se prevé descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua	26	Usar la infraestructura de los poblados cercanos para las actividades de aseo personal y alimentación	Preventiv
								27	Instalar sanitarios portátiles para uso por el personal y no descargar sus residuos en el cauce o suelo	Preventiv mitigació
								28	Se prohíbe verter cualquier tipo de sustancia o residuos contaminantes y tóxicos al cauce	Preventiv
	Cuerpos de agua	Azolve	Los azolves están íntimamente ligados al proceso de erosión, por lo tanto, debe considerarse que el control de los azolves en los cuerpos de agua obedece a obras encaminadas al control de la erosión.			0	La extracción de materiales pétreos permitirá desazolvar el cauce	29	Realizar las actividades de extracción de materiales en la época de estiaje	Mitigació
								30	Se prohíbe el aprovechamiento de materiales fuera de cauce	Preventiv

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
	Erosión	Erosión del cauce	El aprovechamiento de materiales pétreos puede derivar en la erosión del cauce en caso de realizarse el aprovechamiento en tiempo donde existe flujo de agua, por lo que el aprovechamiento solo será en tiempo de estiaje	La erosión remanente del cauce, la erosión de cauce aguas abajo del sitio.		0	La extracción de materiales pétreos puede provocar erosión en el cauce	31	Realizar la colecta del material durante la temporada seca del año para evitar realizar maniobras con la presencia de caudales y explotar hasta una profundidad máxima que no rebase los 20 cm o por encima de la del espejo de agua del cauce principal	Preventive mitigació
		Impactos típicos de la extracción de gravas y arenas	La pendiente de los cauces es menor y se trata río perenne	Erosión aguas abajo del sitio, el aumento en la turbidez del agua, retención de agua por las fosas producto de la excavación y la modificación del hábitat de especies acuáticas	Impactos típicos de la extracción de gravas y arenas	1	Estos efectos son más frecuentes en sitios con caudales más pronunciados o permanentes y bajo un aprovechamiento de materiales más severo donde disminuyen significativamente la cantidad de material en el lecho de los cauces	32	Dejar una porción de la capa de sedimentos disponible para la compensación de partículas que deba requerir el caudal y de esta manera minimizar el efecto de "aguas hambrientas" en las partes bajas del delta y permitir su carga natural durante la temporada de lluvia	Preventive mitigació
	Cuerpos de agua	Composición química	No se realizarán centro de acopio en los márgenes del cauce	Contaminación y deterioro del cauce		0	El realizar centro de acopio en los márgenes dañará los cauces	33	No establecer centro de acopio en áreas no autorizadas (márgenes del cauce)	Preventiv

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
Biota	Vegetación	Diversidad y estructura	A nivel SA existe una amplia variedad de estructuras vegetales, sin embargo, a nivel sitio, no existe vegetación	Mantenimiento de la flora colindante al sitio	Modificación de la flora	0	Las obras y actividades no consideran la remoción de la vegetación	34	Mantener la flora ripiarla a los depósitos (márgenes que sirven de cortina) y prohibir el uso de fuego en la limpieza de la maleza	Preventiv
	Fauna silvestre	Diversidad y abundancia	Los ecosistemas del SA tienen una amplia variedad de especies y poblaciones de fauna silvestre que tienen un amplio rango de desplazamiento o hábitat			0	El ruido generado permite ahuyentar la fauna silvestre, el sitio se encuentra cerca de poblaciones rurales por lo que la fauna ya ha sido desplazada por actividades antropogénicas	35	Ahuyentar de manera temporal la fauna antes de iniciar cualquier actividad	Prevenció mitigació
		Especies de interés especial	En el SA se identificaron especies con potencial de encontrarse en el sitio con algún estatus de protección según la NOM-059	Desplazamiento de especies de fauna	Perturbación de la fauna silvestre	1	A pesar de que el sitio se encuentra cerca de poblaciones rurales donde se desarrollan actividades antropogénicas, cabe la posibilidad de encontrar algún espécimen	36	Prohibición de la compra, venta, captura, colecta, comercialización, tráfico o caza de fauna silvestre	Prevenció
								37	Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la fauna silvestre	Prevenció
								38	Instalar 2 letreros alusivos a la protección de fauna silvestre	Compensac
Paisaje	Percepción	Calidad	Modificación del ecosistema regional			0	Las obras y actividades no modifican las unidades del paisaje (agua, vegetación, relieve, etc.)	39	Realizar las obras por etapas, para una incorporación de la obra al paisaje de manera paulatina	Compensac

Elemento	Componente	Atributo o variable	Consideración	Impacto	Globalización del impacto	Afectación/ Generación	Justificación/Causa	Clave	Medida	Tipo de medida
		Fragilidad	Modificación de la diversidad vegetal			0	Las obras y actividades no modifican la diversidad vegetal	40	Aplicar un programa de abandono del sitio	Compensac
		Visibilidad	Modificación del relieve			0	Las obras y actividades no modifican el relieve local			
Social	Empleo	Economía	Las actividades económicas de la región se resumen a las actividades agrícolas y pecuarias	Empleos para la región	Generación de empleos, incremento en las relaciones económicas y mejora en servicios básicos	1	La actividad puede generar alternativas de empleo, como extracción y transporte de material, mantenimiento de maquinaria y equipo, etc.	41	Para prevenir accidentes se recomienda que los trabajadores utilicen equipo de protección personal y se cumpla con las Normas de Seguridad e Higiene	Prevenció
	Demografía	Población	Arraigo de la población en sus poblados (la migración se reduce con mayores fuentes de empleo)	Arraigo de la población		1	La generación de empleos permitirá disminuir la migración de pobladores	42	Realizar el mantenimiento de caminos	Prevenció compensac
	Salud	Calidad de vida	Con más y mejores fuentes de empleo se mejora la calidad de vida de las poblaciones rurales	Mejoran los servicios básicos de salud, educación y de vivienda		1	Se mejoran los servicios básicos de salud y de las viviendas de los trabajadores	43	Realizar la contratación de obreros de la región	Compensac
								44	Acceso a servicios médicos (solo para los obreros)	Compensac

Se tendrán impactos adversos al suelo y agua principalmente; sin embargo, en el presente estudio se proponen las medidas de mitigación y prevención para su **restauración**. La sustentabilidad ambiental se basa en establecer correctamente las medidas de prevención, mitigación y restauración durante cada etapa. Partiendo de lo anterior, se tiene identificado perfectamente tres aspectos fundamentales; 1) las medidas de prevención y mitigación son mensurables; 2) se ha establecido un responsable de la ejecución de dichas medidas y; 3) se ha propuesto indicadores de seguimiento y supervisión.

Ahora bien, para medir la eficiencia del **plan de manejo ambiental** (medidas de prevención, mitigación y restauración) en sus diferentes etapas es primordial para establecer si efectivamente las acciones se encuentran acordes con los criterios de protección ambiental que fueron previamente descritos. La importancia radica en asegurar que tanto la acción (impacto) y las medidas de control establecidas, den cuenta satisfactoriamente a la protección del medio ambiente. Para ello se contempla el **seguimiento de las medidas de mitigación el cual permitirá realizar correcciones y ajustes al plan de manejo ambiental, con el único fin de cumplir con las mismas.** Desde el momento en que se inicia con las actividades hasta el abandono del sitio, debe vigilarse permanentemente el cumplimiento del plan de manejo ambiental. La idea es mantener una vinculación con la acción, para conocer su relación con el medio ambiente. Entre las acciones de seguimiento que comúnmente se han utilizado, se encuentran:

a) Monitoreo de calidad de agua, aire, suelo y generación de residuos.

b) Muestreos de flora y fauna usados como bio-indicadores.

c) Informes sobre situación ambiental del sito y avance del cumplimiento de las medidas de protección.

d) Informes sobre el estado actual de las variables socioculturales.

e) Estudios ambientales complementarios si así se ameritan.

VI.6 Impactos Residuales

Los impactos residuales se refieren a efectos que permanecen en el ambiente después de aplicar las medidas de prevención, mitigación compensación y restauración. En gran medida el cumplimiento del programa de protección ambiental depende de la correcta aplicación de estas medidas; sin embargo, a pesar de ello, en mucho de los casos los impactos tienen una *residualidad* que es muy difícil establecer alguna medida para reducir el daño ambiental. Por tanto, para identificar y evaluar estos impactos se comparó el estado actual del factor ambiental con respecto al escenario probable del ambiente una vez que se encuentra en etapa de operación. Para tal caso se usó la matriz de Batelle – Columbus modificada para la **etapa de operación** considerando los efectos que tendrán las medidas de prevención, mitigación compensación y restauración descritas anteriormente sobre el impacto ambiental. La metodología usada consideró mantener el índice de calidad ambiental (CA_1) en su estado inicial (actual), el cual fue contrarrestado con el índice de calidad ambiental después de aplicar las medidas y que las obras ya se encuentran en operación (CA_2), entonces, si el valor del impacto neto (IN) resulta negativo este impacto es considerado **residual**, dado que no tiene una forma de como mitigar el daño ambiental sobre ese parámetro evaluado. Los resultados se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro VI-8. Identificación de los impactos residuales.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	Índice de CA		CA_N	UIA	UIP		Impacto neto
			CA_1	CA_2	Alerta		IN_1	IN_2	
Biótico	Flora	Desmonte	0.50	0.54	0.0	35	17.5	18.9	1.4
Biótico	Flora	Fragmentación	0.45	0.4	-0.05	50	22.5	20.0	-2.5
Biótico	Flora	Estructura y composición	0.45	0.44	-0.01	35	15.8	15.4	-0.4
Biótico	Flora	Biodiversidad	0.50	0.49	-0.01	35	17.5	17.2	-0.4
Biótico	Flora	Especies de interés	0.60	0.55	-0.05	18	10.8	9.9	-0.9
Biótico	Fauna	Desplazamiento	0.50	0.53	0.03	29	14.5	15.4	0.9
Biótico	Fauna	Mortandad	0.45	0.41	-0.04	15	6.8	6.2	-0.6
Biótico	Fauna	Abundancia	0.46	0.48	0.02	35	16.1	16.8	0.7
Biótico	Fauna	Biodiversidad	0.50	0.58	0.08	35	17.5	20.3	2.8
Biótico	Fauna	Especies de interés	0.47	0.52	0.05	35	16.5	18.2	1.8
Físico	Topografía	Pendiente	0.45	0.42	-0.03	40	18.0	16.8	-1.2
Físico	Topografía	Relieve	0.40	0.39	-0.01	45	18.0	17.6	-0.4
Físico	Topografía	Orientación	0.50	0.48	-0.02	22	11.0	10.6	-0.4

Físico	Topografía	Curvatura	0.34	0.44	0.1	21	7.1	9.2	2.1
Físico	Suelo	Contaminación	0.50	0.42	-0.08	20	10.0	8.4	-1.6
Físico	Suelo	Compactación	0.60	0.54	-0.06	20	12.0	10.8	-1.2
Físico	Suelo	Temperatura	0.65	0.65	0	10	6.5	6.5	0.0
Físico	Suelo	Materia orgánica	0.71	0.6	-0.11	30	21.3	18.0	-3.3
Físico	Suelo	Erosión hídrica	0.63	0.54	-0.09	45	28.4	24.3	-4.1
Físico	Suelo	Erosión eólica	0.68	0.61	-0.07	40	27.2	24.4	-2.8
Físico	Suelo	Remoción	0.56	0.56	0	40	22.4	22.4	0.0
Físico	Agua	Contaminación	0.65	0.6	-0.05	25	16.3	15.0	-1.3
Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	0.48	0.53	0.05	30	14.4	15.9	1.5
Físico	Agua	Evapotranspiración	0.62	0.56	-0.06	25	15.5	14.0	-1.5
Físico	Aire	Olor	0.75	0.66	-0.09	10	7.5	6.6	-0.9
Físico	Aire	Visibilidad	0.61	0.53	-0.08	5	3.1	2.7	-0.4
Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	0.70	0.68	-0.02	30	21.0	20.4	-0.6
Físico	Aire	Ruidos	0.75	0.68	-0.07	20	15.0	13.6	-1.4
Físico	Paisaje	Calidad	0.71	0.62	-0.09	20	14.2	12.4	-1.8
Físico	Paisaje	Visitantes	0.62	0.64	0.02	20	12.4	12.8	0.4
Físico	Infraestructura	Caminos	0.51	0.49	-0.02	20	10.2	9.8	-0.4
Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas	0.34	0.34	0	10	3.4	3.4	0.0
Físico	Infraestructura	Edificaciones	0.32	0.43	0.11	5	1.6	2.2	0.6
Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	0.61	0.61	0	10	6.1	6.1	0.0
Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos	0.70	0.7	0	10	7.0	7.0	0.0
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales directas	0.54	0.61	0.07	25	13.5	15.3	1.8
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales indirectos	0.45	0.51	0.06	20	9.0	10.2	1.2
Socioeconómico	Estilos de vida	Oportunidad de empleo	0.40	0.25	-0.15	30	12.0	7.5	-4.5
Socioeconómico	Estilos de vida	Calidad de vida (salud)	0.35	0.25	-0.1	30	10.5	7.5	-3.0

Del análisis anterior, los componentes que mantienen un impacto residual después de aplicar el programa de protección ambiental en la etapa de operación de las obras son los siguientes.

Cuadro VI-9. Valor del cambio neto de los impactos residuales.

COMPONENTES	UIA	UIP		IMPACTO NETO
		UIA_1	UIA_2	
Flora	173	84.1	81.4	-2.7
Fauna	149	71.3	76.8	5.5
Topografía	128	54.1	54.2	0.0
Suelo	205	127.8	114.8	-13.0
Agua	80	46.2	44.9	-1.3
Aire	65	46.6	43.3	-3.3
Paisaje	40	26.6	25.2	-1.4
Infraestructura	35	15.2	15.4	0.2
Valores históricos	10	6.1	6.1	0.0
Cultura	10	7.0	7.0	0.0
Centros de población	45	22.5	25.5	3.0
Estilos de vida	60	22.5	15.0	-7.5
Total	**1,000**	**529.84**	**509.37**	**-20.47**

Gráficamente, los valores negativos se pueden observar en la ilustración siguiente.

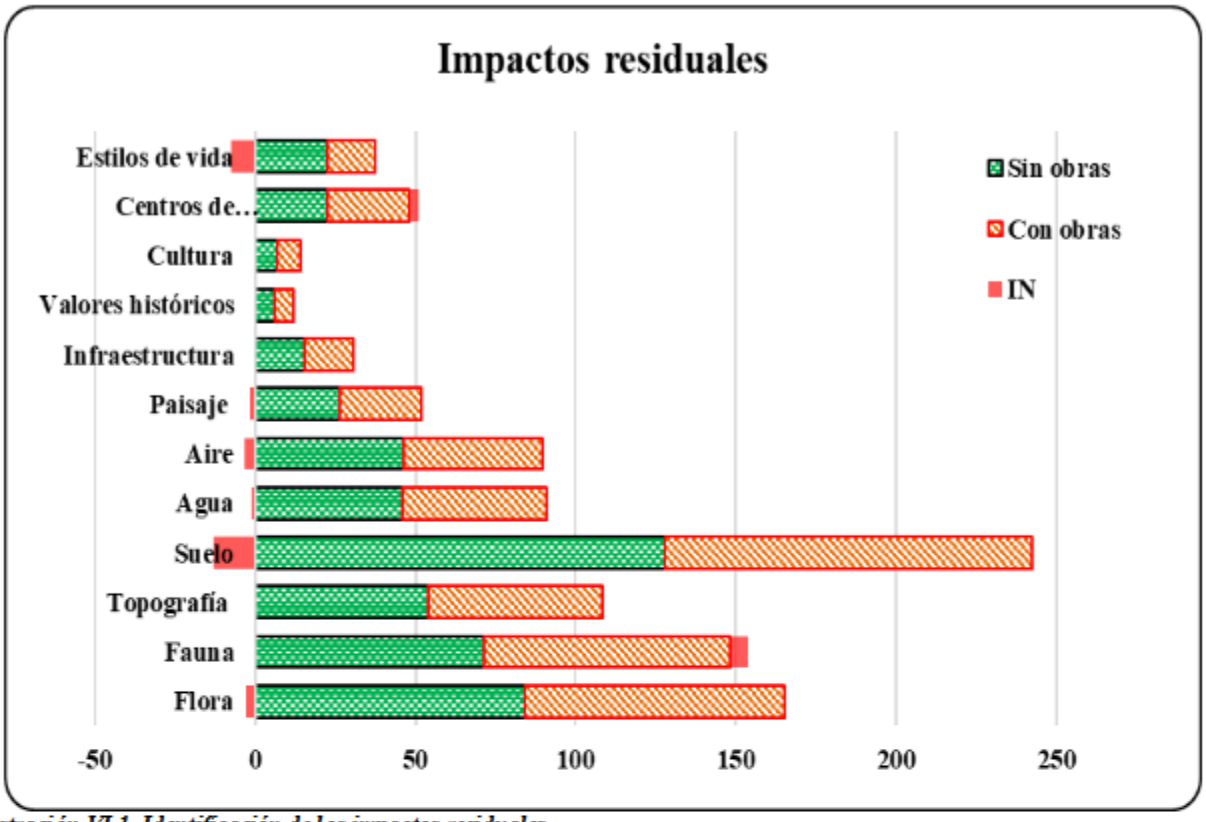


Ilustración VI-1. Identificación de los impactos residuales.

Las medidas que se proponen para minimizar y atenuar los impactos residuales se basan en aquellas presentadas de manera general, ya que se consideró sólo aquellas medidas que se van a aplicar con cierta efectividad, especificando la dimensión del impacto reducido. Los componentes que tendrán impactos residuales durante la vida útil son:

- La diversidad de la fauna de alguna manera se verá afectada mientras se mantenga la presencia de maquinaria y personas en el sitio.
- Las obras modificarán permanentemente la topografía del sitio, su recuperación se considera en el mediano plazo (un año al volver a recuperar los sedimentos el cauce).
- El suelo será un componente que tendrá el mayor impacto residual, por la extracción de arena y grava dentro del lecho del cauce.
- El agua será un componente que tendrá un impacto permanente, dado que la extracción de gravas y arenas permitirá el libre flujo natural del agua.
- El paisaje también será modificado de manera permanente, aunque el acarreo de materiales pétreos devolverá poco a poco a su estado natural.
- El aire se verá alterado por la emisión de GEI a la atmósfera producto de la quema de combustibles fósiles por la maquinaria usada.

VI.7 Impactos sinergéticos y acumulativos

Un "*impacto sinérgico*" se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales, por su parte un "*impacto acumulativo*" es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente. En el sitio un impacto sinérgico y acumulativo se refiere a la **modificación del gasto y cauce natural**, este impacto si no se llevan a cabo las medidas necesarias para permitir

el libre flujo de agua, puede desencadenar un desastre ecológico agua debajo de los depósitos de materiales pétreos. Es necesario, considerar mantener **cauce natural** para permitir la subsistencia de la fauna silvestre y domestica aguas abajo. En gran medida el cumplimiento del programa de protección ambiental depende de la correcta aplicación de las medidas de mitigación y compensación de los impactos **sinérgicos y acumulativos y,** debe vigilarse permanentemente su cumplimiento. La idea es mantener una vinculación con la acción, para conocer su relación con el medio ambiente. Entre las acciones de seguimiento que se proponen para minimizar y atenuar los impactos sinérgicos y acumulativos, se encuentran.

a) Informes sobre situación ambiental y evolución del plan de cumplimiento de las medidas de restauración (informes semestrales o anuales del cumplimiento del plan de manejo ambiental).

b) Informes sobre el estado sociocultural y ambiental (línea base social y ambiental antes de la etapa de preparación del sitio).

c) Estudios ambientales complementarios si así se ameritan (estudios de flora, fauna y calidad del agua).

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Pronóstico de escenario

Ambiental, haciendo un pronóstico con base en la descripción ambiental del sitio, evaluación de impactos y las medidas de manejo ambiental propuestas. El punto de partida del análisis son las condiciones presentes, tomando en cuenta las tendencias de cambio observadas y las esperadas después de la etapa de operación en relación con el estado actual de los componentes ambientales.

a. En el escenario ambiental "**sin obras y actividades (actual)**", consideró un diagnóstico completo de los elementos que integran el sistema ambiental donde los procesos naturales y socioeconómicos ocurren de manera natural presentando problemas como; contaminación, incendios, erosión, presencia de plagas y enfermedades, sobrepastoreo, etc.

b. El escenario ambiental "**con la operación de las obras y actividades y sin medidas de mitigación**", consideró la dinámica natural y socioeconómica actual, las actividades y dimensiones de la obra, así como los impactos ambientales que se pueden generar en las diferentes etapas.

c. El escenario ambiental "**con la operación de las obras y actividades y con medidas de mitigación**", toma en cuenta la descripción de los aspectos citados en el punto anterior, pero incorporando las medidas de prevención, restauración y mitigación propuestas. El pronóstico del escenario se aborda a partir de la perspectiva de cambio que resultará de las acciones sobre el medio natural (principalmente en la etapa de operación), y las medidas de manejo ambiental correspondientes. Para ello se debe de tomar en cuenta la dinámica de las variables del medio ambiente a monitorear como indicadores de cambio.

Cuadro VII-1. Escenario ambiental.

Elemento	Actual	Sin medidas	Con medidas
Aire	**Impacto:** Aumento en la concentración de gases de efecto invernadero		
	Atributo o variable: Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CQ), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx)		
	El sitio se encuentra en una zona rural, en donde las emisiones producidas son únicamente las que se generan por el tránsito de vehículos para trasladarse entre comunidades y al momento de extraer los materiales pétreos. No existen fábricas o industrias que generen grandes cantidades de emisiones, por lo que el panorama actual es un impacto muy bajo que se mantendrá a largo plazo si se sigue la misma tendencia de desarrollo.	Las actividades implican el uso de maquinaria, así como camiones y camionetas para el transporte de los materiales y personas, lo cual generará un ligero incremento en las emisiones de gases, aunque no se consideran significativas pues las dimensiones son pequeñas y las emisiones serán de forma periódica y unas horas al día. La etapa de mayor generación será en la operación - mantenimiento, aunque estos podrán disiparse al momento en que los vehículos dejen de circular, puesto que el área está ubicada en una zona rural y la vegetación puede absorber estos gases.	Con el mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria la generación de emisiones a la atmósfera por el uso de maquinaria y vehículos disminuirá significativamente, aunque se seguirán teniendo emisiones.
	Impacto: Generación de polvos y ruido		
	Atributo o variable: Polvo y ruido		
	Polvo: las emisiones de polvo están presentes dentro de los caminos de acceso al sitio y hacia las localidades cercanas, además al ser caminos de terracería y presentar suelos muy finos, el viento genera polvaredas arrastrando partículas de suelo y opacando la visibilidad, aunque esto es muy puntual y se disipa de inmediato. Por lo que, existe una generación de polvos, aunque sea a baja escala, la cual ya es parte del ambiente y permanecerá a largo plazo. **Ruido:** específicamente dentro del sitio, el ruido corresponde al viento y a algunas aves silvestres, ruido que no afecta a las localidades cercanas pues	**Polvo:** se presentará un ligero incremento en la generación de polvo por las actividades extracción de materiales pétreos y su transporte, por lo que habrá mayor generación de polvo durante la etapa de operación - mantenimiento, en el resto de las etapas las emisiones serán menores, pues serán de forma periódica y solo durante el movimiento de los vehículos. **Ruido:** sin duda el ruido estará presente en todas las etapas, aunque será más perceptible durante la etapa de operación	**Polvo:** la generación de polvo se puede mitigar al mantener húmedos los caminos y mover los vehículos únicamente al momento de transportar al personal o el material extraído. El mantener húmedos los caminos también permitirá disminuir el sofocamiento de las plantas al margen de los caminos por los polvos generados. Se espera que en el futuro las emisiones sean mínimas, pues, aunque el tráfico de vehículos será menor, siempre será necesaria la comunicación entre comunidades de la región y es posible que haya mayor número de vehículos.

Elemento	Actual	Sin medidas	Con medidas
	es parte de la naturaleza. Aunque a nivel del sitio el ruido es producido por los vehículos particulares y las actividades diarias de los habitantes locales, por lo que los ruidos que se genere se pueden mitigar.	- mantenimiento pues se utilizará maquinaria y solo afectará a los trabajadores, pues el sitio se encuentra en una zona rural, la vegetación arbórea y las pendientes onduladas permiten que el ruido sea poco perceptible a largas distancias, además los trabajos se realizarán durante el día y solo unas horas. El ruido de los vehículos será poco notable pues ya existen fuentes emisoras de este en la zona.	**Ruido:** se espera que con la implementación de las medidas de mitigación los niveles de ruido estén dentro de los límites permitidos por la NOM-080- SEMARNAT -1994. El personal contará con equipo de protección auditiva. La comunidad más cercana se encuentra a 1 km; sin embargo, los habitantes ya están acostumbrados al ruido de los vehículos. En el fututo el ruido se mantendrá en los niveles que actualmente se encuentra pues, no se espera un incremento en la población, lo que no implica el mayor número de vehículos que puedan generar mayor ruido. Por lo tanto, el ruido con y sin obras y actividades permanecerá en la zona durante largo plazo.
Topografía	**Impacto:** Modificación del relieve local.		
	Atributo o variable: Elevaciones		
	Actualmente las áreas propuestas para extracción de materiales pétreos que se encuentran en el cauce del **río Ramos**, el cual cuenta con una cantidad considerable de materiales susceptibles de aprovechamiento.	Sin las medidas propuestas, el aprovechamiento de materiales pétreos puede tener repercusiones al aprovechar superficie no autorizada, llegar hasta el manto freático o modificar el cauce.	Con el aprovechamiento de materiales pétreos y las medidas propuestas, se espera que se estabilice el cauce y esto permitirá a su vez proteger a las localidades que se encuentran en al margen del mismo, minimizando el riesgo de inundaciones. Además, posterior al abandono del sitio, la acumulación de materiales pétreos en el área seguirá de manera natural.
Suelo	**Impacto:** Movimiento de material geológico superficial.		
	Atributo o variable: Material geológico superficial		
	La geología del sitio corresponde a **suelo aluvial**. De manera natural existe una pérdida de suelo por acción del agua, debido a que el área corresponde cauces de tipo permanente. Se espera que la pérdida de suelo se mantenga en los niveles que se han tenido hasta ahora.	El aprovechamiento de los depósitos permitirá que el cauce tenga un flujo libre, las actividades se realizarán en la época de estiaje y ayudarán a minimizar el riesgo de inundaciones en el margen del cauce; sin embargo, realizar las actividades sin medidas conlleva ciertos riesgos como: aprovechar más superficie que la autorizada, obstaculizar el flujo libre del cauce y afectar el nivel freático.	Las medidas prohíben obstaculizar el cauce natural, aprovechar más superficie de la autorizada, llegar hasta el nivel freático. Por lo tanto, se espera que no habrá afectaciones significativas en el sitio, además, una vez que cesen las actividades, la acumulación de materiales pétreos seguirá llevándose se manera natural, sin intervención humana.
	Impacto: Generación de residuos sólidos		
	Atributo o variable: Residuos sólidos		
	Los residuos sólidos se presentan en el sitio, aunque en mínimas cantidades, pues hace falta mayor concientización de la gente para su recolección. Al ser una zona rural no se tiene la infraestructura necesaria para la disposición de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, por lo que se hacen basureros clandestinos o en ocasiones son quemados sin implementar el sistema de reciclaje, lo que genera una contaminación mayor. Por lo tanto, el panorama **sin la operación** es igual al actual, pues hace falta mayor concientización en las personas para que den un buen manejo de sus residuos.	La maquinaria genera residuos producto del su mantenimiento, estos pueden generarse dentro del sitio pues las fallas se presentan de forma inesperada aun cuando se realice el mantenimiento preventivo. Los accidentes podrán provocar derrames que irán directamente al suelo. En cuanto a los residuos sólidos no peligrosos, estos serán mínimos, pues los trabajadores serán de la región y podrán desplazarse a sus hogares para recibir sus alimentos, quizá se podrán generar residuos de latas o bolsas plásticas, estos podrán ser recolectados y llevados a los sitios de disposición de la localidad. El impacto por la generación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos estará presente durante la operación, sin embargo, este impacto puede ser mitigable de forma inmediata si se toman las medidas pertinentes.	Los residuos sólidos peligrosos serán los productos del mantenimiento de los vehículos, estos serán almacenados en recipientes metálicos con su tapa correspondiente y serán manejados de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005, se contará también con un recipiente para la recolección de los residuos sólidos no peligrosos, los cuales serán depositados en el relleno sanitario municipal, pues no se prevé un incremento por las dimensiones y necesidades asociadas a la operación.

Elemento	Actual	Sin medidas	Con medidas
Biota	**Impacto:** Perturbación de la fauna silvestre		
	Atributo o variable: Especies de interés especial		
	Específicamente en el sitio la fauna es escasa, ya que las especies prefieren hábitat con una cobertura vegetal mayor y con mayores zonas de alimentación y disponibilidad de agua, por lo que estas anidan o hacen sus madrigueras en las áreas más bajas cercanas al cauce. De manera general la fauna más grande se ha desplazado hacia partes más inaccesibles de la zona, pues el tráfico de vehículos y las actividades agrícolas en la zona han ocasionado que las especies se alejen. Sin la operación de las obras, el flujo de fauna seguiría la misma tendencia, pues, aunque no existen actividades que generen presión sobre los recursos, la fauna prefiere zonas más inaccesibles que les permitan protegerse de los depredadores o áreas con mayor disponibilidad de alimento, por lo que se van a las quebradas o a las orillas de los ríos y arroyos. Para el caso del a fauna acuática, no se verá modificada o desplazada, debido a que las actividades de extracción solo se realizarán en épocas de estiaje.	Al aumentar el ruido por las actividades, las especies que pudieran estar presentes se desplazarán hacia lugares más tranquilos, sin embargo, no se encontraron áreas específicas de anidación o de alimentación de ninguna especie, solo se observaron individuos atravesando el área, por lo que se considera que el área solo la utilizan para desplazarse y por lo tanto no se considera un impacto relevante. Existe el riego de que, durante las actividades de operación, los trabajadores cacen algunos animales, aunque se tendrá la precaución de evitarlo en todo momento, además se puede presentar la muerte de individuos por atropellamiento, por lo que se deberá revisar las áreas antes de iniciar labores, pues, aunque las especies se hayan desplazado no se descarta su presencia durante la jornada laboral. El hábitat de las especies de peces presentes sufrirá modificaciones durante las etapas de operación - mantenimiento.	Se colocará un letrero de protección a fauna, para concientizar a la gente sobre la importancia de la conservación de esta. La fauna será ahuyentada al inicio de las actividades, por lo que se espera que no haya afectación por atropellamiento o muerte directa por los trabajadores, que en ocasiones lo hacen por creer que serán atacados. En caso de encontrar alguna especie de fauna de lento desplazamiento se llevará a cabo el programa de rescate y reubicación. El escenario con las medidas de protección se considera sin afectación a la fauna silvestre, pues el impacto no será a largo plazo y será mitigable. Las actividades de extracción se llevarán en temporadas y horarios específicos. La modificación del hábitat es inherente, sin embargo, al realizar el aprovechamiento de la manera correcta y respetando las medidas necesarias y sobre todo las áreas, dicha modificación será menos evidente. Además, que solo se aprovechara el material autorizado evitando la extracción total de material y modificar considerablemente el entorno acuático.
Social	**Impacto:** Generación de empleos, incremento en las relaciones económicas y mejora en servicios básicos		
	Atributo o variable: Población		
	Las localidades cercanas al sitio se consideran rurales donde se desarrollan actividades de agricultura y ganadería y con las obras y actividades se crean empleos directos locales. Sin obras y actividades, el porcentaje económicamente activo seguiría la misma tendencia, ya que, al no haber nuevas fuentes de empleo no se da el flujo económico.	No hay evidencias de conflictos con el aprovechamiento de los materiales pétreos, se verán beneficiados principalmente los pobladores de las localidades aledañas, aunque también se podrán beneficiar las localidades más alejadas, con la generación de empleos.	Se buscará que los trabajadores a contratar sean de los poblados cercanos, además las actividades se desarrollarán en el horario diurno para evitar interferir con los hábitos de sueño de los pobladores.
Agua	**Impacto**: Erosión producto de la extracción de materiales		
	Atributo o variable: Erosión		
	La erosión actual que se presenta en los cauces es causada por el movimiento natural del agua y el viento. De manera natural existe la erosión debido a que en el lecho del cauce no existe vegetación. Dentro del panorama sin obras y actividades se espera que siga existiendo erosión natural.	Las obras y actividades consisten en el aprovechamiento de material pétreo el cual ayudará a que el agua fluya adecuadamente, las actividades se ejecutarán solo en tiempo de secas y ayudara a minimizar el riesgo de inundaciones en la orilla del cauce; sin embargo, realizar las actividades sin medidas conlleva ciertos riesgos ambientales como: aprovechar más volumen del autorizado, obstaculizando el flujo de agua y afectando el nivel freático.	Las medidas prohíben el aprovechamiento de más material que el que se deposita cada año de manera natural, lo cual provocaría que el flujo del agua no sea constante. Por lo tanto, se espera que no se presente afectaciones significativas en el sitio, además, una vez que cesen las actividades la acumulación de material seguirá llevándose de manera natural y la erosión se detenga y continúe con los niveles actuales.
Biota	**Impacto**: Modificación del hábitat de especies acuáticas		
	Atributo o variable: Fauna acuática		
	El área mantiene condiciones naturales en los escurrimientos superficiales y en la calidad del agua, lo que permite la conservación del hábitat acuático sin alteraciones. La dinámica hidráulica y de sedimentos se encuentra en equilibrio, favoreciendo el desarrollo normal de las especies acuáticas y la	Las actividades de extracción de materiales pétreos podrían generar un incremento en el arrastre de sedimentos y modificaciones en los patrones del cauce natural, lo que ocasionaría cambios en la estructura del hábitat	Con la aplicación de medidas de control de escurrimientos y manejo de sedimentos, la modificación del hábitat acuático se minimiza. Las condiciones hidráulicas y de calidad del agua se mantienen dentro de rangos aceptables, por lo que el impacto se considera de baja magnitud,

Elemento	Actual	Sin medidas	Con medidas
	disponibilidad de refugio, alimentación y reproducción.	acuático. Estas alteraciones pueden afectar la calidad del agua y reducir la disponibilidad de microhábitats, generando un impacto negativo de mayor magnitud y persistencia sobre las especies acuáticas.	temporal y reversible, permitiendo la conservación funcional del hábitat acuático.
Erosión	**Impacto**: Pérdida de suelo agrícola		
	Atributo o variable: Erosión hídrica		
	Los usos de suelo anexos a los depósitos conservan sus características edáficas y su aptitud productiva, manteniendo la estabilidad del suelo y su potencial para actividades agrícolas, sin evidencias de degradación física o funcional.	Las actividades de extracción de materiales pétreos podrían generar la remoción, compactación y pérdida de la capa superficial del suelo, reduciendo su fertilidad y capacidad productiva. Esta situación favorecería procesos de erosión y una disminución permanente del suelo agrícola disponible.	Con la aplicación de medidas orientadas a la estabilización del terreno y al manejo adecuado del suelo, la pérdida de suelo agrícola se reduce de manera significativa. El impacto se limita a áreas puntuales, con una afectación de baja magnitud y carácter parcialmente reversible, permitiendo conservar la funcionalidad edáfica en el área circundante.
Erosión	**Impacto**: Erosión del cauce aguas abajo		
	Atributo o variable: Erosión remontante		
	El cauce mantiene su estabilidad morfológica y un equilibrio natural en los procesos de escurrimiento y transporte de sedimentos, sin evidencias de erosión acelerada aguas abajo.	Las actividades de extracción de materiales pétreos podrían modificar los patrones de escurrimiento y el régimen de sedimentos, incrementando la energía del flujo aguas abajo y favoreciendo procesos de erosión en el cauce. Esto podría ocasionar socavación, inestabilidad de márgenes y alteración de la sección hidráulica.	Con la implementación de medidas de control hidráulico y manejo de escurrimientos, la erosión del cauce aguas abajo se atenúa de manera significativa. El impacto se considera de baja magnitud y carácter temporal, manteniéndose la estabilidad del cauce y su capacidad de recuperación natural.
Erosión	**Impacto:** Erosión remontada del cauce		
	Variable o atributo: Erosión hídrica		
	El cauce mantiene estabilidad en su lecho y márgenes, con un equilibrio natural entre el régimen de escurrimiento y el transporte de sedimentos, sin evidencias de procesos de erosión remontada.	Las obras y actividades podrían alterar la dinámica hidráulica del cauce, favoreciendo el inicio de procesos de erosión remontada. Este fenómeno puede provocar el retroceso progresivo del lecho hacia aguas arriba, generando inestabilidad en el cauce y afectaciones acumulativas en su morfología.	Con la implementación de medidas de control hidráulico y estabilización del cauce, la erosión remontada se minimiza. El impacto se considera de baja magnitud y carácter temporal, permitiendo mantener la estabilidad del cauce y su capacidad de recuperación natural.
Erosión	**Impacto**: Erosión de taludes		
	Variable o atributo: Erosión		
	Con la implementación de medidas de control hidráulico y estabilización del cauce, la erosión remontada se minimiza. El impacto se considera de baja magnitud y carácter temporal, permitiendo mantener la estabilidad del cauce y su capacidad de recuperación natural.	Las actividades de extracción de materiales pétreos podrían generar inestabilidad en los taludes, favoreciendo procesos de erosión superficial y desprendimientos, lo que incrementaría la pérdida de material y el riesgo de fallas locales.	Con la aplicación de medidas de estabilización y control de escurrimientos, la erosión de taludes se reduce de manera significativa. El impacto se considera de baja magnitud y carácter temporal, manteniéndose condiciones adecuadas de estabilidad en los taludes.
Agua	**Impacto**: Aumento de la turbidez del agua		
	Atributo o variable: Calidad del agua		
	El agua presenta condiciones normales de transparencia y calidad, con concentraciones de sólidos suspendidos acordes a los procesos naturales del sistema, sin alteraciones significativas.	Las obras y actividades podrían incrementar la concentración de sedimentos finos al sistema hídrico, ocasionando un aumento de la turbidez del agua. Esta condición puede afectar la penetración de la luz, los procesos biológicos y la calidad del agua.	Con la implementación de medidas de control de sedimentos y manejo de escurrimientos, el aumento de la turbidez se minimiza. El impacto se considera de baja magnitud, temporal y reversible, manteniéndose la calidad del agua dentro de rangos aceptables.
Agua / erosión	**Impacto**: Retención de agua por las fosas		
	Variable o atributo. Erosión hídrica y calidad del agua		

Elemento	Actual	Sin medidas	Con medidas
	El escurrimiento superficial se presenta de manera continua y sin obstrucciones, permitiendo el flujo natural del agua sin zonas de acumulación artificial.	La presencia de fosas derivadas de la extracción de materiales pétreos podría favorecer la acumulación y retención de agua, alterando el patrón natural de escurrimiento. Esta condición puede generar encharcamientos prolongados y modificar la dinámica hidráulica del área.	Con la aplicación de medidas de manejo y conformación adecuada de las fosas, la retención de agua se controla y se mantiene dentro de condiciones funcionales. El impacto se considera de baja magnitud y carácter controlable, sin afectar de manera significativa el escurrimiento natural.
Social	**Impacto**: Modificación del paisaje a nivel local		
	Variable o atributo: Paisare		
	El paisaje mantiene una condición homogénea y estable, con elementos visuales propios del entorno local, sin alteraciones que modifiquen su percepción.	Las obras y actividades podrían generar cambios visibles en la configuración del terreno, alterando la forma, textura y contraste del paisaje a nivel local. Estas modificaciones pueden afectar de manera negativa la calidad visual del sitio.	Con la aplicación de medidas de conformación final y ordenamiento del área, la modificación del paisaje se reduce. El impacto se considera de magnitud moderada y carácter temporal, favoreciendo la integración visual del sitio al entorno local.

Finalmente, se presenta la matriz de impactos que evalúa las medidas de restauración, esta matriz se utilizará durante y después de la etapa de operación para determinar la efectividad de las medidas propuestas. La matriz de impactos permite una evaluación detallada y sistemática de los efectos positivos y negativos, incluyendo la mitigación de los efectos negativos. Esto permitirá identificar y ajustar las medidas de mitigación según sea necesario, asegurando su efectividad en cada componente ambiental. Los resultados de la matriz de Batelle – Columbus (1972) son los siguientes.

Cuadro VII-2. Identificación de los impactos con las medidas implementadas.

CATEGORÍA	COMPONENTES	PARAMÉTROS	Índice de CA		CA_N	UIA	UIP		Impacto neto
			CA_0	CA_2	Alerta		IN_0	IN_2	
Biótico	Flora	Desmonte	0.50	0.5	0.0	35	17.5	17.5	0.0
Biótico	Flora	Fragmentación	0.45	0.43	-0.02	50	22.5	21.5	-1.0
Biótico	Flora	Estructura y composición	0.45	0.49	0.04	35	15.8	17.2	1.4
Biótico	Flora	Biodiversidad	0.50	0.52	0.02	35	17.5	18.2	0.7
Biótico	Flora	Especies de interés	0.60	0.61	0.01	18	10.8	11.0	0.2
Biótico	Fauna	Desplazamiento	0.50	0.62	0.12	29	14.5	18.0	3.5
Biótico	Fauna	Mortandad	0.45	0.48	0.03	15	6.8	7.2	0.4
Biótico	Fauna	Abundancia	0.46	0.55	0.09	35	16.1	19.3	3.2
Biótico	Fauna	Biodiversidad	0.50	0.53	0.03	35	17.5	18.6	1.1
Biótico	Fauna	Especies de interés	0.47	0.52	0.05	35	16.5	18.2	1.8
Físico	Topografía	Pendiente	0.45	0.49	0.04	40	18.0	19.6	1.6
Físico	Topografía	Relieve	0.40	0.43	0.03	45	18.0	19.4	1.4
Físico	Topografía	Orientación	0.50	0.54	0.04	22	11.0	11.9	0.9
Físico	Topografía	Curvatura	0.34	0.42	0.08	21	7.1	8.8	1.7
Físico	Suelo	Contaminación	0.50	0.55	0.05	20	10.0	11.0	1.0
Físico	Suelo	Compactación	0.60	0.52	-0.08	20	12.0	10.4	-1.6
Físico	Suelo	Temperatura	0.65	0.63	-0.02	10	6.5	6.3	-0.2
Físico	Suelo	Materia orgánica	0.71	0.73	0.02	30	21.3	21.9	0.6
Físico	Suelo	Erosión hídrica	0.63	0.73	0.1	45	28.4	32.9	4.5
Físico	Suelo	Erosión eólica	0.68	0.73	0.05	40	27.2	29.2	2.0
Físico	Suelo	Remoción	0.56	0.52	-0.04	40	22.4	20.8	-1.6
Físico	Agua	Contaminación	0.65	0.68	0.03	25	16.3	17.0	0.8
Físico	Agua	Escurrimiento superficial e infiltración	0.48	0.75	0.27	30	14.4	22.5	8.1
Físico	Agua	Evapotranspiración	0.62	0.71	0.09	25	15.5	17.8	2.3
Físico	Aire	Olor	0.75	0.68	-0.07	10	7.5	6.8	-0.7
Físico	Aire	Visibilidad	0.61	0.56	-0.05	5	3.1	2.8	-0.3
Físico	Aire	Partículas sólidas disueltas	0.70	0.62	-0.08	30	21.0	18.6	-2.4
Físico	Aire	Ruidos	0.75	0.73	-0.02	20	15.0	14.6	-0.4
Físico	Paisaje	Calidad	0.71	0.74	0.03	20	14.2	14.8	0.6
Físico	Paisaje	Visitantes	0.62	0.65	0.03	20	12.4	13.0	0.6
Físico	Infraestructura	Caminos	0.51	0.74	0.23	20	10.2	14.8	4.6
Físico	Infraestructura	Líneas eléctricas	0.34	0.34	0	10	3.4	3.4	0.0
Físico	Infraestructura	Edificaciones	0.32	0.78	0.46	5	1.6	3.9	2.3
Socioeconómico	Valores históricos	Personajes	0.61	0.65	0.04	10	6.1	6.5	0.4
Socioeconómico	Cultura	Grupos étnicos	0.70	0.74	0.04	10	7.0	7.4	0.4
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales directas	0.54	0.72	0.18	25	13.5	18.0	4.5
Socioeconómico	Centros de población	Interacciones comerciales indirectos	0.45	0.61	0.16	20	9.0	12.2	3.2
Socioeconómico	Estilos de vida	Oportunidad de empleo	0.40	0.74	0.34	30	12.0	22.2	10.2
Socioeconómico	Estilos de vida	Calidad de vida (salud)	0.35	0.63	0.28	30	10.5	18.9	8.4

Del análisis anterior, los componentes que mantienen un impacto residual después de aplicar el programa de protección ambiental en la etapa de operación de las obras y actividades son los siguientes.

Cuadro VII-3: Valor del cambio neto con las medidas implementadas.

COMPONENTES	UIA	UIP		IMPACTO NETO
		UIA_0	UIA_2	
Flora	173	84.1	85.3	1.3
Fauna	149	71.3	81.2	9.9
Topografía	128	54.1	59.7	5.5
Suelo	205	127.8	132.5	4.7
Agua	80	46.2	57.3	11.1
Aire	65	46.6	42.8	-3.7
Paisaje	40	26.6	27.8	1.2
Infraestructura	35	15.2	22.1	6.9
Valores históricos	10	6.1	6.5	0.4
Cultura	10	7.0	7.4	0.4
Centros de población	45	22.5	30.2	7.7
Estilos de vida	60	22.5	41.1	18.6
Total	1,000	529.84	593.76	63.92

Gráficamente, los valores se pueden observar en la ilustración siguiente;

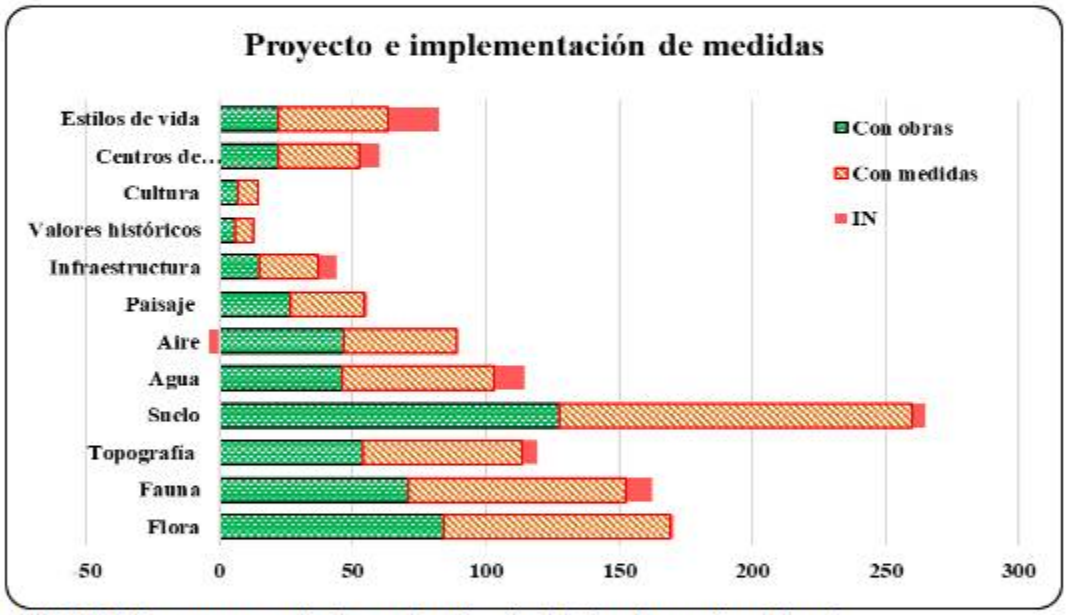


Ilustración VII-1. Impacto neto estimado con la aplicación del plan de manejo ambiental.

VII.2 Programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental (**PVA**) contempla los objetivos siguientes: i) asegurar que las medidas preventivas y de mitigación contribuyan eficiente y oportunamente a la protección y restauración de los impactos generados; ii) identificación de situaciones adversas en cuanto a la posible afectación de alguno de los elementos del ecosistema en la etapa de la operación (impactos que no se habían considerado a ciertos elementos del ambiente y que resultaron una vez que se encuentra en operación). El PVA se realizará periódicamente en el transcurso de los **10 años** de vigencia, el cual consistirá en un recorrido semestral por los sitos para observar posibles situaciones anómalas. Las principales actividades contempladas son:

VII.2.1 Objetivo

- Establecer los mecanismos, procedimientos y lineamientos para que las medidas de prevención, mitigación y restauración (**capítulo VI**) puedan ser llevadas a cabo.

- Fijar los procedimientos para obtener indicadores ambientales, que permitan calificar el éxito de las medidas de prevención, mitigación y restauración (cumplimiento).

VII.2.2 Procedimientos para el control de calidad

Para evaluar la calidad ambiental del sitio se realizarán actividades de monitoreo tomando en consideración la normatividad forestal y ambiental aplicable, y en caso de que existan umbrales negativos fuera de las NOM-SEMARNAT se tendrá que realizar una nueva evaluación ambiental muy detallada a fin de corregir cualquier incidente que este causando efectos adversos significativos al medio ambiente. Por otra parte, el PVA permitirá cuantificar impactos cuya afectación fue difícil prever durante la evaluación del impacto ambiental, para así modificar o establecer las medidas de mitigación adecuadas, en caso de que las ya aplicadas no sean suficientes. Igualmente podrá detectar impactos o alteraciones no previstos en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso, adoptarse medidas de remediación o compensación. El seguimiento de las actividades de prevención y mitigación deberá soportarse documentalmente con los instrumentos siguientes:

- **Bitácora**: En esta se registrarán las actividades realizadas durante el día (principalmente volumen de materia explotado de los depósitos).
- **Reporte semestral**: En este reporte se señalará el desarrollo de las actividades de la obra, además de señalar la forma en que se llevó a cabo la medida de mitigación del impacto generado.
- **Memoria fotográfica**: El reporte mensual deberá incluir un anexo fotográfico. Las fotografías que se incluyan deberán avalar y evidenciar la implementación de las medidas de mitigación durante el desarrollo de las obras y actividades realizadas.
- **Reporte final**: Este se deberá elaborar a manera de evaluación y conclusión de las obras al final de la vida útil, este informe se entregará a las autoridades ambientales para que lo evalúen.

Finalmente, el seguimiento y supervisión que se le dará a las diferentes medidas del plan de manejo ambiental se describe en el cuadro siguiente.

Cuadro VII-4. Indicadores de seguimiento y supervisión del programa de manejo ambiental.

Elemento	Clave	Medida	Medida	Supervisión	Seguimiento
Aire	1	Cubrir los camiones que transporten el material pétreo con lonas para evitar la dispersión de polvos	3 lonas	Promovente	Evidencia fotográfica
Aire	2	Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos y la maquinaria utilizada	Según los requerimientos	Promovente	Bitácoras de mantenimiento
Aire	3	Para evitar que se generen polvos por el tránsito de los vehículos, se mantendrá una velocidad de 15 km/hr.	Todo el tiempo	Promovente	Evidencia fotográfica
Aire	4	Realizar el mantenimiento a los caminos de acceso	2 veces al año	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Aire	5	Los vehículos utilizados deberán contar con silenciador de ruido	Todos los vehículos	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Aire	6	Humedecer los caminos de acceso a los bancos	Época de estiaje		
Aire	7	Mantener la estabilidad del curso del caudal removiendo los materiales pétreos para prevenir desbordamientos y pérdida del talud	Todo el tiempo	Promovente	Evidencia fotográfica

Elemento	Clave	Medida	Medida	Supervisión	Seguimiento
Topografía	8	Realizar aprovechamiento de materiales pétreos solo en las áreas autorizadas		Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Topografía	9	Suavizar las pendientes del sitio	Cada que sea necesario	Promovente	Evidencia fotográfica
Topografía	10	Re-nivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural	Cuando se requiera	Promovente	evidencia fotográfica
Topografía	11	Proteger los taludes más comprometidos con matacán.	32 m^3	Promovente	Evidencia fotográfica
Topografía	12	Mantener los taludes intactos en ambos lados del cauce	Todo el tiempo	Promovente	Evidencia fotográfica
Topografía	13	Mantener la profundidad de explotación de acuerdo con el perfil vertical estimado por banco.	Todo el tiempo	Promovente	Evidencia fotográfica
Topografía	14	Solo se trabajará en época de estiaje para evitar la erosión de los taludes por el efecto del agua.	Época de secas	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Suelo	15	Realizar solo el aprovechamiento superficial de los materiales pétreos del área, no llegar al manto freático	Época de secas	Promovente	Evidencia fotográfica
Suelo	16	No usar explosivos	0	Promovente	Evidencia fotográfica
Suelo	17	Se evitará realizar excavaciones superiores a los 20 cm o por debajo de la marca de aguas mínima.	Época de secas	Promovente	Evidencia fotográfica
Suelo	18	Se recolectarán en contenedores los residuos sólidos generados de las actividades y se depositarán semanalmente en el relleno sanitario de la ciudad de Santiago Papasquiaro	1 vez por semana	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Suelo	19	No se realizará la apertura de nuevos caminos	Todo el tiempo	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Suelo	20	Se prohíbe realizar el mantenimiento de vehículos y maquinaria en el sitio, en caso de realizarlo por causas fortuitas se deberá evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo	Todo el tiempo	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Suelo	21	Explotar únicamente el material que anualmente se deposita por efecto de las crecidas, es decir, mantener el equilibrio natural en cada depósito de materiales pétreos (explotación y recarga).	Todo el tiempo	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica

Elemento	Clave	Medida	Medida	Supervisión	Seguimiento
Agua	22	Usar la infraestructura de los poblados cercanos para actividades de aseo personal y alimentación	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Agua	23	No realizar extracción de agua de pozos	Durante la etapa de aprovechamiento	Promovente	Evidencia fotográfica
Agua	24	Prohibición del vertimiento de materiales producto de cortes y excavaciones en zonas donde existan escurrimientos superficiales	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Agua	25	Se prohíbe verter cualquier tipo de sustancia o residuos contaminantes y tóxicos al cauce	Durante la vida útil	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	26	El aprovechamiento de materiales pétreos debe hacerse por encima del nivel del manto freático	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Agua	27	Realizar las actividades de extracción de materiales en la época de estiaje	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	28	Se prohíbe el aprovechamiento de materiales fuera del cauce	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Agua	29	Se prohíbe obstaculizar el flujo libre del cauce con cualquier tipo de material	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Agua	30	Instalar sanitarios portátiles (solo de ser necesario) para uso por el personal y no descargar sus residuos en el cauce o suelo.	1 (de ser necesario)	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	31	Realizar la colecta del material durante la temporada seca del año para evitar realizar maniobras con la presencia de caudales y explotar hasta una profundidad máxima que no rebase los 20 cm o por encima de la del espejo de agua del cauce principal	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	32	Dejar una porción de la capa de sedimentos disponible para la compensación de partículas que deba requerir el caudal y de esta manera minimizar el efecto de "aguas hambrientas" en las partes bajas del delta y permitir su carga natural durante la temporada de lluvia.	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica

Elemento	Clave	Medida	Medida	Supervisión	Seguimiento
Agua	33	Prohibición de realizar centro de acopio en áreas no autorizadas (márgenes del cauce)	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	34	Relleno de fosas o pozos donde se realice la extracción	Cada que se concluya un aprovechamiento	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Agua	35	Se crearán barreras sobre las orillas del cauce con el material que no se aprovechara (matacán)	32 m^3	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Biota: flora	34	Mantener la flora ripiaría a los depósitos (márgenes que sirven de cortina) y prohibir el uso de fuego en la limpieza de la maleza	Durante la vida útil	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Biota: flora	35	Ahuyentar de manera temporal la fauna antes de iniciar cualquier actividad.	2 veces al año	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Biota: flora	36	Prohibición de la compra, venta, captura, colecta, comercialización, tráfico o caza de fauna silvestre.	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Biota: flora	37	Hacer del conocimiento de los trabajadores, el alcance legal (sanciones) de los ilícitos a la fauna silvestre.	1 vez por año	Promovente / asesor ambiental	Evidencia fotográfica
Biota: fauna	38	Instalar 2 letreros alusivos a la protección de fauna silvestre.	Cada año	Promovente / asesor ambiental	Bitácoras / evidencia fotográfica
Paisaje	39	Realizar las obras por etapas, para una incorporación de la obra al paisaje de manera paulatina	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Paisaje	40	Aplicar un programa de abandono del sitio	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Social	41	Realizar la contratación de obreros de la región	Durante la vida útil	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Social	42	Para prevenir accidentes se recomienda que los trabajadores utilicen equipo de protección personal y se cumplan con las Normas de Seguridad e Higiene	Durante la vida útil	Promovente	Evidencia fotográfica
Social	43	Realizar el mantenimiento de caminos	2 veces al año	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica
Social	44	Acceso a servicios médicos (solo para los obreros)	Durante la vida útil	Promovente	Bitácoras / evidencia fotográfica

VII.2.3 Seguimiento y supervisión

El supervisor ambiental será responsable del manejo ambiental y seguimiento de la aplicación de las medidas de mitigación, así como, la evaluación de forma continua de los impactos ambientales. Además, será responsable de:

- Dirigir y documentar las inspecciones del medio ambiente.
- Proporcionar apoyo técnico para las actividades del cumplimiento ambiental.
- Organizar y supervisar el rescate y reubicación de flora.
- Organizar y supervisar el monitoreo y reubicación de fauna.
- Preparar los informes requeridos (bitácora, reporte mensual, memoria fotográfica).

VII.3 Conclusiones

La descripción de las principales actividades a desarrollar y la vinculación de éstas con los ordenamientos jurídicos ambientales, así como la descripción ambiental regional y local, permitieron la identificación y descripción de los impactos ambientales más relevantes. La evaluación del impacto ambiental de las obras y actividades en las diferentes etapas, permitieron proponer las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar, proteger o compensar los posibles impactos negativos. Lo anterior permitió valorar la sustentabilidad de las actividades a desarrollar y evaluar los impactos sobre los componentes ambientales. El uso del suelo de los depósitos corresponde a cauce natural para permitir el libre flujo hidráulico del agua, sin embargo en las zonas próximas se practica la agricultura y ganadería no sustentable, por lo que puede establecerse que los elementos ambientales ya se encuentran con grado de disturbio sobre la calidad ambiental (i.e., erosión, contaminación, etc.), incluso se tienen evidencias de la extracción de los materiales pétreos sin previa autorización en diferentes sitios del cauce, sin medidas de prevención, mitigación, restauración o compensación alguna. El programa de aprovechamiento que se describe en este documento, garantiza en todo momento el respeto y cuidado del ambiente, ya que al realizar la evaluación de los impactos ambientales fue posible establecer las medidas adecuadas y pertinentes para proteger, mitigar y restaurar los efectos negativos al ambiente. Con el plan de manejo ambiental se espera no solamente prevenir y mitigar los impactos producidos por la obra, sino que también contribuir a la restauración del ecosistema regional. El beneficio social y económico del aprovechamiento de los materiales pétreos, en función de las políticas y actores de desarrollo permitirá contribuir en la generación de empleos y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales. Basado en los resultados que arrojaron los métodos utilizados para la evaluación ambiental, se considera económica y ecológicamente viable desarrollar esta actividad, ya que los impactos no son severos, acumulativos o críticos en comparación con el beneficio social esperado.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS

Los instrumentos metodológicos que sustentan la Manifestación de Impacto Ambiental se fundamentan en el soporte técnico de cada metodología aplicada y se acompañan de una descripción cualitativa del proceso seguido para su desarrollo. Las metodologías empleadas responden a la necesidad de obtener resultados confiables y técnicamente sólidos, mediante el uso de herramientas, técnicas y métodos ampliamente utilizados en estudios de naturaleza similar, los cuales han demostrado proporcionar información precisa y consistente. En este sentido, es posible afirmar que los resultados derivados del estudio ambiental cuentan con un sustento metodológico adecuado y que la integración de todos los capítulos se realizó con el propósito de garantizar una evaluación objetiva, integral y debidamente fundamentada.

Cuadro VIII-1. Instrumentos metodológicos utilizados.

Metodología	Fundamento	Descripción
Estimación del volumen de gravas y arenas	La metodología para la cubicación se realizó con la representación gráfica del terreno a partir de un estudio topográfico realizado con un vuelo de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT, DJI MAVIC 3M) conectado a una estación RTK (Real-Time Kinematics) para conseguir una precisión centimétrica en tiempo real y soportar múltiples constelaciones GNSS (Global Navigation Satellite System). Las métricas y productos geoespaciales de las imágenes fueron procesados en el software **Agisoft Metashape Professional**	El computo de volumen se realizó por medio de dos métodos; *i) comparación de superficies y, ii) cortes transversales por secciones a cada 5.00 m* siendo más precisa la comparación de superficies debido a que al realizar cortes transversales tiene una discrepancia dependiente de la discretización de la superficie total. la generación de planos respectivos del polígono delimitado en el modelo 3D y ortomosaico a partir de las curvas de nivel generadas a cada 20 cm, así como un reporte de volúmenes por medio de software para dibujo asistido por computadora (AutoCAD Civil 3D, 2026)
Arrastre de sedimento con HEC-RAS	La recarga de sedimentos que se da con el flujo natural de un cauce (lecho) se realizó con el software **HEC-RAS** (Versión 6.4.1). Este software, fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). El HEC-RAS fue diseñado para su uso en estudios de escurrimientos en cauces artificiales y naturales configurados en ramas, en régimen subcrítico, crítico o mixto. Los procedimientos básicos del cálculo de depósito de sedimentos se fundamentan en la solución de la ecuación unidimensional de energía. Las pérdidas por fricción son evaluadas a través de la ecuación de Manning; las originadas por contracción y expansión de la sección transversal, a través de coeficientes apropiados.	*La modelación hidráulica e hidrosedimentológica se realizó mediante la **metodología de modelación unidimensional de flujo y transporte de sedimentos**, utilizando el software HEC-RAS, a partir de información espacial generada en sistemas de información geográfica. Como insumo principal se empleó un **Modelo Digital del Terreno (MDT)** del cauce, complementado con archivos vectoriales de secciones transversales, con el fin de representar la geometría del cauce y simular el comportamiento del flujo y del arrastre de sedimentos durante eventos de avenida. La configuración del modelo consideró parámetros hidráulicos y características granulométricas obtenidas en campo, permitiendo evaluar la dinámica del flujo, la estabilidad del cauce y las condiciones de inundación en el área de interés bajo escenarios de creciente.* ***(USACE, 2021. HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, California.)***
Cálculo de flujos (m^3)	Para estimar los flujos mínimos, promedios y máximos de las corrientes de los cauces, se utilizó la fórmula del **método racional**, el cual asume que el máximo porcentaje del escurrimiento en una cuenca pequeña ocurre cuando toda esta contribuye a dicho escurrimiento, y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a otro de la intensidad promedio de lluvia.	*El cálculo del gasto pico se realizó mediante la **metodología racional**, utilizando información hidrológica oficial y herramientas de análisis de cuencas. Para la obtención de los parámetros geométricos e hidrológicos se empleó el **simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas del INEGI**, a partir del cual se estimaron variables como área de la cuenca, longitud del cauce y tiempo de concentración. El coeficiente de escurrimiento se determinó con base en la cartografía de unidades de escurrimiento del INEGI, mientras que la intensidad de lluvia se estimó a partir de registros estadísticos, permitiendo caracterizar el comportamiento hidrológico del área de estudio de manera consistente y técnicamente fundamentada.* ***(INEGI, 2018. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.)***
Precipitaciones máximas probables	El análisis se realizó para cada cauce tomando en cuenta la subcuenca de aporte de cada uno de ellos. Este análisis de las características hidrológicas de la subcuenca permite determinar las variables y parámetros que serán utilizados para pronosticar la ocurrencia de la precipitación máxima probable (PMP), planificar el uso sustentable del agua y asegurar que el flujo del cauce no compromete el arrastre de materiales que servirán como recarga de los bancos. La información sobre la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en la cuenca juega un papel muy importante en el proceso de generación de escorrentía superficial, el conocimiento de su origen, sus formas, patrones y posibles efectos a futuro son fundamentales en diversas aplicaciones de la hidrología y el manejo de los recursos hídricos.	*La determinación del área de aportación de la lluvia superficial se realizó mediante la **metodología de delimitación hidrológica de cuencas y subcuencas**, utilizando modelos digitales de elevación y herramientas de análisis en sistemas de información geográfica. A partir de la red de drenaje y la dirección de flujo, se definieron las subcuencas con influencia directa en la zona de estudio. El análisis hidrológico se complementó con la **metodología de análisis de frecuencia de precipitación**, empleando registros históricos de estaciones climatológicas representativas y funciones de distribución de probabilidad, con el fin de estimar lluvias máximas asociadas a diferentes períodos de retorno, ajustadas conforme a criterios técnicos establecidos en la literatura especializada.* ***(Linsley, R.K., Kohler, M.A. y Paulhus, J.L.H., 1977. Hydrology for Engineers. McGraw-Hill, New York; Campos-Aranda, D.F., 1998. Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México; Chow, V.T., Maidment, D.R. y Mays, L.W., 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill, New York.)***
Descripción del sistema ambiental	*La metodología utilizada para delimitar el área de influencia regional fue la siguiente; i) se generó un modelo digital de elevación para identificar los escurrimientos superficiales y las cotas de elevación o relieve, ii) con el uso de herramientas y análisis geoespacial en el entorno de QGIS (QGIS Development Team, 2026) se pudo delimitar el vaso de escurrimiento, la red de drenaje, cuerpos de agua, tipos y uso de vegetación y suelo, actividades socioeconómicas que inciden directa e indirectamente sobre el comportamiento hidráulico del cauce principal, iii) finalmente, la delimitación del vaso de escurrimiento se comprobó con aquella que se genera en el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) del INEGI*	*Delimitación a **nivel regional*** *La delimitación se basó en la cuenca hidrográfica a la cual tiene influencia ambiental los depósitos de materiales pétreos, dado que el arrastre y acumulación de sedimentos está directamente relacionado con el gasto o avenidas de diseño en cualquier punto de descarga. Otro aspecto que se consideró en la delimitación del SA fueron los elementos tales como; el clima (régimen de precipitación), geología, suelo, fisiografía, hidrología superficial y subterránea, así como aspectos socioeconómicos de la zona, pero sin llegar a establecer límites, simplemente la predominancia de los ecosistemas vegetales en la región.* *Delimitación a **nivel sitio***

	para comprobar parámetros como el tiempo de concentración, tiempo de retardo y la distribución de la lluvia en el tiempo (hietogramas)	*Aquí se incluye sólo la superficie que tendrá mayor presencia con las obras y actividades propias de la explotación de los depósitos de materiales pétreos. Además, se realizó una completa caracterización del sitio en términos de suelos, geología local e hidrología en función de sus rasgos topográficos.*
Caracterización y análisis del sistema ambiental	**Clima:** Basados en los tipos climáticos a nivel regional de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García, (2004) y presentados en la carta de climatología serie VII escala 1: 1,000,000 de INEGI (2010). **Normales climatológicas:** La normal climatológica o valor normal (promedio), se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un periodo de datos considerables (mínimo 20 años) (Díaz, 2016). A razón de tener datos representativos Ruiz et al. (2006) proponen utilizar los parámetros estadísticos meteorológicos siguientes: • La temperatura máxima mensual, es el valor normal o promedio histórico de la temperatura máxima por mes. • La temperatura mínima mensual, es el valor normal o promedio histórico de temperatura mínima por mes. • La temperatura promedio mensual, constituye el valor normal o promedio histórico de temperatura media. • La precipitación mensual, es el valor normal de la precipitación acumulada promedio en un mes. **Geomorfología:** La geología tiene principalmente una relevancia indirecta dentro de la caracterización y manejo de la cuenca, primero a través de sus efectos como material parental del suelo y, segundo a través de su influencia sobre la hidrología subterránea. De acuerdo con las cartas temáticas escala 1: 250 000 la geología regional y local fue estimada para el SA y sitio. **Geomorfología estructural:** De acuerdo con la carta conjunto de datos vectoriales geológicos "fallas y fracturas", escala 1: 1 000 000 editada por INEGI (2002). **Fisiografía:** Este elemento es de gran importancia ya que representa la visión general de las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, para formar unidades relativamente homogéneas, representado las diferentes provincias y subprovincias en las que se ha dividido al país, de acuerdo con su geología y topografía (Carta fisiográfica, INEGI 2001). Modelo digital de elevación: Hoy en día con los sistemas de información geográfica el modelo digital de elevación tiene un abanico de representaciones que permiten al usuario desarrollar mejores análisis de estos datos del relieve ya que permiten visualizar los mismos mediante tintas hipsométricas, realizar perfiles longitudinales, obtener vistas en 3D, modelamiento dinámico en 3D, gamas tradicionales de color, intervalos de color de acuerdo a la variación y rangos de la elevación, sobreposición de datos o información en formato vectorial o ráster de diferentes ámbitos, temas y aplicaciones (INEGI, 2000). **Suelos:** Las características de los suelos se hizo utilizando la clasificación del sistema internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Working Group WRB, 2006). Dicha información geográfica digital fue analizada de acuerdo con el Diccionario de Datos Edafológico Escala 1:250 000 Serie II (INEGI, 2002). Hidrología: De acuerdo con la clasificación hidrológica del Sistema Nacional del Información del Agua (CONAGUA, 2017).	*La caracterización ambiental del medio abiótico se realizó mediante el software libre QGIS (QGIS Development Team, 2026), integrando una serie de herramientas de **GRASS GIS** [Development Team. (2025), Open Source Geospatial Foundation. https://grass.osgeo.org], las cuales fueron utilizadas para desarrollar, administrar y mantener clases de entidades, conjunto de datos, capas y estructuras de datos shapefile y ráster, que fueron obtenidos del servidor de datos geográficos del INEGI.*
Caracterización del medio biótico	**Vegetación:** Considerando la clasificación utilizada en la carta de suelo y vegetación escala 1: 1 000, 000 y si guía para la interpretación de cartografía (INEGI, 2017). **Flora y Fauna**: Considerando las especies reportadas e identificadas en el SA y zona hidráulica del sitio.	*La caracterización de la flora y fauna en el área hidráulica se realizó mediante metodologías de muestreo biológico reconocidas, orientadas a identificar la presencia y composición de la biota asociada a los bancos de materiales. La identificación de especies se apoyó en guías de campo y literatura especializada para los distintos grupos faunísticos, mientras que el levantamiento de información se basó en recorridos sistemáticos y registros directos en sitios representativos. Para la fauna terrestre y acuática se empleó el método de transectos de observación, el cual permite documentar la presencia o ausencia de especies en el área de estudio. En el caso de los peces, debido al carácter intermitente de los cauces, la información se complementó mediante entrevistas locales y la verificación en plataformas de registro de biodiversidad. Estas técnicas permitieron obtener un diagnóstico confiable del estado actual de la biota presente.* *(Stebbins, R. C., 1985. A Field Guide to Western Reptiles and Amphibians. Houghton Mifflin, Boston; Conant, R. y Collins, J.T., 1997. A Field Guide to Reptiles & Amphibians: Eastern and Central North America. Houghton Mifflin, Boston; Sibley, D. A., 2001. The Sibley Guide to Birds. Knopf, New York.)*
Paisaje	Según Álvarez et al. (1999), el estudio del paisaje se puede enfocar desde dos aproximaciones: el paisaje total y el paisaje visual. Debido a que, con los rasgos abióticos descritos anteriormente (clima geología, fisiográfica, relieve, suelos, hidrología) y a los rasgos bióticos (fauna y vegetación); se puede llegar a establecer una aproximación total del paisaje; sin embargo, esta aproximación es incompleta si no se valora en función de la apreciación visual.	*El análisis del paisaje regional y local se realizó bajo un enfoque geoecológico, considerando la interacción entre los componentes físicos, bióticos y antrópicos del sistema ambiental. La zona de estudio se dividió en unidades paisajísticas con base en criterios fisiográficos, cobertura vegetal y uso de suelo. Para cada unidad se evaluaron variables como calidad visual, fragilidad visual y visibilidad, las cuales se integraron en un indicador de calidad visual que permitió valorar de manera objetiva la sensibilidad del paisaje frente a las actividades humanas. El análisis se apoyó en información cartográfica y datos abiertos de INEGI, lo que permitió realizar una valoración cuantitativa y emitir un juicio integral sobre el estado del paisaje a nivel regional y local.*

Población	Según la información del INEGI correspondiente al censo de población y vivienda del año 2020 [disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos_abiertos]	*El análisis del paisaje regional y local se realizó bajo un enfoque geoecológico, considerando la interacción entre los componentes físicos, bióticos y antrópicos del sistema ambiental. La zona de estudio se dividió en unidades paisajísticas con base en criterios fisiográficos, cobertura vegetal y uso de suelo. Para cada unidad se evaluaron variables como calidad visual, fragilidad visual y visibilidad, las cuales se integraron en un indicador de calidad visual que permitió valorar de manera objetiva la sensibilidad del paisaje frente a las actividades humanas. El análisis se apoyó en información cartográfica y datos abiertos de INEGI, lo que permitió realizar una valoración cuantitativa y emitir un juicio integral sobre el estado del paisaje a nivel regional y local.*
Valoración del estado actual	Para medir la alteración y/o conservación ambiental implica establecer una escala de valoración, para indicar el grado de susceptibilidad del medio en relación con el agente generador de perturbaciones. Las clases en cuestión y las valoraciones asignadas, de acuerdo con una escala que indica más bien cualidad que cantidad, están enfocadas particularmente en las variables consideradas más relevantes en el desarrollo de las etapas de la obra.	*La valoración ambiental se realizó mediante un enfoque cuantitativo, ordinal y semicuantitativo, que permite asignar valores numéricos y jerárquicos a las unidades analizadas, facilitando su procesamiento estadístico y la comparación entre componentes. Para la evaluación del escenario ambiental y la identificación de áreas críticas se aplicaron criterios normativos, de diversidad, rareza, naturalidad, grado de aislamiento y calidad. Cada criterio fue calificado en función de su presencia o ausencia, y la suma de estos valores permitió obtener un índice global de valoración. Con base en dicho índice, las unidades se clasificaron en grados de conservación bajo, medio o alto, lo que permitió establecer de manera objetiva el estado ambiental del área de estudio.*
Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional	Se utilizó el método del instituto Batelle – Columbus (1972), el cual fue desarrollado para obras hidráulicas en USA y posteriormente modificado para actividades que requieren una evaluación de impacto ambiental más robusta. El método consiste en un formato en forma de árbol o matriz que contiene cuatro niveles; i) categorías, ii) componentes, iii) parámetros y, iv) mediciones ambientales (variables).	*La evaluación del impacto ambiental se desarrolló mediante un enfoque integral orientado a identificar, predecir y valorar las alteraciones que las actividades pueden generar sobre los componentes físicos, bióticos, socioeconómicos y paisajísticos del sistema ambiental. La identificación de impactos se realizó con base en el análisis del inventario ambiental y el estado de conservación del área, aplicando criterios previamente definidos. Posteriormente, los impactos se identificaron mediante listas de verificación y se establecieron indicadores para su seguimiento. Finalmente, se efectuó la caracterización y valoración de los impactos con base en criterios y categorías previamente establecidos, lo que permitió obtener una evaluación objetiva y sistemática del escenario ambiental.*
Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	Obtenidos los parámetros, se procede a trasformar los valores en unidades conmensurables (medibles para poder hacer comparaciones), las medidas de cada parámetro se trasladan a una escala de puntuación que va de 0 a 1, misma que representa la calidad ambiental o índice de calidad ambiental (CA) en unidades medibles, los paso para hacer la trasformación de datos en Unidades de Impacto Ambiental (UIA).	*La evaluación del impacto ambiental se realizó mediante la transformación de los valores obtenidos en el inventario ambiental en índices de calidad ambiental, normalizados en una escala de 0 a 1, donde el valor 1 representa la condición óptima y 0 la condición más desfavorable. Posteriormente, los parámetros ambientales fueron ponderados mediante Unidades de Importancia Ambiental, distribuidas de acuerdo con su relevancia dentro de los componentes biótico, físico y socioeconómico. A partir de la combinación del índice de calidad y su ponderación, se obtuvo el impacto neto de cada parámetro mediante una función multiplicativa. Los indicadores empleados fueron seleccionados con base en antecedentes técnicos, criterios expertos y disponibilidad de información, integrando la información ambiental en un sistema de información geográfica para su análisis y valoración integral.*
Lista de verificación de indicadores de impacto	En la definición de la lista de indicadores de los impactos, se ha considerado el proceso analítico siguiente:	*La identificación y valoración de impactos ambientales se realizó mediante un procedimiento sistemático que incluyó la definición de las categorías ambientales del área de influencia y su desagregación en componentes y parámetros representativos. Para cada parámetro se establecieron umbrales de referencia en función de los procesos que intervienen en la modificación de los componentes ambientales. La identificación de impactos se llevó a cabo inicialmente mediante un análisis a juicio abierto y posteriormente a través de una evaluación detallada que consideró la aplicación de medidas preventivas y de mitigación, así como la probabilidad de ocurrencia. Finalmente, se definieron criterios de seguimiento y vigilancia con el fin de verificar la presencia o ausencia de impactos y asegurar el cumplimiento ambiental en las distintas etapas de desarrollo.*
Normalización de los datos	La normalización de los datos ambientales es un paso crucial en su preprocesamiento, particularmente cuando los indicadores estadísticos de impacto ambiental involucran diferentes unidades de medida. Este proceso hace que los indicadores ambientales estén libres de unidades, lo que permite comparaciones significativas y agregaciones estadísticas, lo que en última instancia mejora la precisión y validez de los resultados analíticos posteriores. En este estudio, se utilizó la técnica de normalización min-max para los indicadores de calidad ambiental, elegida por su simplicidad para transformar sus unidades a una escala de 0 a 1. Este método fue seleccionado para garantizar la interpretabilidad al analizar la conexión entre los indicadores ambientales y su efecto con la calidad ambiental (directa e inverso), donde se prefiere un rango fijo. El método proporciona ecuaciones para relaciones funcionales positivas y negativas, que denotan el valor normalizado de la variable Xr como In, donde Xmin y Xmax representan los valores mínimo y máximo del conjunto de datos, respectivamente (Grigorescu et al., 2021).	*La evaluación de la calidad ambiental se realizó mediante la selección de indicadores ambientales representativos del sistema físico, biótico y climático, los cuales fueron normalizados en una escala adimensional de 0 a 1 para permitir su comparación, considerando relaciones funcionales directas e inversas según el comportamiento de cada indicador. La información se integró y procesó en un sistema de información geográfica, utilizando datos cartográficos y de sensores remotos con una resolución espacial homogénea. Posteriormente, se asignaron ponderaciones a cada indicador en función de su variabilidad estadística, con el fin de otorgar mayor peso a aquellos con valores más consistentes. A partir de la suma ponderada de los indicadores normalizados se obtuvo un índice compuesto de calidad ambiental, el cual fue clasificado en categorías cualitativas que permiten representar espacialmente el estado ambiental y facilitar la evaluación objetiva de los impactos y la toma de decisiones en distintas etapas y escenarios.*
Predicción del impacto (simulación)	Se empleó el algoritmo Random Forest (RF) para predecir la calidad ambiental en un tiempo futuro (después de ejecutar las obras y actividades en las diferentes etapas). Random Forest es una técnica de aprendizaje automático (machine-learning) reconocida por su capacidad para manejar relaciones complejas y grandes conjuntos de datos (Breiman, 2001, Pedregosa et al., 2011).	*Para formular la base de datos de entrenamiento (70% de la base de datos) y validación (30% de la base de datos), se generó un muestreo sistemático aleatorio dentro del sistema ambiental, donde se extrajeron 500 valores de cada pixel de la calidad ambiental e indicadores. Los datos se distribuyeron de manera aleatoria sistemática en usando la herramienta de investigación Create grid de Qgis equidistantes a 1000 m. El entrenamiento y validación del algoritmo RF fue usando el paquete randomForest en R (R Core Team, 2024). Random Forest en R Programming es un conjunto de árboles de decisión. Crea y combina múltiples árboles de decisión para obtener predicciones más precisas. Es un algoritmo de clasificación no lineal. Cada modelo de árbol de*

		decisión se utiliza cuando se emplea por sí solo. Se realiza una estimación de error de casos que no se utiliza al construir el árbol. Esto se denomina estimación del error de falta de bolsa y se menciona como porcentaje. El código usado para estimar el ICA_c es el siguiente. *Los resultados son los siguientes.*
Criterios y metodología de evaluación	El valor de las Unidades de Importancia Ambiental (UIA) se estima considerando la diferencia de dos escenarios; UIA 0 en el estado actual (sin obras), es decir, no considera las obras y actividades en la etapa que se evalúa y, UIA2 considera el pronóstico del parámetro ambiental una vez que se realizaron las obras y actividades para la etapa que se evalúa, es decir, cuál será el escenario esperado después de realizar las obras y actividades en la etapa que se evalúa (cambio en los indicadores ambientales).	*La expresión resultante es la siguiente:* *CAN = UIA2 – UIA0* *El valor de la Calidad Ambiental Neta (CAN) puede resultar ser negativo (adverso) o positivo (beneficioso) y, considerando que las UIA evaluadas para cada parámetro son conmensurables, se suman y se evalúa el impacto global con distintas alternativas para obtener la óptima (minimizar impactos negativos o maximizar impactos positivos) considerando las obras y actividades a desarrollar en cada etapa. El impacto total será la suma de cada uno de los impactos netos (IN) expresados en sus correspondientes UIA, cuanto más cercano sea su valor a 1,000 (valor óptimo), más positivo es el impacto y cuanto más bajo, más desfavorable. La metodología dispone de un sistema de alertas por considerar la magnitud del impacto ante la presencia de algunas situaciones críticas. Aunque el impacto global sea admisible, puede haber ciertos parámetros que pueden tener afectaciones considerables que no están dentro de los límites admisibles. Ante tal situación se establece un sistema de semáforo que considera las categorías siguientes; i) azul (compatible) > -0.2, ii) verde (moderado) >= -0.4, iii) amarillo (notable) >= -0.6, iv) naranja (crítico) >= -0.8 y, v) rojo (inaceptable) < -0.8. Finalmente, la valoración cuantitativa consiste en determinar la calidad ambiental del factor afectado por el impacto mediante la función de transformación adecuada, para la obtención de unidades de impacto neto (conmensurables), su contribución a la situación del medio vendrá disminuida en el mismo porcentaje que su calidad (UIA). Se aplica la valoración a la situación CON obras y actividades (CA2) y SIN obras y actividades (CA0), de cuya diferencia se tendrá el impacto neto (CAN) y la sumatoria de este último representa la valoración global o de comparación de alternativas.*
Valoración y caracterización de los impactos	La valoración sirve para medir la trascendencia de la acción sobre el factor alterado y para el proceso de cribado de impactos, se realiza de forma subjetiva, aunque los resultados obtenidos sean numéricos, mediante la evaluación de una serie de atributos que permiten calcular la importancia del impacto y asignarle un juicio, esta metodología corresponde a Conesa (2009), se eligió este método por ser bastante completo y muy utilizado en obras y actividades que requieren cambio de uso de suelo	*La evaluación de los impactos ambientales se realizó mediante una metodología integrada de carácter cualitativo y cuantitativo, basada principalmente en la matriz de Batelle-Columbus, complementada con herramientas de análisis espacial y matrices causa-efecto. Este enfoque permitió identificar, valorar y comparar los impactos ambientales derivados de las actividades, mediante el uso de indicadores homogéneos y ponderados, reduciendo la subjetividad y facilitando evaluaciones globales cuantificables.*
Justificación de la metodología utilizada en la evaluación de los impactos ambientales	La guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental para obras y actividades que requieren evaluación de impacto ambiental publicada por la SEMARNAT, recomienda el uso de la matriz de Batelle – Columbus (1972) como un método cuantitativo (algunos autores lo definen como semicuantitativo) que considera todos los factores ambientales posibles a ser modificados o alterados por una acción.	*La metodología incluyó el uso de listas de verificación para asegurar la identificación exhaustiva de variables ambientales relevantes; la sobreposición de mapas en un sistema de información geográfica para analizar espacialmente la calidad ambiental y simular escenarios mediante indicadores ambientales; y la aplicación de matrices causa-efecto para estimar el impacto neto por componente y etapa. Adicionalmente, los impactos identificados fueron clasificados y jerarquizados mediante una matriz de importancia, lo que permitió definir su magnitud, alcance y relevancia, así como orientar la formulación de medidas de prevención y mitigación. En conjunto, el método empleado permitió una valoración objetiva y comparativa de los efectos ambientales, apoyando la toma de decisiones en diferentes escenarios y etapas de desarrollo.*

VIII.1 Planos y documentos anexos

Los anexos al presente estudio son:

ANEXO	DESCRIPCIÓN
1	**Documentación legal**
1.1	RFC de la Promovente
1.2	Identificación Oficial del Representante Legal
2	**Planos de localización y acceso**
2.1	Croquis de localización y acceso al sitio
2.2	Localización física de los depósitos de materiales pétreos
3	**Planos de las características físicas**
	Delimitación del área de influencia
	Hidrología
	Acuífero
	Calidad del agua
	Provincias fisiográficas
	Elevaciones
	Pendientes

	Exposiciones
	Geología
	Edafología
	Climas
4	**Planos de las características bióticas**
	Uso de suelo y vegetación
5	**Planos de las regiones prioritarias**
	Ubicación del sitio respecto a las ANP y AICAS
	Ubicación del sitio respecto a las RHP
	Ubicación del sitio respecto a las RTP
	Ubicación del sitio respecto al Ordenamiento Ecológico Estatal
	Ubicación del sitio respecto al Ordenamiento Ecológico General del Territorio
6	**Anexo fotográfico**
7	**Documentos en formato XLS**
8	*Informe topográfico y granulométrico de los bancos de materiales pétreos*
9	*Informe del estudio hidrológico e hidráulico del arrastre de sedimentos*

VIII.2 Fotografías

En el **Anexo 6** se presenta la reseña fotográfica y el hotomosáico obtenido con un vuelo VANT con un nivel de resolución de 1.5 cm/pixel.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M. y Espluga, A. P. (1999): "Introducción al paisaje". En Otero, I. (Ed): Paisaje, Teledetección y SIG. Conceptos y aplicaciones. Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, pp. 1 - 33.

André, P., C. E. Delisle y J. P. Revéret (2004), Environmental Assessment for Sustainable Development: Processes, Actors and Practice, Montreal, Presses Internationals Polytechniques, pp. 52, 54, 157.

AOU (American Ornithologist's Union). 1998. Check-list of North American Birds. 7a edicion. American Ornithologist's Union. Washington, D. C

Arroyo CJ, Carreño AL, Lozano GM, Montellano BM. 2008. La diversidad en el pasado. In: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 227-262.

Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories. (1972). Environmental Impact Assessment. Battelle Memorial Institute.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324.

Barnett, A., & Dutton, J. (1995). Expedition field techniques. Small mammals (excluding bats). Expedition Advisory Centre. Royal Geographical Society. London.

Bautista, L. M., García, J. T., Calmaestra, R. G., Palacín, C., Martín, C. A., Morales, M. B., ... & Alonso, J. C. (2011). Fauna y conservación: análisis de especies en peligro. Editorial de Ciencias Ambientales.

Burt, W.H. & R.P. Grossenheider. 1976. A field guide to the mammals. North American north of Mexico. The Peterson Field Guide Series (5). 289 p.

Carabelli F.A. 2002. Una contribución a la planificación del uso múltiple de tierras boscosas en Tierra del Fuego (Publicación Técnica Nº. 31). Esquel, Chubut: CIEFAP-GTZ.

Caire, W. & Findley, J. S.(1977). El estado de los mamíferos en la región norte del desierto de Chihuahua.

Cisneros E. 1999. Aves acuáticas migratorias, sus hábitats y manejo de humedales. En: Diplomado en manejo de vida silvestre. Conservación y manejo de vertebrados del norte árido y semiárido de México, México pp. 247 (memorias).

Comisión Nacional del Agua. 2005. Consulta del Software Eric del Servicio Meteorológico Nacional.

Comisión Nacional del Agua. 2015. Atlas del Agua en México. Edición 2015. México. 135 p.

Comisión Nacional del Agua. 2015. Estadísticas del Agua en México. Edición 2015. México. 295 p.

Conant, R. & J. T. Collins. 1998. A field guide to reptiles and amphibians of Eastern and Central North America. 3ra, Edition, Houghton Mifflin Co. Boston, E.U.A. 616 p

Coneza V. (2009) Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 4 Ed, Mundi – Prensa, Madrid, 420-787.

Espinoza G. (2001) Fundamentos de evaluación de impacto ambiental, Centro de estudios para el desarrollo CED, Santiago, 93-113

Duley, F.L. 1987. Surface factors affecting the rafe of intake af water by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 12: 179-84.

Ellison, W.D. 1947. Soil Erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 12: 479-84.

García, M.E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª Ed. México D.F. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

González-Elizondo, S.; González-Elizondo, M.; Tena-Flores, J.A.; Ruacho-González, L.; & López-Enríquez, I.E. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una Síntesis. Acta Botánica Mexicana. 100: 351-403.

González-Elizondo, S., González-Elizondo, M. y Cortés-Ortiz, A. (1979). Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michilía", Durango, México. Acta botánica mexicana , 22 , 1-104.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2000. Diccionario de datos climáticos escalas 1:250 000 y 1: 1,000,000 (vectoriales). México. 57 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2001. Diccionario de datos edafológicos (Alfanumérico). México.33 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2001. Diccionario de datos geológicos escalas 1: 250,000 (Alfanumérico). México. 48 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación 1: 250,000 Serie V. México. 195 p.

Kaufman, K. (2005) Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Editions LC, Singapur, 391 p.

Leopold AS. 1983. Fauna silvestre de México. 2da. ed. Pax-México. A.C., México, pp. 608.

Martin, J.W., 1984. Forest Management Practices That Will Influence Product Characteristics of the Changing Wood Resource in the South United States. NCSU, Raleigh, pp. 115–123.

Martínez, M.M. 2005. Estimación de la erosión del suelo. SAGARPA, INCA Rural y Colegió de Postgraduados, Montecillo Estado de México.

Meyer, L.D. 1976. Soil erosion concepts and misconceptions. In: Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference. Denver, Colorado, 1976. Proceedings. Sedimentation Committee Water Resources Council, Denver, 12 p.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825-2830.

Pérez AA, Gaston KJ, Kershaw M. 2002. Population trends and priority conservation sites form Mexican ducks Anas diazi. Biol. Conserv. Internatl., 12: 35-52.

Peres, C. A. (1999). General guidelines for standardizing line-transect surveys of tropical forest primates. Neotropical Primates, 7, 11-16.

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.

Ralph, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martin, T. E.; DeSante, D. F; & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. (Rep. PSW-GTR-159). California, USA. Department of Agriculture & Pacific Southwest Research Station, Forest Service.

Ralph, C. J. (1997). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres (Vol. 159). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

Robbine, J. (2021). Indicadores ambientales clave para la evaluación de la sostenibilidad. Editorial Ambiental.

Rojas R. T. 2004. Las cuencas lacustres del Altiplano Central. Lagos del Valle de México. Arqueología, Vol. XI No 68:1-9

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México. 423 p.

Sibley. A.S. (2001). The Sibley Guide to Birds. National Audubon Societ.

Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. (1995). A natural history of amphibians. New Jersey: Princeton University Press

Tory, P.R. y Chalif, E.L. 2008. Aves de México – Guía de Campo – Identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador. Primera edición 1989. México. 473 p.

Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV. 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice. New York: Springer-Verlag. 401 pp.

Vásquez, A y Valdéz E.1994. Impacto ambiental. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto mexicano de Tecnología del Agua. 177-183. México, D.F.

Wallace, R. (1999). Transectas Lineales: Recomendaciones sobre Diseño, Práctica y Análisis. En: Técnicas de Investigación

para el Manejo de fauna Silvestre (pp. 1-12). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Wathern, P. (1988), "An Introductory Guide to EIA", en Clark et al. (eds.), Perspectives on Environmental Impact Assessment, Dordrecht, Reidel

Williams S. 1980. The Mexican duck in Mexico: natural history, distribution, and population status. Thesis (PhD), Colorado State University.

Consulta en línea.

Diario Oficial de la Federación. 18/12/2015. Resolución del H. Consejo de representantes de la Comisión Nacional de los salarios Mínimos que fija los salarios mínimos generales y profesionales vigentes a partir del 1o. De enero de 2016. [http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420678&fecha=18/12/2015, 03/08/16, 9:15 h].

Comisión Nacional del Agua. Red de estaciones climatológicas. [http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo10.html, 20/08/16, 10.20 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Naturalista, Especies. [http://naturalista.conabio.gob.mx/, 10/0816, 13:00 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. AICAS. [http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html, 05/08/16, 13:30 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cuenca alta del Río San Lorenzo - Minas de Piaxtla; RHP. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_021.html, 05/08/16, 13.00 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Reptiles; tortugas, serpientes, lagartijas y cocodrilos. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/pdf/GranFamilia/Animales/reptiles.pdf, 19/08/16, 9:00 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. RHP. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html, 15:00 h]

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. RTP. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html, 13:30 h].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. RTP - 23 San Juan de Camarones. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_023.pdf, 05/08/16, 13.25 h].

Consejo Nacional de Población. Datos abiertos del índice de marginación. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion, 02/08/16, 12:00 h].

Consejo Nacional de Población. Índice de marginación por localidad 2010. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010, 02/08/16, 12:26 h]

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Número de habitantes, estado de Durango. [http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/dur/poblacion/default.aspx?tema=me&e=10, 25/08/16, 9:00 h].

Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática. 1995. Cartas temáticas de uso de suelo, vegetación, edafología, geología e hidrología superficial y subterránea escala 1: 250,000. [http://www.inegi.org.mx, 17/08/16, 10:30 h].

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estimación de la erosión del suelo. [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/6/04estim-eros-sue.pdf, 06/08/16, 9:32 h].

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Salarios mínimos 2016. [http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/Paginas/salarios_minimos.aspx, 25/08/16, 14:00 h].

Secretaría del medio ambiente y Recursos Naturales. Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal. [http://seigsrnyma.durango.gob.mx/docs/Fase_Diagnostico.pdf, 01/08/16, 10:10 h].

Secretaría del medio Ambiente y Recursos Naturales. Calendario de Épocas Hábiles 2016-2017, por entidad federativa, estado de Durango. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/115666/TEMPORADAS_HABILES_2016-2017-CINEGETICO.pdf, 18/08/16, 10:10 h].

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Calendario de Épocas Hábiles y Lista de especies de Aves Canoras y de Ornato para captura con fines de subsistencia temporada 2016-2017. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/115665/TEMPORADAS_HABILES_2016-2017-ACO.pdf, 18/08/16, 10:00 h]

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Normas Oficiales Mexicanas. [http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/normas-oficiales-mexicanas, 01/08/16, 9:00 h].

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ordenamiento Ecológico de Durango – 6 Hidrología [http://telesecundaria.gob.mx/mesa_tecnica/files/Hidrologia.pdf, 02/08/16, 12:00 h].

Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management. 257(2009)247-434.

Aparicio, J. (2008). Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa.

Altamirano Álvarez, C. (06 de 06 de 2012). Temas Selectos de Minería. Apuntes. México, México.

Alvarado, P. 2014. Identificación de la problemática y propuesta de soluciones en la explotación de la mina El Potrero ubicada en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México. Tesina Profesional que para obtener el título de: Ingeniero de Minas y Metalurgista. Universidad Nacional Autónoma de México.

Arriaga, L., E. Vázquez, J. González, R. Jiménez, E. Muñoz *et al*. (coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., *et al*. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 433-457.

ATLAS NACIONAL DEL MEDIO FÍSICO, Escala 1:1,000 000, INEGI, enero de 1981.

Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories. (1972). Environmental Impact Assessment. Battelle Memorial Institute.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324.

Buckman, H. O. y Brady N.C. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón, S.A. Barcelona.

Buenaver; O.M.T y Rodríguez; A.E.A. 2016. Determinación de la estabilidad de agregados del suelo en diferentes Agroecosistemas del Departamento Norte de Santander. Artículo de investigación Científica Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. PP 42-50.

Buckman, H. O. y Brady N.C. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón, S.A. Barcelona.

Buenaver; O.M.T y Rodríguez; A.E.A. 2016. Determinación de la estabilidad de agregados del suelo en diferentes Agroecosistemas del Departamento Norte de Santander. Artículo de investigación Científica Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. PP 42-50.

Calderón, L. 1999. Apuntes del curso de Impacto ambiental. El Colegio de la Frontera Norte-Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tijuana, México. 27-34.

Campos-Aranda, D.F. (1998). Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Editora Universitaria Potosina. ISBN-968-6194-44-4.

Ciancaglini-Prosap. N. 2001. Instructivo R-001-Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. Tec. Hidr., Inestigador INTA EEA, San Juan. Textura de suelo- triangulo de texturas.

Collar, N. J., M. J. Crosby, y A. J. Stattersfield. 1994. Birds to Watch 2: The World List of Threatened Birds. BirdLife Conservation Series No. 4, BirdLife International, Cambridge, Gran Bretaña.

Comisión Nacional del Agua. 2024. Calidad del agua en México https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua.

Comisión Nacional del Agua. 2024. Actualización del a disponibilidad media anual del agua en el acuífero Valle del Guadiana (1003), estado de Durango.

Comisión Nacional del Agua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Proyecto de Bases de Datos Climatológicos. 1991-2020. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacionclimatologica/normales-climatologicas-por-estado.

Comisión Nacional del Agua. (1987). Instructivo de hidrología para determinar la avenida máxima ordinaria asociada a la delimitación de la zona Federal. D.F, México.

Comisión Nacional del Agua. (2015). *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* (Apéndice Normativo A: Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural). Diario Oficial de la Federación, 27 marzo 2015.

Conabio. 1997. Provincias biogeográficas de México. Escala 1: 4 000 000. México.

Conabio. 2008. Distribución de manglares en México. Escala 1: 50 000. Extraído del proyecto DQ056: J. Acosta-Velázquez y M.T. Rodríguez-Zúñiga. 2007. Programa de monitoreo de los manglares de México a largo plazo: primera etapa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Conabio, Conanp, tnc y Pronatura. 2007a. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy-Programa México-Pronatura, A.C, México.

Conabio, Conanp, tnc, Pronatura y fcf, uanl. 2007b. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy-Programa MéxicoPronatura, A.C.-Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Coneza V. (2009) Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 4 Ed, Mundi – Prensa, Madrid, 420-787.

De Groot, R.S., M.A. Wilson y R.M. Boumans, 2002. A tipology for theclassification, description, and valuation of ecosy.

Diario Oficial de la Federación (DOF), 2014. ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas superficiales en las Cuencas Hidrológicas Laguna de Santiaguillo, La Tapona, Río La Sauceda, Río El Tunal, Río Santiago Bayacora, Río Durango, Río Poanas, Río Súchil, Río Graseros, Río San Pedro-Mezquital y Río San Pedro-Desembocadura de la Subregión Hidrológica Río San Pedro de la Región Hidrológica número 11 Presidio-San Pedro.

Economía-SGM. 2020. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020. Edición 2021.

Esri. (2020). *ArcGIS Desktop* (versión 10.8) [Software de sistema de información geográfica]. EnvironmentalSystemsResearchInstitute, Inc. **https://www.esri.com**.

Espinoza G. (2001) Fundamentos de evaluación de impacto ambiental, Centro de estudios para el desarrollo CED, Santiago, 93-113

García; C.L.S. 2017. Manual de Metodologías de Campo para determinar Profundidad, Densidad Aparente, Materia Orgánica, Infiltración del Agua, Textura y Ph en el suelo.

GLOBE. 2005. Protocolo del PH del suelo-6.

Gregorich EC, Carter MR, Angers VC, Monreal M y Ellert BH. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soil. Can J. Soil Sci., 367-385.

INEGI. (9 de marzo de 2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de Recursos Naturales: **http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/**.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Guías para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación. Aguascalientes, México. 89 p.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2009. Guía para la interpretación cartográfica uso de suelo y vegetación: Escala 1:250,000: serie III. Aguascalientes, México. 74 p.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2011. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación (vectorial). Geografía. Recursos Naturales. Uso de suelo y vegetación. Aspectos teóricos/metodológicos. Revisado en octubre de 2010 en: www. Inegi.org.mx.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2019. https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/Jal/2019/01/1_8

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 2021. Aspectos Geográficos. Durango. Resumen https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/dur/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=10

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 2024. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

Informe de Pobreza y Evaluación. 2023. Durango. Primera edición, diciembre de 2022.https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197834.pdf

INEGI. 1982. CARTA DE MÉXICO, Atlas Topográfico Escala 1:250,000, INEGI, junio de 1982

INEGI. 2001. XII Censo General de Población 2000.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE., Y SU REGLAMENTO.

LEY GENERAL DEL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE DEL 25 DE FEBRERO DEL 2003

Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Minera.

Michel; C. D y Rosas; P.G. 2020-2. Profundidad efectiva del suelo. Taller 3. https://es.scribd.com/document/362872176/Profundidad-Efectiva-Del-Suelo

Meyer-Peter, E., & Müller, R. (1948). *Formulas for bed-load transport.* In *Proceedings of the 2nd Meeting of the International Association for Hydraulic Structures Research* (pp. 39–64). International AssociationforHydraulicStructuresResearch.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

ONU. Organización de las Naciones Unidas. 2019. https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611

Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Durango (OETMD). 2013. https://implandgo.gob.mx/IMPLAN/Programa%20de%20ordenamiento%20terriotirial/POET%20Durango.pdf

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) Roma, 2016: Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos.

Panorama Minero del Estado de Durango. 2016.

Pellegrini; A. 2019. Curso edafología, Departamento de Ambiente y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. U. N. L. P. Textura y color del suelo.

Pellegrini; A. 2019. Curso edafología, Departamento de Ambiente y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. U. N. L. P. Tema 6. Estructura y Estabilidad estructural del Suelo.

Pierce, S.M., R.M. Cowling, A.T. Knight, A.T. Lombard, M. Rouget et al. 2005. Systematic conservation planning products for land-use planning: Interpretation for implementation. Biological Conservation 125: 441-458.

Pinot, R, H. (2000). Manual de Edafología. Ed.Computec. Chile.

Plaster, E. J. (2004). La ciencia del suelo y su manejo. Ed. Paraninfo. México

Porta, J., López-Acevedo, M. y Poch, R.M. (2008). Introducción a la Edafología (Uso y protección del suelo). Ed. Mundi tPrensa. Madrid.

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía 2014. Para Victoria de Durango, Dgo. Comisión Nacional del Agua. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99854/PMPMS_Victoria_de_Durango_Dgo.pdf.

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía 2014. Para Victoria de Durango, Dgo. Comisión Nacional del Agua. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99854/PMPMS_Victoria_de_Durango_Dgo.pdf.

Programa de Desarrollo Urbano 2020. Programa ecológico. http://transparencia.municipiodurango.gob.mx/articulo66/II-D1/oct-dic/2020/programa_de_desarrollo_urbano_2025_programa_ecologico.pdf.

Quiroga A, y D. Funaro. 2004. Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas Pp: 476.

Rad. C. y López R. J. Práctica 1 Determinación del contenido de materia orgánica en el suelo. Facultad de Ciencias. Grupo de investigación en compostaje UBUCOMP. PP 1-7.

Rad. C. y López R. J. Práctica 1 Determinación del contenido de materia orgánica en el suelo. Facultad de Ciencias. Grupo de investigación en compostaje UBUCOMP. PP 1-7.

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R FoundationforStatistical Computing.

Ramírez, R. M. I. 2011. Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Recuperado el 2016, de http://www.bdigital.unal.edu.co/950/.

Robbine, J. (2021). Indicadores ambientales clave para la evaluación de la sostenibilidad. Editorial Ambiental.

Rzedowski, J. 1980. Vegetación de México. Limusa, México. Semarnat. 2000. Acuerdo por el cual se aprueba la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, 17 de agosto de 2000.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Cap. 6, 15, 16 y 20.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido. Subsecretaría de fomento y normatividad ambiental. Dirección General de Sector Primario y Recursos Naturales Renovables SEMARNAT-INIFAP. 107.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2012). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Centro Logístico e Industrial de Durango Secretaria de Obras Públicas y comunicaciones del estado de Durango https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/dgo/estudios/2012/10DU2012V0002.pdf#page=279&zoom=100,109,188.

SGN y CGMENERÍA. 2020. Programa minero del Estado de Durango Pp. 2 y 24 http://www.sgm.gob.mx/pdfs/DURANGO.pdf.

SNIEG.2016. Catálogo de Tipos de Vegetación Natural e Inducida de México. https://www.snieg.mx/Documentos/Normatividad/Vigente/cat_tem_gen_tipos_veg_oct2016.pdf.

Thomas, W. A. (1982). *Prediction of sediment transport in alluvial channels*. In H. W. Shen (Ed.), *Hydraulic Engineering Reports* (Vol. 5, pp. 1–105). Colorado StateUniversity, Civil EngineeringDepartment.

U.S. Army Corps of Engineers. (2023). *HEC-RAS (RiverAnalysisSystem)* (versión 6.4.1) [Software de modelación hidráulica]. Hydrologic Engineering Center. **https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/**.

Van Rijn, L. C. (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications.

Velázquez; F. M. T. 2021. Tesis Extracción de pétreos como actividad de aprovechamiento sustentable en un Área Natural Protegida. División de Ciencias Forestales, Chapingo, Estado de México, junio 2021.

Vicencio de la Rosa M. G., M E. Pérez López y I. C. López González. 2004. Evaluación del efecto del agua de riego en el módulo III del Distrito de Riego 052 de Durango. III Congreso Internacional de Ciencias Ambientales, Universidad del Mar Campus Huatulco, Oax. México. 12 al 14 de mayo.

Vicencio de la Rosa M. G. 2006. Índice de la calidad del agua del cauce Río Tunal-Durango- Mezquital.

http:// www.inegi.org.mx

http:// www.semarnat.org.mx

http:// www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodatos

http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/estadisticas/estadisticas%202008/PHV2030EDURANGO2009,%20feb%2009.pdf

http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/index.html

Modificación NOM-081-SEMARNAT-1994. https://www.cenam.mx/sm2016/pdf/1889.pdf.