PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR

“PROYECTO LIBRAMIENTO NORPONIENTE HERMOSILLO”

QUE SE PRESENTA A CONSIDERACION DE.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Hermosillo, Sonora, mayo del 2026.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS 6
INDICE DE TABLAS. 8
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 1
I.1. PROYECTO 1
I.1.1. NOMBRE DEL PROYECTO 1
I.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO. 1
I.1.3. TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO 4
I.1.4. DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO. 5
I.1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. 5
I.1.6. PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN LEGAL. 5
I.2. PROMOVENTE 5
I.2.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROMOVENTE 5
I.2.2. REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTES (RFC) DEL PROMOVENTE 6
I.2.3. NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL 6
I.2.4. DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DEL REPRESENTANTE LEGAL 6
I.3. RESPONSABLE DEL EIA 6
I.3.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL RESPONSABLE DEL EIA 6
I.3.2. RFC. DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 6
I.3.3. NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO 6
I.3.4. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. 7
I.3.5. DECLARACIÓN DE PROTESTA DE DECIR VERDAD 7
I.4. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 8
I.4.1. NATURALEZA DEL PROYECTO. 8
I.4.2. SELECCIÓN DEL SITIO. 12
I.4.3. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN 13
I.4.4. INVERSIÓN REQUERIDA 18
I.4.5. DIMENSIONES DEL PROYECTO 21
I.4.6. USO ACTUAL DE SUELO Y/O CUERPOS DE AGUA EN EL SITIO DEL PROYECTO Y EN SUS COLINDANCIAS 21
I.4.7. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS. 22
I.5. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 24

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.5.1. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO 27
I.5.2. PREPARACIÓN DEL SITIO 27
I.5.3. DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO 30
I.5.4. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN 32
I.5.5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 43
I.5.6. OTROS INSUMOS 45
I.5.7. SUSTANCIAS PELIGROSAS 46
I.5.8. DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO 46
I.5.9. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO 46
I.5.10. UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS. 47
I.5.11. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMOSFERA 47
I.5.12. INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS. 49
II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO 52
II.1. INFORMACIÓN SECTORIAL 52
II.1.1. CONTEXTO DEL ESTUDIO. 52
II.2. PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) DECRETADOS (GENERAL DEL TERRITORIO, REGIONAL O LOCAL). 53
II.2.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO. 55
II.2.2. PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) 67
II.3. PLANES DE DESARROLLO 79
II.3.1. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030 79
II.3.2. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2021-2027 80
II.3.3. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DE HERMOSILLO 2025-2027. 82
II.4. DECRETOS Y PROGRAMAS DE MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES PRIORITARIAS 84
II.4.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 84
II.4.2. REGIONES Y ÁREAS PRIORITARIAS. 85
II.4.2.1. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP). 85
II.4.2.2. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP). 86
II.5. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS 88
II.5.1. LEYES Y REGLAMENTOS 88
II.5.1.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 88

II.5.1.2. LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA), ... 89
II.5.1.3. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (LGVS), ... 90
II.5.1.4. LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS (LGPGIR) ... 92
II.5.1.5. REGLAMENTO DE LA LGPGIR. 94
II.5.1.6. LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACIÓN. 95
II.5.1.7. CÓDIGO PENAL FEDERAL 97
II.6. NORMAS OFICIALES MEXICANAS. 99
II.6.1. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA 99
II.6.2. CONTROL DE EMISIONES DE RUIDO 100
II.6.3. PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA 101
II.6.4. CONSERVACIÓN DEL AGUA Y LA SEGURIDAD PARA SU UTILIZACIÓN 102
II.6.5. RESIDUOS PELIGROSOS, DE MANEJO ESPECIAL Y SÓLIDOS URBANOS 102
III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA. 104
III.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. 104
III.1.1. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 113
III.1.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. 119
III.1.3. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO. 130
III.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL 133
III.2.1. ASPECTOS ABIÓTICOS 133
III.2.1.1. CLIMA Y FENÓMENOS METEOROLÓGICOS 133
III.2.1.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 147
III.2.1.3. EDAFOLOGÍA 166
III.2.1.4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA 190
III.2.1.5. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL 195
III.2.1.6. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA 196
III.2.2. ASPECTOS BIÓTICOS 209
III.2.2.1. VEGETACIÓN 211
III.2.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) 219
III.2.2.3. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA FLORISTICA DE LA VEGETACIÓN 233
III.2.2.4. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL AREA DE INFLUENCIA (AI) 256
III.2.2.5. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL AREA DEL PROYECTO (AP) 281

III.2.2.6. COMPARACION FLORISTICA ENTRE EL SAR, AI Y AP 294
III.2.3. FAUNA 297
III.2.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL SAR 297
III.2.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL AI 328
III.2.3.3. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL AP 341
III.2.4. PAISAJE 353
III.2.5. MEDIO SOCIOECONÓMICO 357
III.2.6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL. 365
IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPESACIÓN Y RESTAURACIÓN 371
IV.1. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES .. 371
IV.1.1. INDICADORES DE IMPACTO 373
IV.1.2. LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO 376
IV.1.3. CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN 377
IV.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS. 382
IV.2.1. INDICADORES DE IMPACTO IDENTIFICADOS EN LA INTERACCIONES. 382
IV.2.2. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS. 384
IV.3. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 409
IV.3.1. ATMÓSFERA 409
IV.3.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, MANEJO ESPECIAL Y PELIGROSOS 410
IV.3.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 411
IV.3.4. AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA 411
IV.3.5. SUELO 412
IV.3.6. CALIDAD DEL AGUA TERRESTRE: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST) Y GRASAS/ACEITES 412
IV.3.7. FLORA Y FAUNA TERRESTRE 413
IV.3.8. PAISAJE Y COMPONENTE ANTROPOGÉNICO: SEÑALIZACIÓN, PREVENCIÓN DE ACCIDENTES E INTEGRACIÓN VISUAL 414
IV.3.9. CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONTROL INTERNO 415
IV.4. IMPACTOS RESIDUALES Y ACUMULATIVOS 417
IV.5. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO 423
IV.5.1. ESCENARIOS AMBIENTALES 423
IV.5.1.1. ESCENARIO AMBIENTAL TENDENCIAL SIN CONSIDERAR EL PROYECTO. 424

IV.5.1.2. ESCENARIO AMBIENTAL CON EL PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS 429

IV.6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 432

ANEXOS. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL 442

FORMATOS DE PRESENTACIÓN 442

PLANOS DEFINITIVOS 442

FOTOGRAFÍAS 442

VIDEOS 442

OTROS ANEXOS 442

GLOSARIO DE TÉRMINOS 442

BIBLIOGRAFIA 443

INDICE DE FIGURAS

FIGURA I. 1 MACRO LOCALIZACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO LIBRAMIENTO NORPONIENTE HERMOSILLO 2
FIGURA I. 2 MICRO LOCALIZACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO DE LIBRAMIENTO Y SECCIÓN DE MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO. 3
FIGURA I. 3 CARRETERA TIPO A2, SECCION TIPO DEL KM 0+000 AL 26+200. 9
FIGURA I. 4 POLÍGONOS DE AFECTACION A LO LARGO DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE HERMOSILLO. 12
FIGURA I. 5 UBICACIÓN DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO QUE INCLUYE CARRETERA TIPO A2, INICIANDO EN EL KM 14+970 DE LA CARRETERA FEDERAL MEX 15 Y FINALIZANDO EN EL KM 26+200 DE LA CARRETERA CCC FENOSA. 14
FIGURA I. 6 MAPA DE UBICACIÓN DEL PUENTE GUADALUPE. 15
FIGURA I. 7 MAPA DE UBICACIÓN DEL PUENTE LOS BAGOTES. 16
FIGURA I. 8 MAPA DE UBICACIÓN DEL PUENTE SAN ANTONIO. 17
FIGURA I. 9 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TRAMO B DEL KM 11+000 AL 26+200, CONDICIÓN EN TERRAPLÉN. 42
FIGURA I. 10 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TRAMO B: KM 11+000 AL 26+200, CONDICIÓN EN CORTE. 43
FIGURA I. 11 MAPA DE UBICACIÓN DE POLÍGONOS DEFINIDOS PARA LA INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TEMPORAL. 50

FIGURA II. 1PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO EXPEDIDOS CON O SIN LA PARTICIPACIÓN DE LA SEMARNAT. 54
FIGURA II. 2 UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL POEGT. 56
FIGURA II. 3 LOCALIZACIÓN DE LA UAB 104 DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO, Y LAS CARACTERÍSTICAS QUE LA DEFINEN. 57
FIGURA II. 4 LOCALIZACIÓN DE LA UAB 8 DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO, Y LAS CARACTERÍSTICAS QUE LA DEFINEN. 62
FIGURA II. 5 UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO. (POETES). 68
FIGURA II. 6 UBICACIÓN DEL PROYECTO CON RESPECTO A LAS UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POETES). 69

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

FIGURA II. 7 UGA 100-0/03 DEL POETSON DONDE SE UBICA EL PROYECTO. 71
FIGURA II. 8 UGA 500-0/01 DEL POETSON DONDE SE UBICA EL PROYECTO. 76
FIGURA II. 9 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. 85
FIGURA II. 10 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS. 86
FIGURA II. 11 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS. 87

FIGURA III. 1 MACRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 105
FIGURA III. 2 MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO (TRAMO NUEVO Y MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO). 106
FIGURA III. 3 SIATL DE INEGI PARA DELIMITACIÓN DE ESCURRIMIENTOS Y ÁREAS DE CAPTACIÓN. 113
FIGURA III. 4 DELIMITACIÓN DE CUENCAS Y ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES ESCENARIOS DE DELIMITACIÓN DEL SAR. 114
FIGURA III. 5 EJEMPLO DE ESCENARIOS ANALIZADOS PARA DELIMITACIÓN DEL SAR. 115
FIGURA III. 6 INTEGRACIÓN DE ASPECTOS URBANOS EN LA DELIMITACIÓN DEL SAR. 116
FIGURA III. 7 MAPA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 117
FIGURA III. 8 MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. 123
FIGURA III. 9 MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO. 130
FIGURA III. 10 MAPA CLIMÁTICO DE MÉXICO DONDE SE ENMARCA EL ESTADO DE SONORA CON CONTORNO NEGRO PARA RESALTAR EL SUBTIPO DE CLIMA PRESENTE (SECO MUY ÁRIDO). 133
FIGURA III. 11 MAPA DE CLIMAS PRESENTES EN EL SAR, AI, AP DEL PROYECTO. 135
FIGURA III. 12 MAPA DE TRAYECTORIA E INTENSIDAD DE CICLONES (1940 – 2007). 141
FIGURA III. 13 GEOLOGÍA EN EL SAR, AI, AP. 148
FIGURA III. 14 MAPA DE FISIOGRAFÍA EN EL SAR, AI, AP. 153
FIGURA III. 15 REGIONALIZACIÓN DE LA REPÚBLICA MEXICANA EN BASE A SU SISMICIDAD Y LA UBICACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO 161
FIGURA III. 16 ESTA IMAGEN MUESTRA LA SISMICIDAD DE SONORA Y LA DISTRIBUCIÓN DE FOCOS SÍSMICOS CON SUS RESPECTIVAS MAGNITUDES. FUENTE: SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL, 2015 Y U.S.GEOLOGICAL SURVEY, 2015. (TOMADO DE MARTINEZ MARMOLEJO, 2018) 163
FIGURA III. 17 ÁREAS DE LA REPUBLICA EXPUESTA A TSUNAMIS LEJANOS (NOROESTE) Y A LOCALES Y LEJANOS (SURESTE DEL PAÍS). 164
FIGURA III. 18 MAPA DE EDAFOLOGÍA EN EL SAR, AI, AP. 167
FIGURA III. 19 MACROLOCALIZACIÓN DEL TRAZO DEL PROYECTO DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE HERMOSILLO. 190
FIGURA III. 20 LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO BACOACHI (RH9E) Y RIO SONORA (RH9D) CON RESPECTO LAS REGIONES HIDROLÓGICAS QUE CUBREN EL ESTADO. 191
FIGURA III. 21 LOCALIZACIÓN DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE, CON RESPECTO A LAS CUENCAS QUE SE REGISTRAN EN EL ESTADO DE SONORA. (INFORMACIÓN DERIVADA DE CARTAS TEMÁTICAS DIGITALES DE INEGI). 192
FIGURA III. 22 LOCALIZACIÓN DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE, EN LA SUBCUENCA LA MANGA, PERTENECIENTE A LA CUENCA DEL RIO BACOACHI Y LA SUBCUENCA DEL RIO SAN MIGUEL. (INFORMACIÓN DERIVADA DE CARTAS TEMÁTICAS DIGITALES DE INEGI). 193
FIGURA III. 23 DISTRIBUCIÓN DE SUBCUENCAS EN LA ZONA DE ESTUDIO. SE INDICAN LOS PRINCIPALES ESCURRIMIENTOS EN COLOR AZUL, LA PORCIÓN QUE CORRESPONDE A LA SUBCUENCA DEL ARROYO LA MANGA DENTRO DE LA CUENCA DEL RIO BACOACHI Y LA SUBCUENCA DEL RIO SAN MIGUEL (INFORMACIÓN DERIVADA DE CARTAS TEMÁTICAS DIGITALES DE INEGI). 195
FIGURA III. 24 ACUÍFERO COSTA HERMOSILLO DONDE SE UBICA EL PROYECTO. 196
FIGURA III. 25.- REGIONES O ZONAS BIOGEOGRÁFICAS DE MÉXICO. 209
FIGURA III. 26.- PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS DE MÉXICO (MORRONE, 2005). 1, CALIFORNIA; 2, BAJA CALIFORNIA; 3, SONORA; 4, ALTIPLANO MEXICANO; 5, TAMAULIPAS; 6, PENÍNSULA DE YUCATÁN; 7, SIERRA MADRE OCCIDENTAL; 8, SIERRA MADRE ORIENTAL; 9, EJE VOLCÁNICO TRANSMEXICANO. 210

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

FIGURA III. 27.- UBICACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PROYECTO EN RELACIÓN A LAS PROVINCIAS FLORÍSTICAS DEL PAÍS. 212
FIGURA III. 28.- TIPOS DE VEGETACIÓN IDENTIFICADOS EN EL SAR DEL PROYECTO. 214
FIGURA III. 29.- EJEMPLIFICACIÓN BÁSICA DEL PROCESO PARA ESTABLECER EL ÁREA MÍNIMA DE MUESTREO. 226
FIGURA III. 30.- EXPRESIÓN GRÁFICA DE LA CURVA ÁREA DE MUESTREO VS NÚMERO DE ESPECIES. 226
FIGURA III. 31.- ESTACIONES DE MUESTREO DE VEGETACIÓN EN EL SAR. 232
FIGURA III. 32.- MAPA DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO EN EL AI. 256
FIGURA III. 33.- ESTACIONES DE MUESTREO DE VEGETACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 261
FIGURA III. 34 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN EL ÁREA DEL PROYECTO 284
FIGURA III. 35.- UBICACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PROYECTO EN RELACIÓN A LAS PROVINCIAS HERPETOFAUNÍSTICAS DEL PAÍS. 299
FIGURA III. 36.- UBICACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PROYECTO EN RELACIÓN A LAS PROVINCIAS MASTOFAUNÍSTICAS DEL PAÍS. 303
FIGURA III. 37.- ESTACIONES DE MUESTREO DE FAUNA EN EL SAR. 311
FIGURA III. 38 PIRAMIDE POBLACIONAL COMPARATIVA PARA EL ANIO 2000 Y 2020 EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO. 359
FIGURA III. 39 NIVEL DE ESCOLARIDAD EN LA CIUDAD DE CENTRO DE POBLACCION DE HERMOSILLO. 359
FIGURA III. 40 POBLACION ECONOMICAMENNTE ACTIVA PARA EL CENTRO DE POBLACION DE HERMOSILLO DE ACUERDO A LOS DATOS DEL CENSO DE INEGI 2020. (FUENTE: HTTPS://COESPO.SONORA.GOB.MX/INDICADORES.HTML.) 360
FIGURA III. 41 OCUPACION DE LA POBLACION POR SECTOR ECONOMICO. 360
FIGURA III. 42 COMPORTAMIENTO DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS DEL CENTRO DE POBLACION DE HERMOSILLO. (FUENTE: HTTPS://COESPO.SONORA.GOB.MX/INDICADORES.HTML.) 361

FIGURA IV. 1 DIAGRAMA METODOLÓGICO PROPUESTO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADO DE LAS INTERACCIONES ENTRE LOS FACTORES INVOLUCRADOS Y LAS OBRAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO. 372
FIGURA IV. 2 EJEMPLIFICACIÓN DE LAS REDES DE INTERACCIÓN ENTRE OBRAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO PARA SUS DIFERENTES ETAPAS Y LOS COMPONENTES Y FACTORES AMBIENTALES. 375
FIGURA IV. 3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PROPORCIÓN POR NATURALEZA Y NIVEL DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO. 395
FIGURA IV. 4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PROPORCIÓN DE LOS IMPACTOS TOTALES, BENÉFICOS Y ADVERSOS SEGÚN SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA ESTIMADO. 396

INDICE DE TABLAS.

TABLA I. 1 CADENAMIENTO DEL TRAZO DEL PROYECTO DE LIBRAMIENTO Y SECCIÓN DE MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO. 3
TABLA I. 2 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE 10
TABLA I. 3 ÁREAS DE AFECTACIÓN DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO Y RELACIÓN DE PREDIOS. 11
TABLA I. 4 UBICACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE MENOR Y PUENTES EN EL TRAMO DEL PROYECTO DE LIBRAMIENTO. 18
TABLA I. 5 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO, INCLUYE LIBRAMIENTO NUEVO Y PROYECTO ASOCIADO (MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO). 18
TABLA I. 6 COSTOS ESTIMADOS PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS AMBIENTALES 19
TABLA I. 7 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE LOS PUENTES 26
TABLA I. 8 OBRAS DE DRENAJE MENOR 26
TABLA I. 9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES ETAPAS DE ESTUDIOS, TRAMITES, PREPARACIÓN DEL SITIO Y, CONSTRUCCIÓN DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE DE HERMOSILLO. 27

TABLA I. 10 EQUIPO Y TIEMPO ESTIMADO PARA LA FASE DE PREPARACIÓN DEL SITIO 28
TABLA I. 11 TOLERANCIAS PARA LÍNEAS Y NIVELES: 35
TABLA I. 12 TOLERANCIAS PARA LÍNEAS Y NIVELES: 36
TABLA I. 13 TOLERANCIAS PARA LÍNEAS Y NIVELES: 37
TABLA I. 14 COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE POLÍGONOS DE INFRAESTRUCTURA TEMPORAL EN UTM ZONA 12 DATUM WGS84. 51

TABLA II. 1 ESTRATEGIAS DE LA UAB 104 SIERRAS Y LLANURAS SONORENSES ORIENTALES. 57
TABLA II. 2 ESTRATEGIAS DE LA UAB 8 SIERRAS Y LLANURAS SONORENSES OCCIDENTALES. 62
TABLA II. 3 DESCRIPCIÓN DE LOS LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS, CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA Y ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS DE LA UGA 100-0/03. 71
TABLA II. 4 DESCRIPCIÓN DE LOS LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS, CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA Y ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS DE LA UGA 500-0/01. 77
TABLA II. 5 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL PND 2025-2030. 79
TABLA II. 6 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2021-2027. 81
TABLA II. 7 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DE HERMOSILLO 2025-2027. 83
TABLA II. 8 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA CPEUM. 88
TABLA II. 9 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA LGEEPA. 89
TABLA II. 10 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA LGVS. 91
TABLA II. 11 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA LGPGIR 93
TABLA II. 12 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL REGLAMENTO DE LA LGPGIR 94
TABLA II. 13 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA LEY DE VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN. 96
TABLA II. 14 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON EL CÓDIGO PENAL FEDERAL. 98
TABLA II. 15 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NORMAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. 99
TABLA II. 16 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NORMAS DE CONTROL DE EMISIONES DE RUIDO. 100
TABLA II. 17 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NORMAS DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA. 101
TABLA II. 18 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NORMAS DE CONSERVACIÓN DEL AGUA Y LA SEGURIDAD PARA SU UTILIZACIÓN. 102
TABLA II. 19 VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LA NORMAS DE CONTROL DE RESIDUOS PELIGROSOS, DE MANEJO ESPECIAL Y SÓLIDOS URBANOS. 102

TABLA III. 1 CADENAMIENTO DEL PROYECTO (TRAMO NUEVO Y MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO).... 106
TABLA III. 2 VÉRTICES DEL POLÍGONO DEL PROYECTO (TRAMO NUEVO Y MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA NYCO). 107
TABLA III. 3 VÉRTICES DEL POLÍGONO DEL SAR EN COORDENADAS UTM ZONA 12 WGS84 117
TABLA III. 4 CRITERIOS GENERALES UTILIZADOS PARA LA DELIMITACIÓN DEL AI 119
TABLA III. 5 CRITERIOS FINALES DE DELIMITACIÓN DEL AI DEL PROYECTO 122
TABLA III. 6 VÉRTICES DEL POLÍGONO DEL AI EN COORDENADAS UTM ZONA 12 WGS84 123
TABLA III. 7 VÉRTICES DEL POLÍGONO DEL AP EN COORDENADAS UTM ZONA 12 WGS84 130
TABLA III. 8 TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 26139 HERMOSILLO (DGE). 135
TABLA III. 9 TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 26139 HERMOSILLO (DGE). 136
TABLA III. 10 TEMPERATURA MÍNIMA DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 26139 HERMOSILLO (DGE). 137
TABLA III. 11 PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 26139 HERMOSILLO (DGE). 137
TABLA III. 12 DÍAS CON LLUVIA DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 26139 HERMOSILLO (DGE). 138
TABLA III. 13 ANÁLISIS DE VINCULACIÓN DEL CLIMA CON EL PROYECTO. 145
TABLA III. 14 GEOLOGÍA EN EL SAR. 149
TABLA III. 15 GEOLOGÍA EN EL AI. 150

TABLA III. 16 GEOLOGÍA EN EL AP. 150
TABLA III. 17 FISIOGRAFÍA EN EL SAR. 154
TABLA III. 18 VINCULACIÓN DE LA GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA CON EL PROYECTO. 157
TABLA III. 19 VINCULACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA CON EL PROYECTO 165
TABLA III. 20 TIPOS DE SUELO EN EL SAR 168
TABLA III. 21 TIPOS DE SUELO EN EL AI. 169
TABLA III. 22 TIPOS DE SUELO EN EL AP. 170
TABLA III. 23 ANÁLISIS COMPARATIVO POR TIPO DE SUELO EN EL SAR, AI, AP. 171
TABLA III. 24 ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN CONDICIONES ACTUALES DEL TERRENO 173
TABLA III. 25 PERDIDA DE SUELO EN CONDICIONES DE LA REMOCIÓN TOTAL DE LA VEGETACIÓN EN EL ÁREA CUSTF. 174
TABLA III. 26 VALORES DE EROSIÓN EÓLICA ACTUAL EN LAS ÁREAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN. 175
TABLA III. 27 PERDIDA DE SUELO POR ACCIÓN EÓLICA EN EL ÁREA DEL PROYECTO DESPUÉS DEL CUSTF. 176
TABLA III. 28 TASAS DE EROSIÓN BAJO EL ESCENARIO ACTUAL Y CON CUSTF. 176
TABLA III. 29 TABLA COMPARATIVA DE RETENCIÓN DE SUELOS POR TIPO DE ESTRUCTURA. 178
TABLA III. 30 ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA DE ZACATE POR AÑO. 181
TABLA III. 31 PROYECCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA CON LA APLICACIÓN DE SEMILLAS DE ZACATE NATIVO. 182
TABLA III. 32 PROYECCIÓN ANUAL DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN EL SITIO DEL PROYECTO. 183
TABLA III. 33 PROYECCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA PARA UN AMBIENTE CON REGENERACIÓN NATURAL. 183
TABLA III. 34 ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL POR AÑO. 184
TABLA III. 35 PROYECCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA Y EÓLICA ANTE UN ESCENARIO CON REFORESTACIÓN. 185
TABLA III. 36 ESTIMACIÓN ANUAL DE LA RECUPERACIÓN DE SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA EROSIÓN EÓLICA. 185
TABLA III. 37 ESTIMACIÓN ANUAL DE LA RECUPERACIÓN DE SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA EROSIÓN HÍDRICA. 186
TABLA III. 38 CÁLCULO DEL VALOR DE ES, EN EL PREDIO DONDE SE SOLICITA EL CUSTF. 200
TABLA III. 39 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO EN CONDICIONES ACTUALES. 201
TABLA III. 40 ESTIMACIÓN DE LA INFILTRACIÓN DESPUÉS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO. 202
TABLA III. 41 COMPARACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BAJO EL ESCENARIO ACTUAL Y CUSTF. 202
TABLA III. 42 VOLUMEN QUE SE DEJARÁ DE INFILTRAR DURANTE EL PERIODO DE 6 MESES. 203
TABLA III. 43 PROYECCIÓN DE LA TASA DE INFILTRACIÓN POR AÑO CON LA SIEMBRA DE ZACATE Y LA REGENERACIÓN NATURAL EN EL ÁREA CUSTF. 204
TABLA III. 44 PROYECCIÓN DE LA TASA DE INFILTRACIÓN POR AÑO CON LA SIEMBRA DE ZACATE Y LA REGENERACIÓN NATURAL EN EL ÁREA CUSTF. 204
TABLA III. 45 BALANCE FINAL DE LA INFILTRACIÓN CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN. 205
TABLA III. 46 VINCULACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA CON EL PROYECTO. 207
TABLA III. 47.- TIPOS DE VEGETACIÓN Y SU COBERTURA EN EL SAR DEL PROYECTO. 214
TABLA III. 48.- TIPOS DE VEGETACIÓN Y SU COBERTURA EN EL SAR DEL PROYECTO (AJUSTADO). 215
TABLA III. 49.- ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS ECOSISTEMAS DEL SAR QUE PODRÍAN SER AFECTADOS POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 220
TABLA III. 50.- CATEGORÍAS TAXONÓMICAS DE LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 221
TABLA III. 51.- PRESENCIA DE LAS ESPECIES VEGETALES POR TIPO DE VEGETACIÓN EN LA CH DEL PROYECTO Y QUE PODRÍAN SER AFECTADOS POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 221
TABLA III. 52.- FORMAS DE VIDA DE LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN SAR DEL PROYECTO 222
TABLA III. 53.- ESTIMACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO. 230
TABLA III. 54.- COORDENADAS UTM DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE VEGETACIÓN EN EL SAR 233

TABLA III. 55.- LISTADO TAXONÓMICO DE LAS ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL SAR Y SU ESTATUS DE PROTECCIÓN. 234
TABLA III. 56.- FORMAS DE VIDA VEGETALES PRESENTES EN EL SAR. 235
TABLA III. 57.- LISTADO DE ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN EL MX. 239
TABLA III. 58.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 241
TABLA III. 59.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 242
TABLA III. 60.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 243
TABLA III. 61.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO. 244
TABLA III. 62.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 244
TABLA III. 63.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO. 245
TABLA III. 64.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 246
TABLA III. 65.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO. 246
TABLA III. 66.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE CACTÁCEAS PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 247
TABLA III. 67.- LISTADO DE ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN LA VSAMX. 248
TABLA III. 68.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES PRESENTES EN VSAMX. 249
TABLA III. 69.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LA VSAMX 250
TABLA III. 70.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PRESENTES EN LA VSAMX. 251
TABLA III. 71.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PARA LA VSAMX.. 252
TABLA III. 72.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTES EN LA VSAMX. 252
TABLA III. 73.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA LA VSAMX. 253
TABLA III. 74.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PRESENTES EN LA VSAMX. 254
TABLA III. 75.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VSAMX. 254
TABLA III. 76.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE CACTÁCEAS PRESENTES EN LA VSAMX. 255
TABLA III. 77.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE CACTÁCEAS PARA LA VSAMX. 255
TABLA III. 78.- TIPOS DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 257
TABLA III. 79.- ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE UNIDADES DE MUESTREO. 260
TABLA III. 80.- COORDENADAS UTM DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE VEGETACION EN EL AI. 261
TABLA III. 81.- LISTADO TAXONÓMICO DE LAS ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL AI Y SU ESTATUS DE PROTECCIÓN. 263
TABLA III. 82.- FORMAS DE VIDA VEGETALES PRESENTES EN EL SAR. 264
TABLA III. 83.- LISTADO DE ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN EL MX. 265
TABLA III. 84.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO DEL AI. 266
TABLA III. 85.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO EN EL AI. 267

TABLA III. 86.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 269
TABLA III. 87.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 269
TABLA III. 88.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 270
TABLA III. 89.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 271
TABLA III. 90.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 271
TABLA III. 91.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA EL MEZQUITAL XERÓFILO..... 272
TABLA III. 92.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE CACTÁCEAS PRESENTES EN EL MEZQUITAL XERÓFILO. 272
TABLA III. 93.- VALORES DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LAS CACTÁCEAS DEL MX DEL AI..... 273
TABLA III. 94.- LISTADO DE ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN LA VSAMX..... 274
TABLA III. 95.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES PRESENTES EN VSAMX. 274
TABLA III. 96.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LA VSAMX. 275
TABLA III. 97.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PRESENTES EN LA VSAMX. 276
TABLA III. 98.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO PARA LA VSAMX.. 276
TABLA III. 99.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PRESENTES EN LA VSAMX. 277
TABLA III. 100.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO PARA LA VSAMX. 278
TABLA III. 101.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PRESENTES EN LA VSAMX. 278
TABLA III. 102.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO PARA LA VSAMX. 278
TABLA III. 103.- VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE CACTÁCEAS PRESENTES EN LA VSAMX. 279
TABLA III. 104.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE CACTÁCEAS PARA LA VSAMX. 280
TABLA III. 105 COORDENADAS UTM DE LOS SITIOS DE MUESTREO DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO 283
TABLA III. 106 ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS ECOSISTEMAS DEL ÁREA DEL PROYECTO. 285
TABLA III. 107 SINONIMIA TAXONÓMICA..... 285
TABLA III. 108 FORMAS DE VIDA DE LAS ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN LOS ECOSISTEMAS DEL ÁREA DEL PROYECTO. 286
TABLA III. 109 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO QUE HABITAN EN EL MEZQUITAL XERÓFILO DEL PROYECTO 291
TABLA III. 110 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO QUE HABITAN EN EL MEZQUITAL XERÓFILO PARA EL ÁREA DEL PROYECTO..... 292
TABLA III. 111 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO HERBÁCEO QUE HABITAN EN EL MEZQUITAL XERÓFILO DEL ÁREA DEL PROYECTO..... 292
TABLA III. 112 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO QUE HABITAN EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO..... 292
TABLA III. 113 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBUSTIVO QUE HABITAN EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO..... 293
TABLA III. 114 VALORES DE LOS ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE CACTÁCEAS QUE HABITAN EN LA VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MEZQUITAL XERÓFILO DEL ÁREA DEL PROYECTO. 293
TABLA III. 115.- COMPARACION DE PRESENCIA AUSENCIA DE ESPECIES ENTRE LOS SISTEMAS AMBIENTALES..... 294

TABLA III. 116.- COMPARACIÓN DE VALORES ESTADÍSTICOS DE LA FLORA ANALIZADA, CALCULADOS PARA LOS ECOSISTEMAS DEL SAR, EL AI Y EL AP. 296
TABLA III. 117.- ANFIBIOS QUE PUEDEN DESARROLLARSE EN EL ÁREA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL PROYECTO Y SU ESTATUS DE PROTECCIÓN EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 300
TABLA III. 118.- REPTILES QUE OCURREN EN EL ÁREA DE LA CUENCA DE ESTUDIO Y SU ESTATUS DE PROTECCIÓN EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010. 301
TABLA III. 119.- MAMÍFEROS EN EL ÁREA DE LA CUENCA DE ESTUDIO SEGÚN REGISTROS BIBLIOGRÁFICOS Y ENTREVISTAS CON HABITANTES DE LA REGIÓN. 304
TABLA III. 120.- ESPECIES DE AVES QUE PUEDEN PRESENTARSE EN EL ÁREA DE LA CUENCA DE ESTUDIO. 306
TABLA III. 121.- ESPECIES DE REPTILES OBSERVADAS EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SU ESTADO DE PROTECCIÓN BAJO LAS NORMAS OFICIALES. 312
TABLA III. 122.- ABUNDANCIAS DE LAS ESPECIES DE REPTILES ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS DENTRO DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO. 313
TABLA III. 123.- CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA HERPETOFAUNA IDENTIFICADA EN EL SAR. 313
TABLA III. 124.- LISTADO TAXONÓMICO DE LAS ESPECIES DE MASTOFAUNA EN EL SAR. 314
TABLA III. 125.- DENSIDADES DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS ENCONTRADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 315
TABLA III. 126.- ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS QUE HABITAN EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL DEL PROYECTO. 316
TABLA III. 127.- LISTADO DE ESPECIES DE AVES ENCONTRADAS EN EL SAR. 317
TABLA III. 128.- ESPECIES AVES ENCONTRADAS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 318
TABLA III. 129.- RASGOS ECOLÓGICOS DE LAS POBLACIONES DE LAS ESPECIES DE AVES EN EL SAR. 319
TABLA III. 130.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE REPTILES REGISTRADOS EN EL SAR DEL PROYECTO 321
TABLA III. 131.- VALOR DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL SAR. 321
TABLA III. 132.- VALORES DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LAS ESPECIES DE AVES IDENTIFICADAS EN EL SAR 322
TABLA III. 133.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS REPTILES IDENTIFICADOS EN EL SAR 323
TABLA III. 134.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS MAMÍFEROS IDENTIFICADOS EN EL SAR. 324
TABLA III. 135.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE AVES IDENTIFICADAS EN EL SAR 326
TABLA III. 136.- ESPECIES DE REPTILES OBSERVADAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO Y SU ESTADO DE PROTECCIÓN BAJO LAS NORMAS OFICIALES. 328
TABLA III. 137.- DENSIDADES DE LAS ESPECIES DE REPTILES ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 329
TABLA III. 138.- CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA HERPETOFAUNA IDENTIFICADA EN EL AI. 329
TABLA III. 139 ESPECIES DEL GRUPO DE MASTOFAUNA DENTRO DE ALGUNA CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN EN EL AI. 330
TABLA III. 140.- DENSIDADES DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS ENCONTRADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA 331
TABLA III. 141 ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS QUE HABITAN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 331
TABLA III. 142.- LISTADO DE ESPECIES DE AVES ENCONTRADAS EN EL AI. 333
TABLA III. 143.- ESPECIES AVES ENCONTRADAS EN EL AI. 334
TABLA III. 144.- RASGOS ECOLÓGICOS DE LAS POBLACIONES DE LAS ESPECIES DE AVES EN EL AI. 334
TABLA III. 145.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE REPTILES REGISTRADOS EL AI DEL PROYECTO. 336
TABLA III. 146.- VALOR DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL AI. 336
TABLA III. 147.- VALORES DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LAS ESPECIES DE AVES IDENTIFICADAS EN EL AI. 337

TABLA III. 148.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS REPTILES ENCONTRADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 338
TABLA III. 149.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS MAMÍFEROS ENCONTRADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 339
TABLA III. 150.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LAS AVES ENCONTRADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 340
TABLA III. 151.- ESPECIES DE REPTILES OBSERVADAS EL ÁREA DEL PROYECTO Y SU ESTADO DE PROTECCIÓN BAJO LAS NORMAS OFICIALES. 342
TABLA III. 152.- DENSIDADES DE LAS ESPECIES DE REPTILES ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO. 342
TABLA III. 153.- CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA HERPETOFAUNA IDENTIFICADA EN EL AP. 343
TABLA III. 154.- LISTADO TAXONOMICO DE ESPECIES DE MAMIFEROS EN EL AP. 344
TABLA III. 155 ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS QUE HABITAN EN EL SISTEMA ÁREA DEL PROYECTO. 345
TABLA III. 156.- LISTADO DE ESPECIES DE AVES ENCONTRADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 346
TABLA III. 157.- ESPECIES AVES ENCONTRADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 347
TABLA III. 158.- RASGOS ECOLÓGICOS DE LAS POBLACIONES DE LAS ESPECIES DE AVES EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 348
TABLA III. 159.- VALORES DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE REPTILES REGISTRADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO 349
TABLA III. 160.- VALOR DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS EN EL ÁREA DEL PROYECTO 349
TABLA III. 161.- VALORES DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LAS ESPECIES DE AVES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO. 350
TABLA III. 162.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS REPTILES IDENTIFICADOS EN EL AP. 351
TABLA III. 163.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE LOS MAMÍFEROS IDENTIFICADOS EN EL AP. 352
TABLA III. 164.- DATOS TAXONÓMICOS E IMÁGENES DE AVES IDENTIFICADAS EN EL AP. 352
TABLA III. 165 INDICADORES DEMOGRÁFICOS PARA LA CIUDAD DE HERMOSILLO. 357
TABLA III. 166 POBLACION TOTAL DEL HERMOSILLO, DE ACUERDO AL CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA INEGI 2020. 358
TABLA III. 167 INCIDENCIAS CON EL PROYECTO. 369

TABLA IV. 3 LISTADO DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO POR ETAPAS. 373
TABLA IV. 4 COMPONENTES DEL SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO Y LISTA DE INDICADORES DE IMPACTO. . 376
TABLA IV. 5 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DONDE SE DETERMINARON LAS RELACIONES PROYECTO-ENTRONO PARA LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN. 379
TABLA IV. 6 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DONDE SE DETERMINARON LAS RELACIONES PROYECTO-ENTRONO PARA LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y, ABANDONO. 380
TABLA IV. 7 RESUMEN DE LA MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DONDE SE DETERMINARON LAS RELACIONES PROYECTO-ENTRONO PARA LAS ETAPAS DEL PROYECTO. 381
TABLA IV. 8 IMPACTOS IDENTIFICADOS 382
TABLA IV. 9 CRITERIOS DE MAGNITUD EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 385
TABLA IV. 10 CRITERIOS DE EXTENSIÓN EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 386
TABLA IV. 11 CRITERIOS DE DURACIÓN EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 386
TABLA IV. 12 CRITERIOS DE CONTINUIDAD EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 387
TABLA IV. 13 CRITERIOS DE INTENSIDAD EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 387
TABLA IV. 14 CRITERIOS DE ACUMULACIÓN Y SINERGIA EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 387
TABLA IV. 15 CRITERIOS DE IMPORTANCIA EN LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 388
TABLA IV. 16 RESUMEN DE VALORACIÓN DE MAGNITUD E IMPORTANCIA DEL PROYECTO 391
TABLA IV. 17 MATRIZ DE VALORACIÓN DE SIGNIFICANCIA QUE ADICIONA LA IMPORTANCIA Y MAGNITUD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO. 392

TABLA IV. 18 RESUMEN DE VALORACIÓN DE MAGNITUD E IMPORTANCIA DEL PROYECTO 393
TABLA IV. 19 MATRIZ DE NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES. 394
TABLA IV. 20 RESUMEN DE SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES. 395
TABLA IV. 21 CRIBADO DE MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS ADVERSOS DEL PROYECTO. 401
TABLA IV. 22 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE CALIDAD DEL AIRE 402
TABLA IV. 23 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE RUIDO Y VIBRACIONES 402
TABLA IV. 24 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE PROVISIÓN O INFILTRACIÓN DE AGUA AL SUBSUELO 402
TABLA IV. 25 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE CALIDAD DEL SUELO 403
TABLA IV. 26 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE EROSIÓN 403
TABLA IV. 27 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE CAPTURA DE CARBONO 404
TABLA IV. 28 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE USO ACTUAL 404
TABLA IV. 29 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE FLORA 404
TABLA IV. 30 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE DIVERSIDAD DE FLORA 405
TABLA IV. 31 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE FAUNA 405
TABLA IV. 32 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE BIODIVERSIDAD FAUNA 405
TABLA IV. 33 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA 406
TABLA IV. 34 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE FRAGILIDAD VISUAL 406
TABLA IV. 35 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE EMPLEO Y MANO DE OBRA 407
TABLA IV. 36 FICHA DESCRIPTIVA IMPACTOS ADVERSOS SOBRE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS 407
TABLA IV. 37 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN. 415
TABLA IV. 38 IMPACTOS RESIDUALES DEL PROYECTO 417
TABLA IV. 39 IMPACTOS ACUMULATIVOS DEL PROYECTO 420
TABLA IV. 40 1ESCENARIO DE LAS TENDENCIAS AMBIENTALES SIN PROYECTO. 425
TABLA IV. 41 ESCENARIO DE LAS TENDENCIAS AMBIENTALES CON PROYECTO Y SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN. 427
TABLA IV. 42 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO AMBIENTAL DEL PROYECTO SIN APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS. 427
TABLA IV. 43 ESCENARIO DE LAS TENDENCIAS AMBIENTALES CON PROYECTO Y CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN 429
TABLA IV. 44 ESCENARIO AMBIENTAL CON PROYECTO Y CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN. 430
TABLA IV. 45 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PARA LAS ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN 433
TABLA IV. 46 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PARA LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y ABANDONO 437
TABLA IV. 47 TABLA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO 439

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. ACTA CONSTITUTIVA Y PODER DEL REPRESENTANTE LEGAL
ANEXO 2. DECLARACION DE INCORPORACION AL DOMINIO PUBLICO MUNICIPAL DE LOS TERRENOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO.
ANEXO 3. TÍTULO DE CONCESIÓN
ANEXO 4. INGENIERIA DEL PROYECTO
ANEXO 5. ESTUDIO HIDROLOGICO
ANEXO 6. PLANES Y PROGRAMAS
ANEXO 7. SHAPES Y KML
ANEXO 8 MEMORIAS DE CALCULO
ANEXO 9. MEMORIA FOTOGRÁFICA

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I.1. PROYECTO

I.1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

LIBRAMIENTO NORPONIENTE HERMOSILLO

I.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO.

La ciudad de Hermosillo se localiza en el paralelo 29° de latitud norte y el meridiano 110° de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 220 m sobre el nivel del mar. Se encuentra al centro del Estado de Sonora a 280 kilómetros de la frontera con Estados Unidos. La ciudad es atravesada de sur a norte por la Carretera Federal MEX 15. A la altura de la caseta de peaje en el km 14.97, la Carretera Federal No. 15 es interconectada por la carretera de carácter municipal (s/n) Hermosillo-Mina Pilares/Nyco la cual tiene una longitud de 70 km. El proyecto que nos ocupa en este estudio conectará esta vía al norte de la ciudad de Hermosillo, por medio de un libramiento, con la carretera Estatal SON 100 Hermosillo-Bahía de Kino, que se constituye en otra importante vialidad hacia la Costa de Hermosillo.

El libramiento que se pretende construir comunicará la zona poniente de la ciudad de Hermosillo con la zona norte, dotando de una nueva ruta de traslado a todos los usuarios que provengan o bien se dirijan hacia esas zonas, lo cual generará un ahorro en gastos de operación y tiempo de traslado para los usuarios particulares, así como para el transporte de mercancías, pues estaría evitando el cruce por la ciudad.

Actualmente para tomar esta ruta es necesario utilizar las vialidades Blvd. Quiroga, Progreso y Morelos (Mazón), siendo en horas pico cuando más se ve afectado el flujo vehicular pues se mezcla el tránsito de paso con el tránsito propio de la ciudad, formándose embotellamientos.

El libramiento propiamente inicia en la salida Norte de la ciudad de Hermosillo y entronca con la Carretera Mina Pilares/Nyco a la altura del Km 11 de esta ruta, misma que entronca con la carretera Federal MEX 15, en el Km 14+970, salida a Nogales, a partir de este entronque inicia el tramo carretero nuevo hasta llegar a la planta de CCC Fenosa, 4 km antes de llegar a la carretera No.100 Hermosillo Bahia Kino a la altura del Km 13+500, donde se une a un tramo de carretera ya existente de la ciudad de Hermosillo. Este punto de unión es la parte final del presente proyecto con una longitud aproximada de 15.2 Km. Adicionalmente y como proyecto asociado se realizará la ampliación de un tramo de la carretera Mina Pilares/Nyco conocida comúnmente como carretera Nyco a partir del km 0+000 al km 11+000.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

En resumen, el proyecto del Libramiento norponiente de la Ciudad de Hermosillo inicia en el km 11+000 de la carretera Nyco con una longitud de 15.2 km y lleva como proyecto asociado la ampliación de la Carretera Nyco ya existente a partir de km 0+000 al Km 11+000, es decir 11 km para un total de 26.2 km.

En la figura inferior I.1, se muestra la macro localización del sitio del proyecto y en la figura I.2, se identifica de manera más detallada el trazo de proyecto apoyados con la imagen del Google Earth. Por otra parte, la Tabla I.1. muestra el cadenamiento del trazo del proyecto.

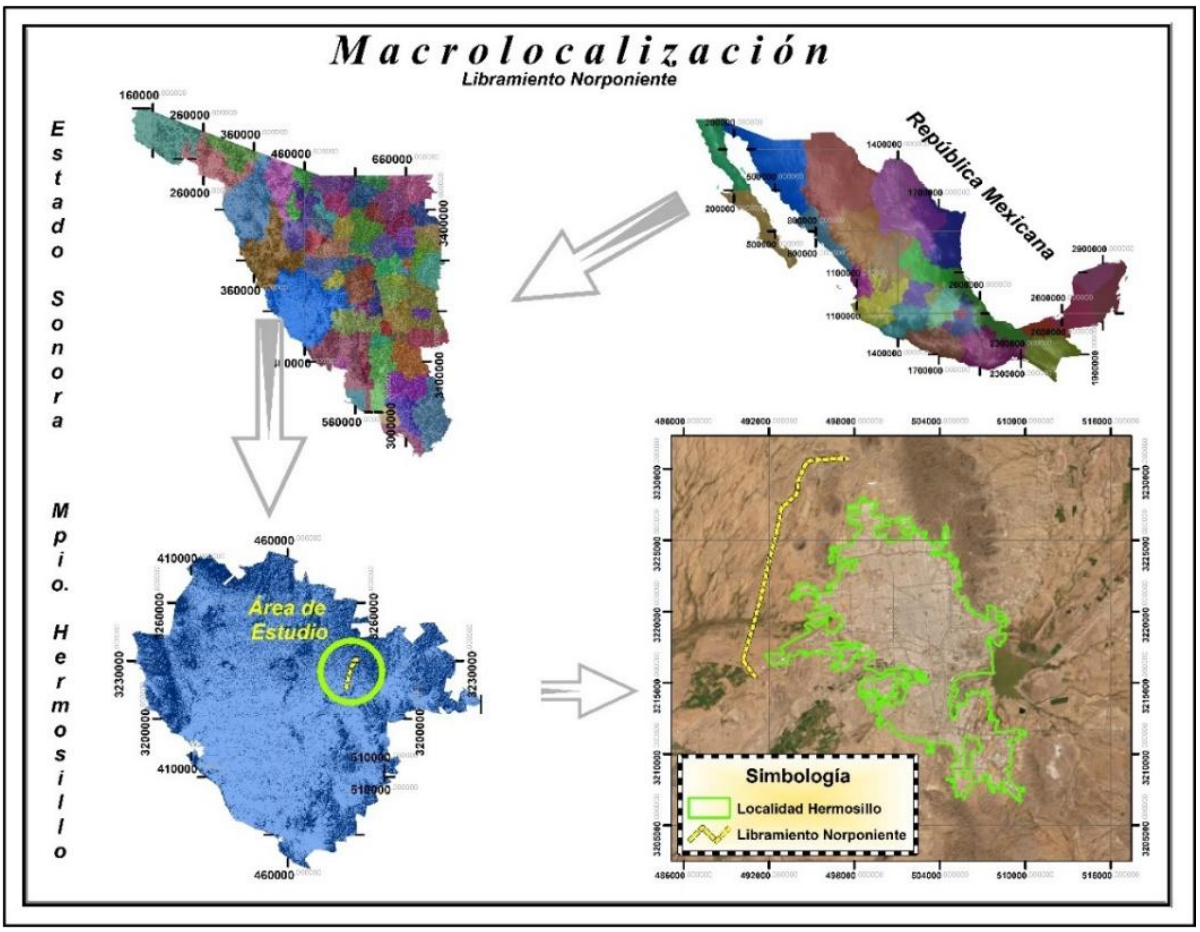


Figura I. 1 Macro localización del trazo del proyecto Libramiento Norponiente Hermosillo.

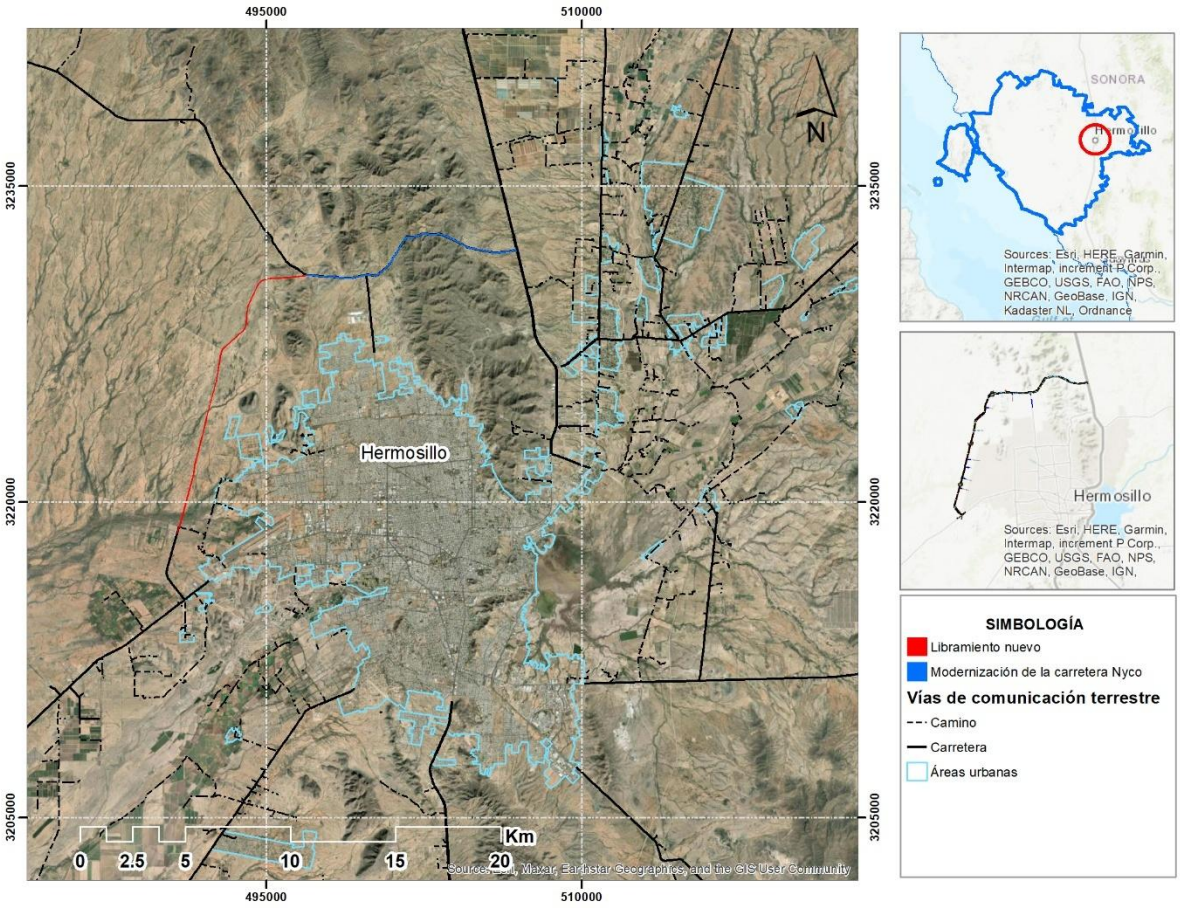


Figura I. 2 Micro localización del trazo del proyecto de libramiento y sección de modernización de la carretera Nyco.

Tabla I. 1 Cadenamiento del trazo del proyecto de libramiento y sección de modernización de la carretera Nyco.

PI #	ESTACIÓN	COORDENDA X	COORDENADA Y
BOP	0+000.000	506,890.23	3,231,992.67
1	0+363.267	506,537.39	3,231,906.26
2	1+117.629	505,785.45	3,231,841.60
3	1+802.469	505,112.92	3,231,976.57
4	2+109.553	504,812.80	3,232,041.59
5	2+427.399	504,501.08	3,232,103.68
6	2+775.905	504,208.10	3,232,297.59
7	3+292.534	503,740.38	3,232,517.69
8	3+540.559	503,515.21	3,232,621.68
9	3+796.405	503,280.81	3,232,724.24
10	4+145.557	502,928.88	3,232,715.59

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

11	4+674.775	502,400.34	3,232,743.25
12	4+964.920	502,130.89	3,232,628.88
13	5+163.255	501,940.66	3,232,572.27
14	5+465.518	501,637.69	3,232,570.23
15	6+039.913	501,302.23	3,232,073.77
16	6+951.482	500,831.25	3,231,293.28
17	7+321.304	500,571.14	3,231,029.51
18	7+559.890	500,388.46	3,230,875.93
19	7+810.069	500,175.61	3,230,744.19
20	8+226.292	499,751.95	3,230,796.04
21	9+093.869	498,898.15	3,230,634.23
22	9+637.747	498,354.79	3,230,672.47
23	10+477.027	497,517.60	3,230,731.60
24	10+894.630	497,102.63	3,230,778.47
25	11+599.174	496,401.34	3,230,700.50
26	13+310.618	494,694.40	3,230,576.32
27	14+681.269	494,078.81	3,229,281.60
28	15+709.991	493,995.25	3,228,253.96
29	17+226.574	492,842.66	3,227,233.67
30	18+690.516	492,598.81	3,225,774.17
31	20+518.723	492,124.14	3,224,008.57
32	21+432.216	491,925.22	3,223,116.99
33	22+884.242	491,557.55	3,221,712.28
34	23+384.057	491,492.05	3,221,216.59
35	25+558.420	490,918.52	3,219,118.98
36	25+858.420	490,829.95	3,218,832.35
37	26+130.551	490,753.89	3,218,571.07
38	26+200.000	490,734.53	3,218,504.37

I.1.3. TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Las normas y la literatura definen como vida útil para proyectos de carretas, el periodo de tiempo en el cual el cuerpo carretero no requiere de reparaciones o mantenimiento mayor. En base a ello el proyecto tiene una vida útil de 15 años. Al final de este periodo es posible que se requiera un mantenimiento mayor o ampliación a una cantidad mayor de carriles, permitiendo la ampliación de su vida útil. Sin embargo, se considera que esta obra no tiene una vida ilimitada ya que de acuerdo con la dinámica de crecimiento de la ciudad de Hermosillo en un futuro próximo este libramiento quedara inmerso en las vialidades urbanas de la ciudad. El proyecto no contempla el desarrollo de actividades altamente riesgosas por lo que no es aplicable el estudio de riesgo.

Por otra parte, el desarrollo del proyecto no contempla varias etapas para su construcción, teniéndose planeada la construcción en una sola etapa, es decir ampliación del tramo de la carretera Nyco y la construcción del libramiento.

Se estima que el tiempo de vida útil del proyecto es indefinido (más de 100 años), considerando que se les proporcionara un mantenimiento adecuado a los carriles de circulación.

I.1.4. DURACIÓN TOTAL DEL PROYECTO.

Se estima que el tiempo de construcción del proyecto en su conjunto puede llevar hasta 2 años, considerando este tiempo a partir del arranque de la obra.

I.1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.

Considerando las características actuales de la ciudad de Hermosillo, la construcción de este libramiento se justifica bajo los siguientes preceptos:

- Construir una vía más rápida, cómoda y segura para el tránsito turístico que desea visitar directamente a Bahía de Kino, sin pasar por la ciudad de Hermosillo.
- Proporcionar a los productores agrícolas y acuícolas de la Costa de Hermosillo, así como de la zona industrial aeropuerto, una carretera que permita transportar sus productos hacia el norte.
- Colaborar con el descongestionamiento vial de algunos Bulevares importantes de Hermosillo (principalmente Blvd. García Morales, Antonio Quiroga y Progreso).

I.1.6. PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN LEGAL.

En el Anexo 1 se presenta la siguiente documentación legal; Acta constitutiva de la empresa, Poder del Representante Legal y en el Anexo 2 las copias de la Declaración de incorporación al dominio público municipal de los terrenos involucrados en el proyecto.

I.2. PROMOVENTE

I.2.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROMOVENTE

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.2.2. REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTES (RFC) DEL PROMOVENTE

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.2.3. NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG :

I.2.4. DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DEL REPRESENTANTE LEGAL

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.3. RESPONSABLE DEL EIA

I.3.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL RESPONSABLE DEL EIA

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.3.2. RFC. DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.3.3. NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.3.4. DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.3.5. DECLARACIÓN DE PROTESTA DE DECIR VERDAD

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental).

Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

I.4. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

I.4.1. NATURALEZA DEL PROYECTO.

La ciudad de Hermosillo es una ciudad troncal en donde convergen vías de comunicación muy importantes, además, por sus principales vialidades urbanas transitan vehículos ligeros, de carga y autobuses de pasajeros cuyos orígenes incluyen poblaciones alejadas desde Tijuana, por la carretera Federal No. 2, Nogales y Guaymas por la carretera federal 15, de la Sierra sonorense por la carretera estatal No 20, del estado de Chihuahua por la carretera federal No 16 y de la frontera norte en su parte oriente desde Agua Prieta por la carretera federal No 14. La confluencia de estas carreteras propicia una concentración de tráfico que la SCT en el año 2000, con datos de 1998, estimó de aproximadamente 37,000 vehículos diarios, con una tendencia de crecimiento de 2.5% anual. A la fecha considerando estas estimaciones se puede decir que circulan más de 60,000 vehículos diarios.

Este alto tráfico vehicular ocasiona embotellamientos en las principales vialidades urbanas, así como el deterioro en la estructura de rodamiento de estas vialidades, accidentes de tránsito y contaminación del aire derivado de las emisiones de estas fuentes móviles. Por otro lado, los automovilistas que solo van de paso por la ciudad les toma mayor tiempo de traslado porque el tránsito en las vialidades es a baja velocidad, paros frecuentes y posibilidades de accidentes.

A pesar de que ya existe el libramiento en la carretera federal No. 15 por el oriente de la ciudad de Hermosillo es importante hacer notar que el problema se agudiza en la época de traslado de hortalizas y frutas de exportación, ya que la ciudad de Hermosillo es el paso obligado de los camiones de carga pesada en ruta hacia la ciudad de Nogales y gran parte de esos productos salen de la zona de la Costa de Hermosillo. Además, de las inconveniencias mencionadas y pérdida de tiempo, el paso de estos camiones por la ciudad sobre vialidades que no fueron construidas para soportar su peso, trae como consecuencia la fractura del pavimento y por consecuencia el daño y rompimiento de líneas de drenaje y agua potable, generando gastos de mantenimiento no presupuestados a la ciudad y la inconveniencia de paralizar el suministro de estos servicios a la ciudadanía.

Por otra parte, además de las emisiones a la atmósfera generadas por el tráfico vehicular foráneo, el traslado de las sustancias de riesgo, principalmente amoniaco, gas LP y gas cloro, así como los residuos peligrosos que provienen del sur de la entidad y los generados por la industria establecida en la ciudad son trasladados por las vialidades internas de la ciudad, presentando un riesgo a la seguridad y a la salud de la población.

Bajo todas estas consideraciones, el Gobierno de la Ciudad de Hermosillo, a fin de presentar una alternativa de solución a la problemática descrita ha concesionado el proyecto del Libramiento Norponiente de la ciudad de Hermosillo a una empresa en particular siendo esta la responsable de los estudios, construcción y operación del proyecto por un periodo de 30 años.

El libramiento que se pretende construir en la zona norponiente de la ciudad de Hermosillo, comunicará la zona poniente de la ciudad con la zona norte dotando de una nueva ruta de traslado a todos los usuarios que provengan o bien se dirijan hacia esas zonas, lo cual generará un ahorro en gastos de operación y tiempo de traslado para los usuarios particulares, así como para el transporte de mercancías, pues estaría evitando el cruce por la ciudad.

Actualmente para tomar esta ruta es necesario utilizar las vialidades Blvd. Quiroga, Progreso y Morelos (Mazón), siendo en horas pico cuando más se ve afectado el flujo vehicular, pues se mezcla el tránsito de paso con el tráfico propio de la ciudad, formándose complicados embotellamientos.

Para acceder al libramiento proyectado es necesario tomar la desviación que conduce hacia la minera Nyco conocida como carretera Nyco a la altura del Km 14+970 de la Carretera Federal No. 15 MEX, recorriendo una distancia de 11.0 Km, posteriormente y a partir de ahí inicia el libramiento rumbo sur hasta llegar a la planta de CCC Fenosa recorriendo una distancia de 15.2 km hasta unirse a un camino pavimentado existente de una longitud de 3.8 km hasta llegar a entroncar con la Carretera Estatal SON 100 (Hermosillo-Bahía de Kino) en el Km 13+500 aproximadamente, recorriendo en todo este trayecto una longitud aproximada de 30.0 Km.

Técnicamente toda esta ruta de circulación presentará las siguientes características:

- a) Ampliación de la Carretera Nyco a una Carretera tipo A2 del Km 0+000 al Km 11+000;
  b) Construcción de una nueva carretera tipo A2 del km 11+000 al km 26+200

- Ambas obras, ampliación de la ya existente y construcción de la nueva ruta serán carretera Tipo A con corona de 13.0 m, calzada de 7.0 m (2 carriles de 3.5 m cada uno y 2 acotamientos exteriores de 3.0 m). Un esquema de la Sección Tipo se presenta en la figura inferior.

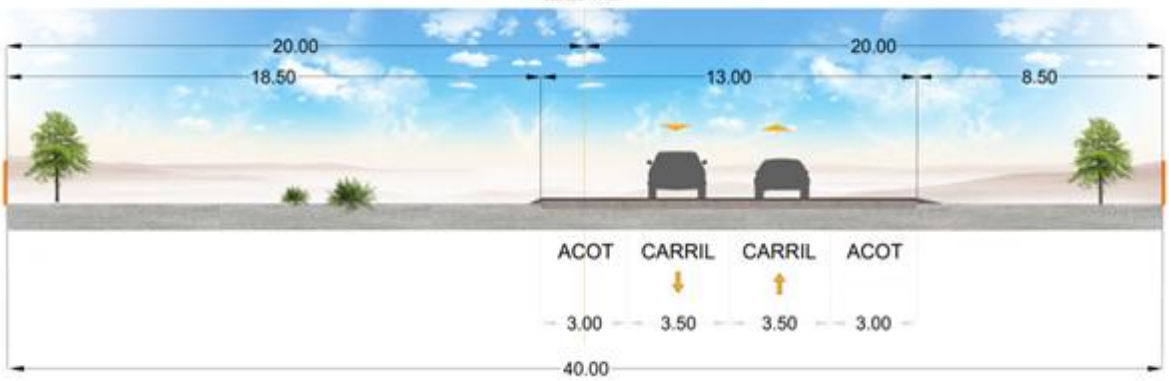


Figura I. 3 Carretera tipo A2, seccion tipo del Km 0+000 al 26+200.

Tabla I. 2 Resumen de las características del Libramiento Norponiente

Descripción	Localización
Longitud	26.2 Km
Proyecto asociado: Ampliación	Km 0+000 a km 11+000 de la Carretera Nyco
Proyecto: Construcción nueva ruta	Km 11+000 a km 26+200 de Carretera Nyco hasta CCC Union Fenosa
Derecho de vía	Ancho de 40.0 m
del Km 0+000 al 26+200	Carretera tipo A2 con corona de 13.0 m, calzada de 7.0 m (2 carriles de 3.5 m cada uno y 2 acotamientos exteriores de 3.0 m)

Entre los aspectos más importantes que distinguen este proyecto se pueden mencionar:

- Constituirá una vía más rápida, cómoda y segura para el tránsito turístico que desea visitar directamente a Bahía de Kino, sin pasar por la ciudad de Hermosillo.

- Proporcionará a los productores agrícolas y acuícolas de la Costa de Hermosillo, así como de la zona industrial aeropuerto, una carretera que permita transportar sus productos hacia el norte.

- Colaborará con el descongestionamiento vial de algunos Bulevares importantes de Hermosillo (principalmente Blvd. García Morales, Quiroga y Progreso).

El libramiento es una obra de infraestructura, que tiene por objeto reducir el tránsito de vehículos foráneos a través de la zona urbana de la ciudad de Hermosillo. Lo anterior se logra construyendo una carpeta de rodamiento, sobre una estructura de materiales pétreos. La superficie de rodamiento será constituida por una carpeta de material asfáltico, complementada con el adecuado señalamiento y mantenimiento.

Los materiales pétreos empleados para la estructura de base son procedentes de alguno de los bancos de préstamo existentes en la zona. Las estructuras de los pasos a desnivel, entronques y puentes serán fabricados a base de concreto reforzado apoyada en estribos y columnas de concreto, algunos de los elementos son prefabricados fuera de la zona y transportados a su sitio final para su colocación.

Ambientalmente la zona que será ocupada por dicha obra conlleva un cambio en el uso del suelo en terrenos forestales a lo largo de los 15.2 Km de aproximadamente 59.398 hectáreas, donde será construida la nueva vialidad y el resto, es decir los 11 Km restantes pertenecen a una ruta ya existente que corresponde a la carretera que conduce a la Mina Pilares/Nyco. Toda la ruta tendrá un derecho de vía de 40 metros, dentro de los cuales se llevarán a cabo los trabajos de modernización.

Del Km 0+000 al Km 11+000 se realizará la rehabilitación y ampliación de la carretera ya existente, que tiene un cuerpo de circulación de 7.0 metros con doble sentido, a una carretera

Tipo A2 con corona de 13.0 m, calzada de 7.0 m (2 carriles de 3.5 m cada uno y 2 acotamientos exteriores de 3.0 m). En este tramo se trabajará sobre el derecho de vía propio de la carretera.

Del Km 11+000 al Km 26+200 se constituye un trazo nuevo donde continua la carretera Tipo A2 con corona de 13.0 m, calzada de 7.0 m (2 carriles de 3.5 m cada uno y 2 acotamientos exteriores de 3.0 m). En este tramo se genera un nuevo derecho de vía de la carretera.

Por lo tanto, se tienen 15.2 Km por 40 metros, dando una superficie total de 60.8 ha, sin embargo, la superficie a convertir en derecho de vía se ajustó a 60.28 ha, dentro de la cual, 59.398 ha requiere cambio de uso de suelo (zona de cambio de uso de suelo como se señaló anteriormente). El uso actual del terreno a afectar es de tipo mixto, predominando el uso de agostadero, destacando la existencia de vegetación nativa típica de zonas áridas compuesta por Mezquital Xerófilo y Vegetación secundaria arbustiva de Mezquital xerófilo en donde además existe ganadería del tipo extensivo.

El proyecto no contempla el aprovechamiento de ningún recurso natural para su construcción o mantenimiento a excepción de los materiales pétreos que serán extraídos de bancos de materiales en explotación y agua de pozos de la localidad, además de mano de obra calculada en aproximadamente 250 empleos temporales. Al tratarse de un proyecto cuyo objeto no es el aprovechamiento de recursos naturales o que por sí mismo altere en forma irremediable el suelo, agua o el aire, es posible identificarlo con un grado de impacto moderado, clasificándose por ello con un nivel de sustentabilidad apropiado, además de que el proyecto contempla la restauración de las áreas deforestadas a lo largo del derecho de vía y la protección de las estructuras de las corrientes superficiales al proyectar y construir los puentes sobre las mismas respetando las características físicas de dichas corrientes.

La obra manifestada como proyecto asociado contempla un trazo que en parte coincide con infraestructura previamente existente, en la cual se llevarán a cabo actividades de ampliación y adecuación; mientras que el resto del trazo corresponde a la construcción de un nuevo segmento vial que conformará el libramiento.

En la figura siguiente se presenta el esquema de la distribución de las áreas de afectación por predio a lo largo del trazo del libramiento. Asimismo, en la tabla correspondiente se enlistan los propietarios de los predios involucrados, así como las superficies afectadas dentro de sus respectivos polígonos, considerando aquellas áreas que presentan cobertura vegetal.

Tabla I. 3 Áreas de afectación del trazo del libramiento y relación de predios.

Nombre del Propietario	Clave del predio	Clave Catastral	Régimen	Superficie Total de la propiedad en m^2	Superficie a afectar en m^2	% Respecto al Predio	Uso propuesto
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF02**	3600 C49-1-1792	Incorporación al dominio público	21,105	11,817.60	56.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF03_1**	3600 C49-19651	Incorporación al dominio público	59,128	44,472.83	75.2	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF03_2**	3600 C49-19650	Incorporación al dominio público	23,624	23,611.21	99.9	Infraestructura vial

H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF04**	3600 C49-19681	Incorporación al dominio público	26,657.13	26,653.92	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF05**	3600 C49-1-9688	Incorporación al dominio público	214,575.22	214,575.22	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF06**	3600 C49-19683	Incorporación al dominio público	47,946.02	47,946.02	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF07**	3600 C49-19686	Incorporación al dominio público	87,765.80	87,765.80	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF08**	3600 C49-20021	Incorporación al dominio público	38,840.27	38,840.27	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF09**	3600 C49-2-1127	Incorporación al dominio público	98,277.38	98,277.38	100.0	Infraestructura vial
H. Ayuntamiento de Hermosillo	**AF10**	3600 C49-29564	Incorporación al dominio público	13,020.369	8751.3	67.2	Infraestructura vial
			TOTAL	**630,939.03**	**602,711.57**	95.5	

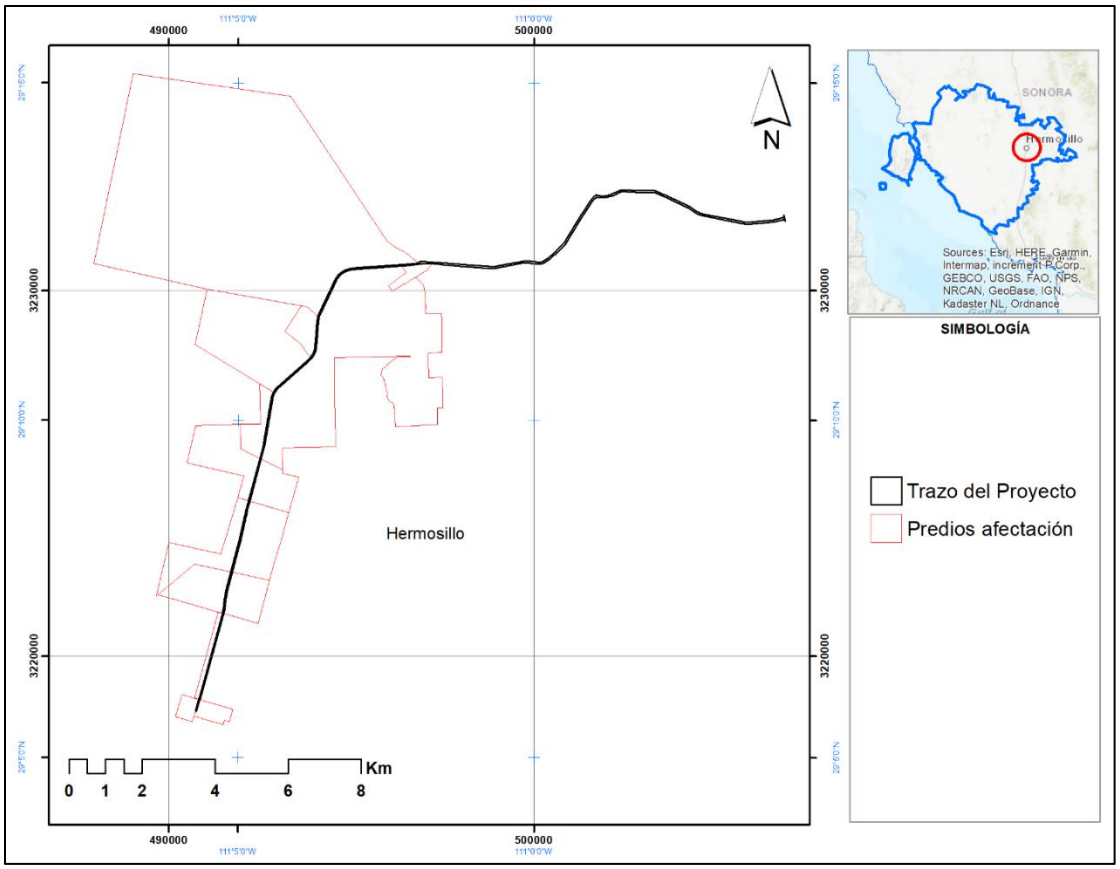


Figura I. 4 Polígonos de afectacion a lo largo del trazo del Libramiento Norponiente Hermosillo.

I.4.2. SELECCIÓN DEL SITIO.

Para la definición del trazo del Libramiento Norponiente de Hermosillo, se consideraron elementos asociados a la dinámica de generación de tráfico pesado en la zona urbana, así como

criterios técnicos relacionados con la eficiencia en la movilidad y la viabilidad constructiva del proyecto. En este sentido, se evaluó la necesidad de establecer una ruta que permitiera desviar el tránsito de carga fuera de la ciudad, reduciendo su interacción con la red vial urbana existente.

Se tomó en cuenta la ubicación de las principales fuentes de generación de tráfico pesado, vinculadas al transporte de productos agrícolas, las cuales se localizan predominantemente en la porción poniente de la ciudad. Esta zona también presenta un crecimiento habitacional en expansión, lo que incrementa la demanda de infraestructura vial que permita ordenar los flujos vehiculares y reducir la presión sobre las vialidades urbanas.

De manera complementaria, el trazo seleccionado responde a criterios de optimización de distancia y condiciones topográficas del terreno, lo que permitió plantear una alternativa con menor longitud y con condiciones favorables para su construcción, influyendo directamente en la reducción de costos asociados al desarrollo del proyecto.

En conjunto, la selección del sitio se sustentó en la necesidad de atender la demanda de un servicio público de transporte más eficiente, contribuir a la protección de la infraestructura urbana existente y reducir riesgos asociados a la interacción entre tráfico pesado y zonas habitacionales, incidiendo en la seguridad y la salud de la población. Con base en estos criterios, no se consideraron alternativas adicionales de trazo para el desarrollo de la obra.
.

I.4.3. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN

En la figura inferior, se presenta el trazo del libramiento norponiente, con respecto a la información referenciada en coordenadas UTM Zona 12, WGS84 y se indican las obras y estructuras contempladas por el proyecto de acuerdo al kilometraje del proyecto incluyendo puntos de origen y destino referidos al inicio del km 0+000 de la carretera Nyco mismo que inicia a la altura de km 14+970 de la carretera Federal México No. 15. En este punto de origen ya existe la carretera estatal denominada “Carretera Nyco” con su respectivo derecho de vía, cuya carpeta de rodamiento será ampliada a 13 metros hasta el cadenamiento del Km 11+000, para de ahí adentrarse al libramiento mediante la construcción de nuevas obras hasta el Km 26+200.

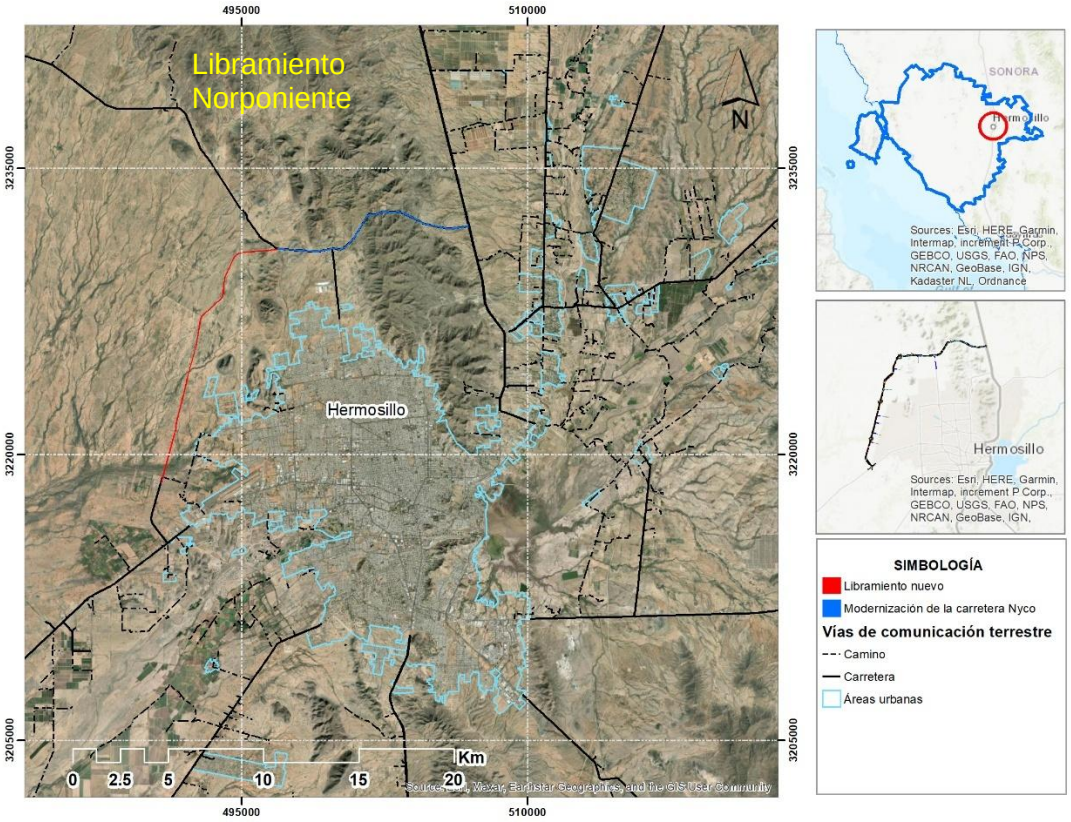


Figura I. 5 Ubicación del trazo del libramiento que incluye Carretera tipo A2, iniciando en el Km 14+970 de la Carretera Federal MEX 15 y finalizando en el Km 26+200 de la Carretera CCC Fenosa.

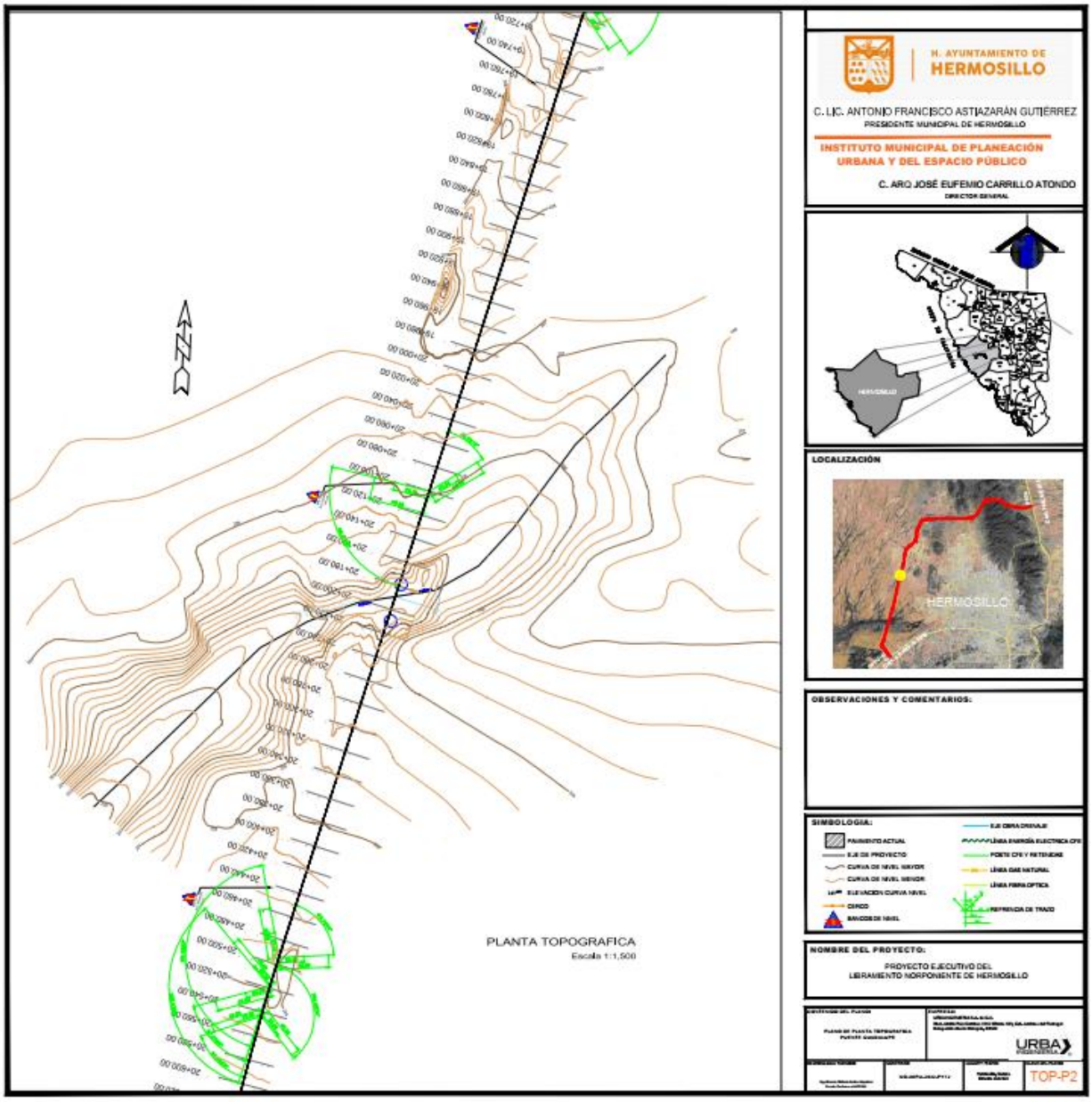


Figura I. 6 Mapa de ubicación del Puente Guadalupe.

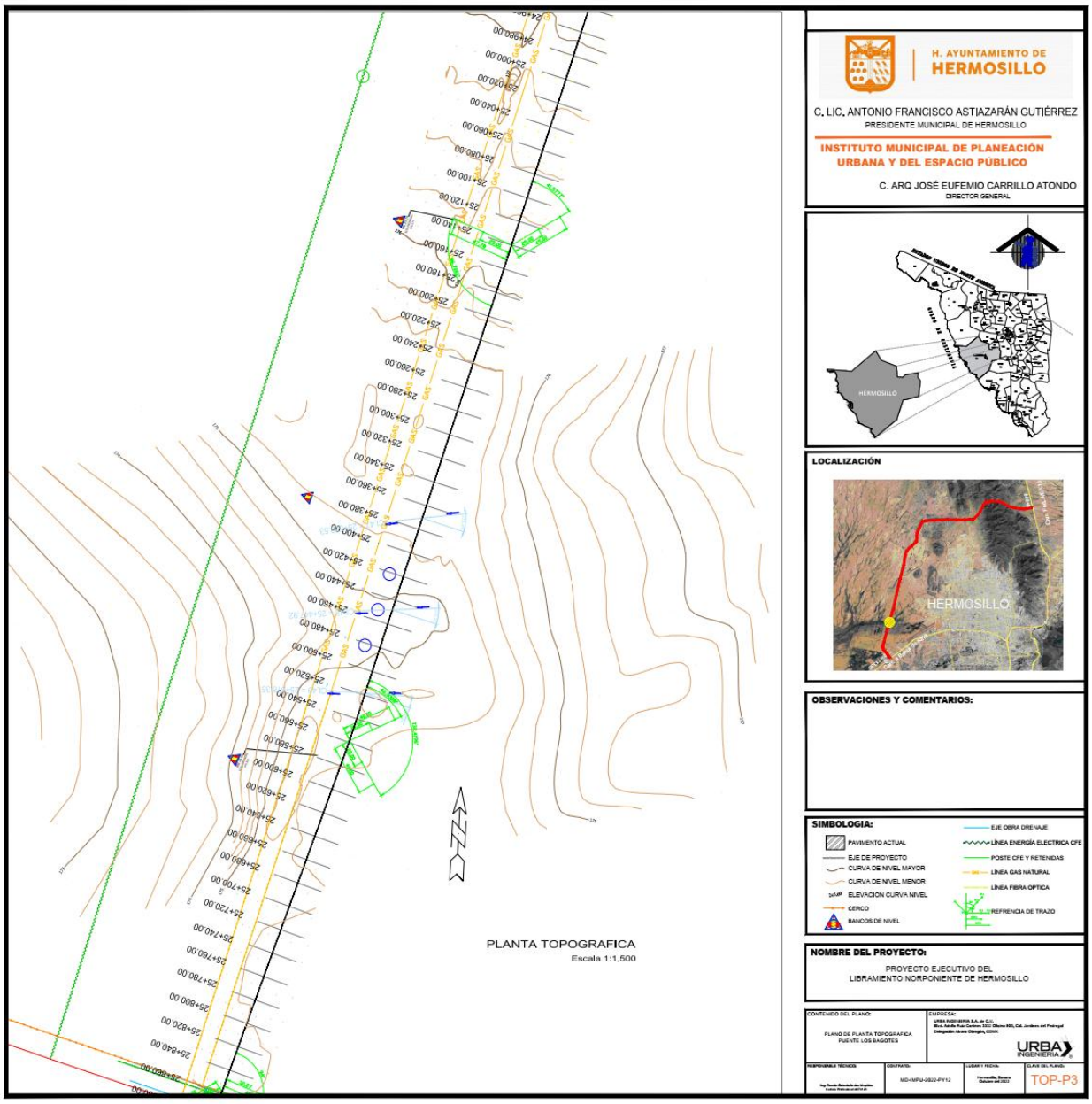


Figura I. 7 Mapa de ubicación del Puente Los Bagotes.

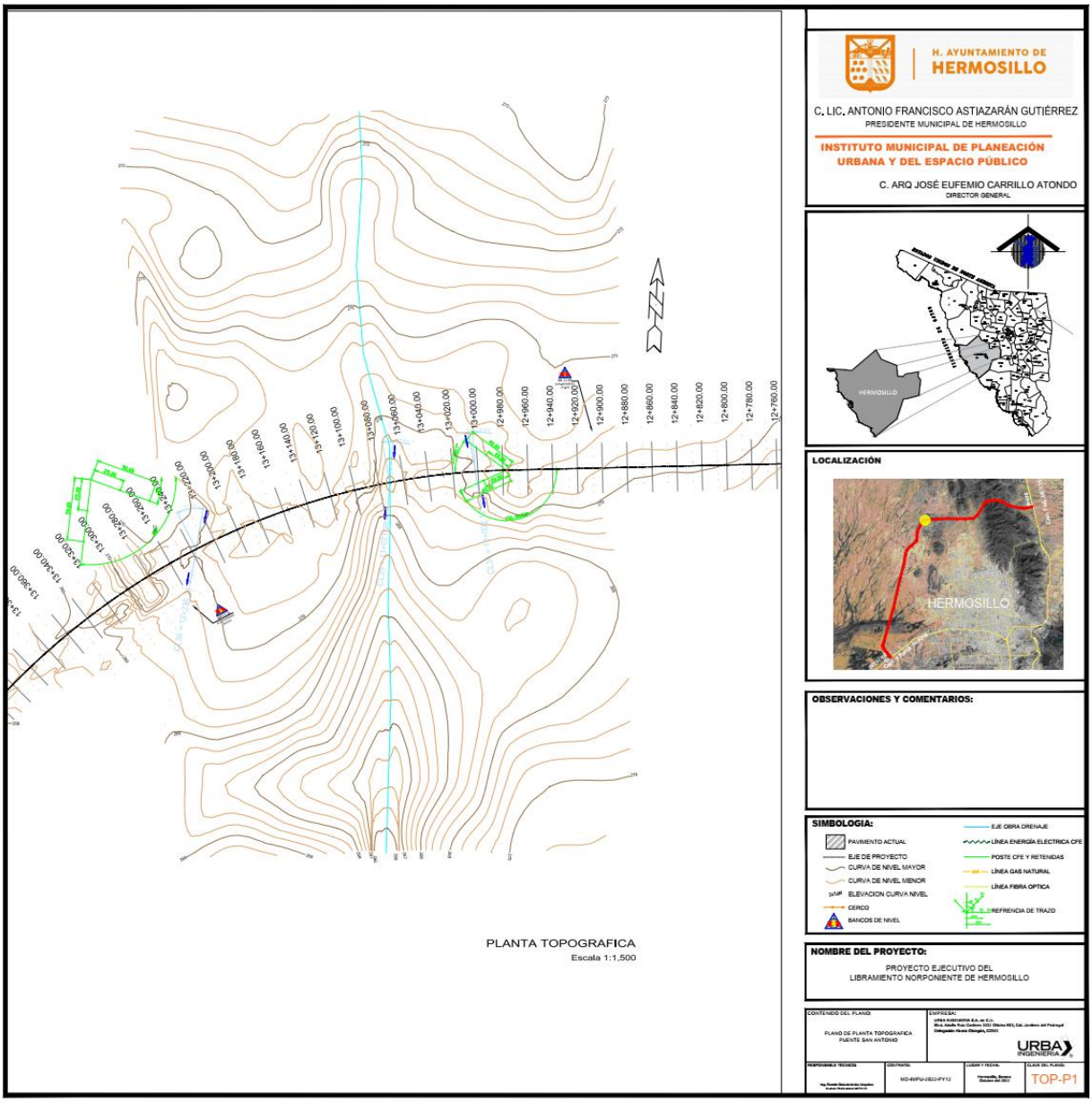


Figura I. 8 Mapa de ubicación del Puente San Antonio.

Tabla I. 4 Ubicación de Obras de drenaje menor y puentes en el tramo del proyecto de Libramiento.

DATOS DE LA OBRA		
Obra	CL	Dimensiones
1	11+313.22	1.5 x 1.2
2	11+687.61	1.5 x 1.2
3	11+776.12	1.5 x 1.2
4	11+909.89	1.5 x 1.2
5	12+026.61	1.5 x 1.2
6	12+425.74	1.5 x 1.2
7	12+660.67	2.0 x 1.2
8	13+002.12	1.5 x 1.2
9	13+071.28	PUENTE
10	13+236.26	1.5 x 1.2
11	13+817.22	1.5 x 1.2
12	15+564.01	1.5 x 1.2
13	16+226.88	2.0 x 1.2
14	17+029.23	1.5 x 1.2
15	17+240.95	1.5 x 1.2
16	17+403.80	1.5 x 1.2
17	18+310.51	1.5 x 1.2
18	18+562.69	1.5 x 1.2
19	20+189.05	PUENTE
20	21+361.27	1.5 x 1.2
21	25+370.53	3.0 x 1.5
22	25+447.92	PUENTE
23	25+518.35	3.0 x 1.5

I.4.4. INVERSIÓN REQUERIDA

Costos de construcción.

Con base en el Programa de Construcción, la obra correspondiente a la construcción y pavimentación del Libramiento Norponiente, así como el proyecto asociado de modernización del tramo km 0+000 al km 11+000, entre la Carretera Federal MEX 15 y la carretera a Bahía de Kino. El programa considera una inversión total de **$ 958,995,109.68** después del IVA, a ejercerse durante un periodo de **12 meses**. La inversión se distribuye en los siguientes conceptos.

La siguiente tabla presenta los conceptos de inversión conforme al programa de inversión, el período de ejecución mensual y el monto asociado a cada concepto.

Tabla I. 5 Costos de construcción del proyecto, incluye libramiento nuevo y proyecto asociado (modernización de la carretera Nyco).

Concepto	Periodo programado de ejecución	Monto aproximado identificado en programa

Terracerías	Meses 1 al 10	$ 213,439,006.68
Obras de drenaje menor	Meses 1 al 4.5	$ 26,616,527.47
Pavimentos	Meses 4 al 11	$ 399,547,894.48
Obras complementarias	Meses 2 al 6 y meses 9 al 12	$ 18,044,203.95
Señalamiento	Meses 11 y 12	$ 5,109,609.03
Puentes	Meses 2 al 10	$ 60,745,079.63
Casetas	Meses 7 al 12	$103,217,600.90
SUBTOTAL		**$ 826,719,922.14**
I.V.A.		**$ 132,275,187.54**
TOTAL		**$ 958,995,109.68**

Costos de las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o restauración

La estimación de los costos asociados a la implementación de los programas ambientales propuestos para el proyecto, se establece una referencia económica de los recursos necesarios para ejecutar, supervisar y documentar las acciones ambientales previstas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La estimación de costos se integró a partir del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y de los programas específicos vinculados con el control de impactos ambientales del proyecto. El PVA tiene como propósito verificar el cumplimiento de las medidas propuestas en la MIA, así como dar seguimiento a los indicadores ambientales asociados a los impactos identificados para el proyecto.

Para efectos presupuestales, los conceptos de inversión se agruparon en ocho componentes ambientales: supervisión y vigilancia ambiental; control de emisiones y ruido; rescate y reubicación de flora; reforestación y restauración vegetal; rescate y reubicación de fauna; manejo integral de residuos; conservación de suelos y agua; y capacitación ambiental. Esta agrupación permite relacionar cada costo con el programa o medida ambiental correspondiente, evitar duplicidades y facilitar su seguimiento durante la ejecución de la obra.

Tabla I. 6 Costos estimados para la aplicación de medidas ambientales

Programa o componente ambiental	Subtotal sin IVA	IVA	Total con IVA
Supervisión y vigilancia ambiental	$1,522,645.12	$243,623.22	$1,766,268.34
Control de emisiones y ruido	$1,261,350.00	$201,816.00	$1,463,166.00
Rescate y reubicación de flora	$2,128,390.00	$340,542.40	$2,468,932.40
Reforestación y restauración vegetal	$3,596,980.00	$575,516.80	$4,172,496.80
Rescate y reubicación de fauna	$596,454.00	$95,432.64	$691,886.64
Manejo integral de residuos	$958,000.00	$153,280.00	$1,111,280.00
Conservación de suelos y agua	$1,782,125.00	$285,140.00	$2,067,265.00
Capacitación ambiental	$102,000.00	$16,320.00	$118,320.00
Total	**$11,947,944.12**	**$1,911,671.06**	**$13,859,615.18**

El monto total estimado para la aplicación de las medidas ambientales asciende a $11,947,944.12 M.N. sin IVA y a $13,859,615.18 M.N. incluyendo IVA. Este monto representa aproximadamente el 1.44% del monto total de la obra, considerando como referencia la inversión general del proyecto.

Descripción general de los conceptos de inversión por programa.

Supervisión y Vigilancia Ambiental. Considera los recursos necesarios para la coordinación técnica del PVA, la participación de personal ambiental de campo, el uso de vehículo, combustible, equipo básico de medición, equipo de protección personal, levantamiento de evidencias, integración de bitácoras y elaboración de informes de cumplimiento. Este componente es transversal, ya que permite verificar que las actividades constructivas se desarrollen conforme a lo previsto en la MIA, los programas ambientales y, en su caso, las condicionantes que establezca la autoridad ambiental.

Control de Emisiones y Ruido. Incluye las acciones destinadas a reducir la emisión de partículas suspendidas, gases de combustión, ruido y vibraciones durante las actividades de desmonte, despalme, terracerías, cortes, excavaciones, transporte de materiales, pavimentación y operación de maquinaria. Se consideran conceptos como riego con pipa en frentes activos, caminos internos y superficies expuestas; señalización y control de velocidad en zonas de tránsito de maquinaria; verificación ambiental operativa de equipos; y control de ruido mediante revisión de horarios de trabajo, silenciadores y uso de equipo de protección auditiva.

Rescate y Reubicación de Flora. Comprende las acciones de identificación, selección, marcaje, banqueo, extracción, protección de cepellón, carga, traslado, acopio temporal, aclimatación, reubicación, apertura de cepas, trasplante y primer riego de los individuos vegetales sujetos a rescate. Este componente se deriva del Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, el cual establece la necesidad de salvaguardar ejemplares representativos de especies presentes en el área del proyecto, en atención a la remoción de vegetación que se realizará en el derecho de vía.

Reforestación y Restauración Vegetal. Integra la adquisición o producción de planta nativa, su traslado al sitio, apertura de cepas, aplicación de promotor de raíz, plantación, primer riego, riegos de auxilio, mantenimiento, reposición de marras, monitoreo de supervivencia e informes de seguimiento. Este componente corresponde a las acciones de compensación y restauración vegetal previstas para recuperar cobertura, favorecer la estabilización de suelos y contribuir a la restitución funcional de áreas destinadas a reforestación.

Rescate y Reubicación de Fauna. Incluye recorridos previos al desmonte, ahuyentamiento, captura, manejo temporal, traslado y liberación de ejemplares, así como el equipo necesario para su manejo. También considera bitácoras, evidencia fotográfica y seguimiento durante las actividades de preparación del sitio. Estas acciones se vinculan con el objetivo de reducir riesgos para la fauna silvestre durante el desmonte mediante procedimientos de ahuyentamiento, captura y liberación controlada en áreas compatibles.

Manejo Integral de Residuos. Considera la instalación y operación de contenedores, señalización, áreas de acopio temporal, manejo de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, así como kits antiderrames, sanitarios portátiles, capacitación específica y seguimiento documental mediante bitácoras y comprobantes de disposición. Este

programa establece medidas de prevención y minimización, segregación en origen, almacenamiento temporal, disposición final conforme a la normativa vigente y mecanismos de monitoreo y supervisión.

Conservación de Suelos y Agua. Incluye la construcción y mantenimiento de zanjas bordo, cordones de vegetación y terrazas individuales asociadas a plantas rescatadas y reforestadas. También considera monitoreo de erosión, revisión de azolves, mantenimiento correctivo posterior a lluvias y elaboración de reportes técnicos. Este programa tiene como objetivo prevenir, mitigar y compensar los procesos de erosión y alteración del régimen hidrológico superficial derivados de las actividades del proyecto, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Capacitación Ambiental. Considera la inducción ambiental general al personal de obra y la formación específica en temas de protección de flora, fauna, manejo de residuos, control de emisiones, prevención de derrames, respeto a áreas autorizadas y cumplimiento de medidas ambientales. Esta capacitación se integra como medida preventiva, ya que permite reducir riesgos derivados de prácticas inadecuadas del personal durante la ejecución del proyecto.

En conjunto, los costos estimados permiten prever los recursos necesarios para la implementación de las medidas ambientales propuestas en la MIA y para su seguimiento mediante el PVA.

I.4.5. DIMENSIONES DEL PROYECTO

a) Superficie total del predio o del derecho de vía: 115.8663 has. Dentro de estas, 60.28 has corresponden al derecho de vía del tramo de libramiento nuevo, y de estas, 59.398 has constituyen la superficie a afectar de Mezquital xerófilo y vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo, lo cual representa un porcentaje en relación a la superficie del proyecto del 51.26%

b) La superficie para obras permanentes es de 34.06 has (considerando la ampliación de la carretera existente y la nueva carretera).

c) El proyecto no se ubica en zonas de conservación o aprovechamiento restringido, zona de producción o zona de restauración, por lo que no aplica la clasificación del numeral indicado, sin embargo, contempla la reforestación en una superficie de 60 ha. El proyecto no se ubica en un solo predio o en un conjunto predial y aproximadamente el 50% del área soporta vegetación de zonas áridas no maderable.

I.4.6. USO ACTUAL DE SUELO Y/O CUERPOS DE AGUA EN EL SITIO DEL PROYECTO Y EN SUS COLINDANCIAS

En el polígono del proyecto y sus colindancias inmediatas, el uso actual del suelo es de carácter mixto con predominio de actividades pecuarias, particularmente ganadería extensiva en agostaderos y pastoreo, en un entorno rural–periurbano del norponiente de Hermosillo. Esta

condición se desarrolla sobre una matriz ambiental de vegetación nativa xerófila, donde se reconocen comunidades típicas de zonas áridas como matorral sarco-crasicaule y mezquital, las cuales coexisten con el aprovechamiento ganadero y con una red de caminos y vialidades de servicio local. En el ámbito inmediato del polígono se identifican también usos antrópicos puntuales vinculados a la proximidad con la ciudad y a las vialidades existentes (servicios e infraestructura dispersa), con mayor presencia en los segmentos cercanos hacia la conexión con la MEX 15 y menor intensidad hacia zonas de carácter más rural.

Con base en la delimitación considerada para esta Manifestación, se precisa que en la zona colindante inmediata al polígono del proyecto no se desarrolla agricultura; el patrón dominante corresponde a uso pecuario extensivo, cobertura de vegetación natural y ocupación puntual asociada a infraestructura y caminos. No obstante, a escala regional sí se presenta agricultura, principalmente en relación con las planicies aluviales y márgenes fluviales de la región hidrológica. En particular, la agricultura regional, al norte y fuera del sistema ambiental, se reconoce como agricultura de riego de tipo anual y semipermanente asociada al cauce del Río Sonora, donde se concentran las áreas con infraestructura de riego y suelos con mayor aptitud agrícola, diferenciándose del entorno inmediato del proyecto.

En cuanto a cuerpos de agua, dentro del polígono del proyecto no se identifican cuerpos de agua superficiales permanentes; sin embargo, el trazo se desarrolla en una zona influida por una red de corrientes y cauces de régimen intermitente, cuyos escurrimientos se presentan de forma esporádica durante eventos de precipitación. Esta condición hidrológica explica que el uso del agua superficial en el sitio sea limitado y que, de forma general, las actividades regionales se soporten en el aprovechamiento de agua subterránea, mientras que la interacción relevante del proyecto con el recurso hídrico superficial se asocia a la conservación de la continuidad hidráulica en cruces y al manejo de drenaje para evitar alteraciones del patrón natural de escurrimientos.

Como referencia hidrológica regional se identifica la Presa Abelardo L. Rodríguez, localizada a una distancia mayor a 17 km del proyecto en su punto más cercano, por lo que no existe interacción directa con el embalse en términos de ocupación física o afectación inmediata por obras del libramiento. La presa fue utilizada históricamente como infraestructura de almacenamiento para abastecimiento, pero actualmente no presenta agua almacenada debido a que dejó de recibir aportaciones regulares tras la construcción de la Presa El Molinito aguas arriba del Río Sonora, la cual retiene los escurrimientos y controla los volúmenes que anteriormente podían alimentar el vaso de la Presa Abelardo L. Rodríguez; en consecuencia, su vaso se describe integrado a la planicie aluvial del Río Sonora y se mantiene predominantemente seco.

Este proyecto requiere del cambio de uso de suelo en terrenos forestales en un segmento de la obra propuesta (59.398 ha), por lo que la información relacionada a esa gestión se presenta en los numerales indicados en la nota que se presenta al principio de este documento.

I.4.7. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS.

En términos de urbanización, el Libramiento Norponiente de Hermosillo se emplaza en una franja periurbana–rural al norponiente de la ciudad, con un gradiente espacial donde la influencia urbana es mayor en el entorno de las conexiones con la red vial principal y disminuye hacia tramos con predominio de usos rurales. El proyecto se justifica, precisamente, por la necesidad de evitar que el tránsito de paso se mezcle con el tránsito urbano que actualmente utiliza vialidades como Blvd. Quiroga, Progreso y Morelos (Mazón), generando congestionamientos en horas pico.

La conectividad territorial del libramiento se estructura entre la MEX 15 (salida norte) y la SON 100 (Hermosillo–Bahía de Kino), integrando tramos sobre vialidades existentes como proyecto asociado y tramos de construcción nueva como proyecto principal.

La urbanización y la infraestructura de soporte más evidente dentro del área de influencia inmediata se asocian a corredores ya existentes. En particular, la carretera a la Mina Nyco y el ramal a CCC Fenosa son vialidades con uso actual predominantemente local; en el caso del ramal a CCC Fenosa, su uso se vincula principalmente a trabajadores de la planta y ranchos aledaños, mientras que en el corredor a Mina Nyco se reporta el uso por camiones recolectores, vehículos asociados a la mina y ranchos de la región, además de un tramo con alta presencia de tránsito pesado y liviano desde el entronque con la MEX 15 hacia Blvd. Solidaridad.

Respecto a servicios requeridos, durante la etapa de preparación del sitio y construcción el proyecto demandará servicios de apoyo típicos de obras lineales: accesos para maquinaria y suministro de materiales, abastecimiento de agua para actividades de obra (principalmente control de polvo y apoyo a compactaciones), energía para equipos menores y oficinas/campamentos temporales, servicios sanitarios para personal, telecomunicaciones operativas, y logística para el manejo de residuos. La estrategia principal para reducir impactos adicionales será aprovechar la infraestructura vial existente para el acceso a frentes de obra y para la movilización de insumos, minimizando la apertura de accesos adicionales fuera del derecho de vía, con el objetivo de reducir la apertura de servicios e infraestructura asociada.

En materia de agua, dado el carácter periurbano–rural del corredor y la naturaleza lineal de los frentes de trabajo, el abastecimiento para obra se prevé mediante suministro externo (p. ej., transporte en pipas desde fuentes autorizadas o proveedores formales) y almacenamiento temporal controlado en los puntos operativos que se definan para la construcción. En cuanto a energía eléctrica, la demanda se asocia principalmente a equipos menores, iluminación temporal y oficinas/campamentos, por lo que el suministro se atenderá mediante infraestructura existente donde sea factible y, para frentes móviles o zonas sin disponibilidad inmediata, mediante generación temporal (plantas eléctricas).

Para drenaje sanitario y aguas residuales durante construcción, al no tratarse de un desarrollo urbano con conexión a redes sanitarias en todo el corredor, se requerirán instalaciones sanitarias temporales (por ejemplo, sanitarios portátiles), con recolección y disposición por prestadores de servicio autorizados. Para telecomunicaciones, el soporte operativo se atenderá principalmente con telefonía móvil en los tramos con cobertura y, donde sea necesario para continuidad operativa y seguridad, con radiocomunicación de obra; en ambos casos sin implicar infraestructura permanente adicional en el polígono.

En relación con manejo de residuos, el proyecto requerirá servicios para la recolección, acopio temporal y transporte hacia sitios y/o gestores autorizados (residuos sólidos urbanos del personal; residuos de manejo especial asociados a embalajes, materiales y actividades de obra; y, en su caso, residuos peligrosos derivados de mantenimiento de maquinaria). La provisión de estos servicios se soportará en la infraestructura existente en el municipio/región, evitando la creación de infraestructura de disposición dentro del sitio del proyecto, lo cual es consistente con el enfoque de minimizar servicios nuevos en campo y controlar impactos asociados.

I.5. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a una obra de una carretera nueva de 15.2 km de longitud, y como obra complementaria se contemplan 11 km de ampliación de carretera existente. La carretera nueva concebida como un corredor de interconexión regional que enlaza la Carretera Federal MEX 15 (salida norte de Hermosillo) con la Carretera Estatal SON 100 (Hermosillo–Bahía de Kino), con el fin de canalizar tránsito de paso y de carga evitando el uso de vialidades urbanas donde se presentan congestionamientos por mezcla de tránsito local y foráneo.

En términos de trazo general, el trazo de modernización inicia sobre la carretera Nyco km 0+000 que entronca sobre la MEX 15 en el km 14+970 (tramo de rehabilitación y ampliación) y se desarrolla con rumbo predominante al poniente; en su primer segmento es un tramo de vialidad existente conocida como carretera a la Mina Nyco, y posteriormente se integra a un tramo de camino nuevo (tramo de la carretera nueva del proyecto de Libramiento Norte) para conformar el corredor del libramiento hasta su conexión hacia la carretera estatal a Bahía de Kino.

La configuración del proyecto se apoya, por tanto, en la combinación de rehabilitación/modernización/ampliación de infraestructura existente y construcción de tramo nuevo, condición que define su huella de intervención y la naturaleza de sus impactos ambientales directos.

Para el tramo considerado como obra complementaria y el tramo de libramiento (carretera nueva), la vialidad se desarrolla con un derecho de vía proyectado de 40.0 m de ancho (ya existente en el tramo considerado como obra complementaria) y una sección tipo Carretera A2 a lo largo del eje (km 0.0 a km 26.2). La sección A2 se define con corona de 13.0 m y calzada de 7.0 m (dos carriles de 3.5 m) más acotamientos exteriores de 3.0 m.

Estas características geométricas determinan el ancho de plataforma, el espacio funcional requerido dentro del derecho de vía y, en consecuencia, la superficie potencial de desmonte, terracerías y obras de drenaje asociadas.

Desde el punto de vista de condición y tipo de intervención por subcomponentes, el corredor incorpora un segmento sobre la carretera a la Mina Nyco que actualmente se describe como una vialidad tipo C (≈7 m de ancho) y que será ampliada y modernizada a sección A2 (13 m) en una longitud del orden de 11.0 km a partir del entronque con la MEX 15.

En dicha vialidad existente se reportan condiciones físicas deterioradas en parte de su desarrollo y la necesidad de reconstrucción menor de pavimentos y colocación total de señalamientos, lo cual implica actividades de rehabilitación, reparación localizada, señalamiento y puesta a punto para operación segura conforme a su nueva función como corredor de libramiento.

El resto del corredor se integra con tramos de construcción nueva en terrenos incorporados a dominio público, los cuales en la documentación técnica del proyecto se han estimado en el orden de 15.2 km (tramo “sin camino”), característica que vuelve relevante la etapa de preparación del sitio (desmonte, despalme, conformación de plataforma, terracerías, etc.) y la ejecución de obras de drenaje transversal para asegurar la continuidad hidráulica de escurrimientos intermitentes.

La ejecución del proyecto demandará materiales pétreos (subbase, base, agregados y material para terracerías), los cuales se prevé abastecer preferentemente a partir de bancos de material existentes y en operación, debidamente autorizados, y en su caso mediante el aprovechamiento de materiales provenientes de los cortes requeridos para la conformación geométrica del cuerpo carretero, siempre que cumplan con las especificaciones de calidad aplicables. En esta etapa no se contempla la apertura de nuevos bancos; no obstante, si durante la ejecución se determinara que las fuentes disponibles no satisfacen requerimientos técnicos, logísticos o económicos, el suministro podría complementarse con bancos actualmente inactivos o con nuevas fuentes, lo cual estaría condicionado a que dichas fuentes cuenten con los permisos y autorizaciones ambientales y administrativas que resulten aplicables.

Conforme a los procedimientos de contratación y ejecución de obra, el contratista puede seleccionar los sitios de suministro que aseguren el cumplimiento de la calidad y el precio contratados; sin embargo, el proyecto establecerá como criterio obligatorio que el abastecimiento provenga exclusivamente de fuentes autorizadas (bancos con permisos vigentes y, cuando corresponda, autorizaciones ambientales aplicables), de manera que la extracción y transporte de materiales se realicen bajo un marco de cumplimiento. En términos operativos, el suministro constituye una relación comercial entre contratista y proveedor; no obstante, para efectos de desempeño ambiental del proyecto, se exigirá evidencia documental de la legalidad y autorización de las fuentes de materiales, y se aplicarán medidas de control asociadas al acarreo (cubrimiento de cajas, control de derrames, riego/humectación en frentes y rutas) para minimizar emisiones y dispersión de finos.

En el componente hidrológico, el trazo cruza arroyos de régimen intermitente, característicos de la región por su baja precipitación y por la estacionalidad de los escurrimientos. En consecuencia, las actividades de construcción de estructuras (puentes, alcantarillas y vados, según corresponda) se programarán preferentemente en condiciones de estiaje, lo que reduce la probabilidad de interacción directa con escurrimientos activos; sin embargo, se mantendrán controles preventivos para evitar impactos por arrastre de sedimentos, obstrucción de cauces y contaminación accidental (por ejemplo, mantener libres las líneas naturales de escurrimiento, ubicar acopios fuera de cauces, limpieza de secciones hidráulicas y control de derrames). Las dimensiones y condiciones de las estructuras (tablas inferiores) se sustentan en criterios topo-hidráulicos; en caso de identificarse insuficiencia frente a condiciones reales de escorrentía, se ajustarán a las dimensiones requeridas para conservar la seguridad hidráulica y la conectividad del drenaje. Los accesos a frentes de obra en estructuras se realizarán dentro del derecho de vía y se privilegiará el uso de caminos existentes, evitando aperturas adicionales.

Tabla I. 7 Especificaciones de construcción de los puentes

Concepto	San Antonio	Guadalupe	Los Bagotes
Tipo de Estructura	2 claros de 12.00 m c/u	3 claros de 12.00 m c/u	7 claros de 12.00 m c/u
Dimensiones	24.00 m de longitud, 14.20 m ancho de sección	36.00 m de longitud, 14.20 m ancho de sección	84.00 m de longitud, 14.20 m ancho de sección
Gasto Hidráulico	39.38 m³/s (Tr=100)70.94 m³/s (Tr=500)	78.43 m³/s (Tr=100)125.69 m³/s (Tr=500)	171.58 m³/s (Tr=100)260.31 m³/s (Tr=500)
Tipo de Cimentación	Profunda mediante pilotescon cabezales/riostras y muros	Profunda mediante pilotescon cabezales/riostras y muros	Profunda mediante pilotescon cabezales y riostras
Tipo de Superestructura	Vigas metálicascon diafragmas; parapeto/guarnición Tipo T-34.3.1	Vigas metálicascon diafragmas; parapeto/guarnición Tipo T-34.3.1	Vigas metálicascon diafragmas; parapeto/guarnición Tipo T-34.3.1
Peso Máximo Vehicular	Carga de Diseño IMT-66.5	Carga de Diseño IMT-66.5	Carga de Diseño IMT-66.5

Tabla I. 8 Obras de drenaje menor

OBRAS DE DRENAJE MENOR
RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA

CAMINO: Libramiento Norponiente de Hermosillo
TRAMO: Km. 11+000 - Km. 26+200
ORIGEN: Entronque Carretera Nyco

DATOS DE LA OBRA			CONCEPTOS					
			Excavación	Concreto			Acero	Relleno
Obra	CL	Dimensiones		f'c=150 Kg/cm2	f'c=250 Kg/cm2	Zampeado		
1	11+313.22	1.5 x 1.2	85.51 m3	55.02 m3	6.97 m3	5.47 m3	523.58 Kg	30.75 m3
2	11+687.61	1.5 x 1.2	90.70 m3	59.15 m3	7.87 m3	5.84 m3	590.38 Kg	32.70 m3
3	11+776.12	1.5 x 1.2	167.40 m3	109.46 m3	12.70 m3	10.76 m3	954.98 Kg	59.41 m3
4	11+909.89	1.5 x 1.2	79.19 m3	51.22 m3	6.85 m3	5.11 m3	516.14 Kg	28.61 m3
5	12+026.61	1.5 x 1.2	82.91 m3	53.82 m3	7.20 m3	5.37 m3	540.82 Kg	29.94 m3
6	12+425.74	1.5 x 1.2	83.10 m3	53.94 m3	7.22 m3	5.39 m3	541.14 Kg	30.01 m3
7	12+660.67	2.0 x 1.2	107.40 m3	72.73 m3	11.75 m3	8.49 m3	811.80 Kg	37.63 m3
8	13+002.12	1.5 x 1.2	82.63 m3	53.66 m3	7.20 m3	5.33 m3	540.83 Kg	29.85 m3
9	13+071.28	PUENTE						
10	13+236.26	1.5 x 1.2	113.29 m3	73.04 m3	8.55 m3	7.22 m3	644.76 Kg	40.38 m3
11	13+817.22	1.5 x 1.2	93.15 m3	59.89 m3	7.33 m3	5.95 m3	552.58 Kg	33.38 m3
12	15+564.01	1.5 x 1.2	102.00 m3	65.92 m3	8.07 m3	6.53 m3	606.72 Kg	36.51 m3
13	16+226.88	2.0 x 1.2	121.43 m3	81.87 m3	12.40 m3	9.47 m3	856.62 Kg	42.32 m3
14	17+029.23	1.5 x 1.2	123.62 m3	79.51 m3	8.96 m3	7.87 m3	676.09 Kg	43.92 m3
15	17+240.95	1.5 x 1.2	82.85 m3	53.76 m3	7.18 m3	5.34 m3	539.95 Kg	29.92 m3
16	17+403.80	1.5 x 1.2	117.15 m3	75.43 m3	8.69 m3	7.50 m3	654.54 Kg	41.70 m3
17	18+310.51	1.5 x 1.2	140.48 m3	89.15 m3	8.90 m3	8.90 m3	673.18 Kg	49.52 m3
18	18+562.69	1.5 x 1.2	141.57 m3	89.83 m3	8.94 m3	9.01 m3	676.17 Kg	49.89 m3
19	20+189.05	PUENTE						
20	21+361.27	1.5 x 1.2	141.57 m3	89.83 m3	8.94 m3	9.01 m3	676.17 Kg	49.89 m3
21	25+370.53	3.0 x 1.5	113.30 m3	89.80 m3	21.90 m3	13.10 m3	1605.66 Kg	38.78 m3
22	25+447.92	PUENTE						
23	25+518.35	3.0 x 1.5	109.57 m3	87.51 m3	22.29 m3	12.84 m3	1628.29 Kg	37.61 m3
			2178.82 m3	**1444.54 m3**	**199.91 m3**	**154.50 m3**	**14810.40 Kg**	**772.72 m3**

I.5.1. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO

En el cronograma de actividades que se presenta en la tabla inferior, se desglosan de manera resumida las actividades a realizar durante cada una de las etapas del proyecto. Durante los primeros meses del primer año, se llevarán a cabo los procesos de tramites, estudios y negociaciones con los propietarios de los terrenos que fueron incluidos dentro del trazo.

Seguidamente es necesario llevar a cabo las acciones de preparación del sitio y posterior construcción de los cuerpos de circulación del libramiento durante un periodo de 12 meses.

Tabla I. 9 Cronograma de actividades etapas de estudios, tramites, preparación del sitio y, construcción del Libramiento Norponiente de Hermosillo.

CONSTRUCCION Y PAVIMENTACION DEL LIBRAMIENTO NORPONIENTE DE HERMOSILLO

CLAVE	CONCEPTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
1	TERRACERÍAS												
2	OBRAS DE DRENAJE MENOR												
3	PAVIMENTOS												
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS												
5	SEÑALAMIENTO												
6	PUENTES												

Las actividades inician con el desmonte y posteriormente con la compactación y las terracerías. La logística de trabajo permite ir avanzando e la construcción inmediatamente después que se desmonta un tramo y no se espera a tener desmontado toda la longitud de la obra, para iniciar los trabajos de construcción de tal forma que en la gráfica no se puede representar como actividades sucesivas.

Por otra parte, no se ilustra la actividad de abandono del sitio, ya que la naturaleza del proyecto no contempla esa fase, por lo que con las actividades de mantenimiento que inician inmediatamente después de que se abren los tramos a la circulación, la duración de la obra es indefinida. Las actividades de abandono del sitio son desarrolladas únicamente por los contratistas, quienes retiran su maquinaria y desmantelan los campamentos de trabajo, bodegas de materiales, almacenes de herramientas y maquinaria.

I.5.2. PREPARACIÓN DEL SITIO

a) Desmonte y despalme de las áreas seleccionadas

Las actividades de desmonte se desarrollarán a lo largo de toda el área del proyecto en la que exista cobertura vegetal, con el propósito de liberar la franja de derecho de vía y permitir la ejecución de las obras; no obstante, las actividades de despalme (retiro de la capa superficial del suelo) se restringirán exclusivamente al área donde se conformará la estructura vial, es decir, al cuerpo carretero y el camino de mantenimiento, con un ancho aproximado conjunto de 20 m, a fin de minimizar la remoción de suelo orgánico fuera de la huella estrictamente necesaria y conservar material edáfico útil para su posterior reutilización en actividades de estabilización y

restauración. En la fase de desmonte y compactación, se realizan actividades importantes del proyecto y que tienen relación con alteraciones al medio ambiente.

Las actividades del desmonte consisten en la eliminación total de la vegetación sobre la trayectoria del cuerpo carretero, y eliminación en forma selectiva de la vegetación en ambos lados del cuerpo carretero hasta cubrir el resto de los 40 m que marca el proyecto. Durante esta actividad se eliminarán plantas forrajeras, arbustivas y arbóreas. El desmonte se efectúa en forma mecánica por medio de un bulldozer, el cual con la cuchara hace presión sobre los arbustos y árboles a fin de eliminarlos en su paso, para después colocar la vegetación y el suelo hacia los lados del futuro cuerpo carretero. Posteriormente, con el mismo tipo de máquina, de ser necesario se despalma el material a una profundidad máxima aproximada de 0.20 m, colocando el material a los lados y dejando el terreno preparado para efectuar la. El material de despalme se utilizará posteriormente para arropar los taludes del cuerpo carretero.

La compactación del material de terreno natural se desarrolla con otro tipo de maquina llamado compactador con pata de cabra, el cual ejerce presión sobre el suelo natural a fin de darle una consistencia y resistividad de acuerdo a estándares establecidos en base a un 90-95% de la prueba Proctor. Para ello es necesario el riego del suelo natural, a fin de que se facilite su compactación, teniendo un consumo estimado de agua del 20% del volumen del material compactado. El abastecimiento de agua será efectuado de un pozo agrícola cercano al sitio de la obra y transportado por medio de carro tanque.

La mano de obra requerida por el proyecto en esta etapa será de 250 personas y el equipo a utilizar será el siguiente:

Tabla I. 10 Equipo y tiempo estimado para la fase de preparación del sitio

Cantidad	Equipo	Semanas de uso
18	Bulldozer	2
10	Motoconformadora	2
8	Tracto-compactador	2

b) Apilamiento, carga y disposición de residuos

El material vegetal removido producto del desmonte, en la medida en que sus características lo permitan, será objeto de manejo in situ mediante trituración y esparcimiento controlado dentro del derecho de vía, evitando su acumulación en montículos o su disposición en cauces y zonas de escurrimiento. Esta práctica tiene como propósito favorecer su incorporación gradual como materia orgánica, mejorar la protección superficial del suelo (funcionando como cobertura tipo “mulch”), y aportar insumos para procesos de restauración y revegetación; en particular, el material triturado podrá ser aprovechado posteriormente como acondicionador orgánico y cobertura superficial en las áreas verdes contempladas en el proyecto, contribuyendo a

conservar humedad, disminuir temperatura superficial y reducir el desprendimiento de partículas finas en superficies expuestas.

Los impactos ambientales principales asociados a esta actividad se relacionan, por un lado, con la re-suspensión de partículas (polvo mineral y fracciones orgánicas finas) derivada de la manipulación, trituración y movimiento del material vegetal y del tránsito de maquinaria; este efecto puede incrementarse bajo condiciones de baja humedad y vientos, por lo que su control requiere prácticas operativas como humectación localizada, limitación de velocidad y manejo ordenado de frentes. Por otro lado, se presenta la generación de ruido por la operación de maquinaria y equipo (trituradoras, cargadores, camiones y maquinaria de apoyo), cuyo efecto dependerá del número de equipos, el horario de operación y la proximidad a receptores; por ello, dichas actividades se programarán preferentemente en horario diurno, con equipos en condiciones adecuadas (mantenimiento preventivo y silenciadores cuando aplique) y con medidas de seguridad y señalización en frentes de obra.

c) Limpieza, trazo, despalme, relleno, compactación y nivelación del terreno

Al igual que en cualquier proyecto carretero de características similares, las actividades de limpieza del sitio, despalme, conformación de rellenos, compactación y nivelación se ejecutan bajo una secuencia constructiva y un control operativo estricto, con el propósito de mantener los frentes de trabajo acotados, minimizar superficies expuestas y evitar la dispersión de materiales fuera de la huella autorizada. Para ello, la obra se organiza mediante la delimitación física del derecho de vía y de las áreas auxiliares autorizadas, la definición de rutas internas de circulación y acopio, y la programación de movimientos de tierra por tramos (secuenciación), de manera que el material producto de los trabajos pueda manejarse de forma controlada, ya sea para su reutilización inmediata en terracerías (rellenos, subrasante, conformación de taludes) o para su disposición temporal ordenada en zonas definidas, evitando arrastres hacia escurrimientos y la formación de acopios inestables. Estas actividades se realizan principalmente con maquinaria pesada (bulldozer, excavadoras, cargadores, motoconformadoras, compactadores y camiones de volteo), por lo que el desempeño ambiental depende tanto del control técnico del equipo como de la disciplina operativa en los frentes.

Los principales impactos asociados a estas etapas se vinculan con la emisión de gases a la atmósfera por combustión interna, la generación de ruido por operación de maquinaria y equipos, y la re-suspensión de partículas (polvo) por el tránsito y la manipulación de suelos y materiales finos. Para minimizar las emisiones gaseosas se utilizará, en lo posible, maquinaria de modelo reciente o con estándares equivalentes de eficiencia, y en todos los casos se implementará un esquema de mantenimiento preventivo que incluya afinación, revisión de sistemas de combustión y escape, control de fugas, cambios programados de filtros y lubricantes, y verificación de condiciones de operación que eviten humos visibles persistentes. Este enfoque reduce emisiones y mejora el rendimiento del equipo, además de disminuir la probabilidad de derrames de combustibles y aceites.

En cuanto al ruido, se reconoce que en ciertos sectores del área de influencia existen proximidades con proyectos y/o asentamientos humanos, por lo que la molestia por ruido puede constituir un aspecto sensible. En consecuencia, las actividades con mayor emisión sonora se

programarán preferentemente en horario diurno, se evitarán operaciones ruidosas en horarios de descanso y se mantendrán silenciadores y sistemas de escape en condiciones funcionales. Adicionalmente, se aplicarán medidas de gestión como coordinación de maniobras para evitar eventos impulsivos (golpes de carga, aceleraciones innecesarias), control de velocidad en frentes y desvíos, y señalización preventiva; cuando sea necesario, el supervisor ambiental podrá ajustar la secuencia de obra o la distribución de equipos para reducir exposición en puntos críticos.

Respecto a la re-suspensión de partículas de polvo, se implementará humectación continua y localizada en superficies expuestas, frentes activos, accesos y rutas internas, con frecuencias ajustadas a condiciones meteorológicas (viento, temperatura y humedad) y al volumen de tránsito. Se complementará con control de velocidad en caminos no pavimentados, cubrimiento de cargas en camiones cuando transporten material fino, limpieza de material suelto en zonas de rodamiento y manejo ordenado de acopios para reducir su erosión eólica. Con estas acciones se busca mantener el control de emisiones de polvo dentro de niveles aceptables y reducir impactos sobre la calidad del aire, la visibilidad operativa y la molestia a receptores cercanos.

I.5.3. DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO

La distancia máxima entre la zona urbana de Hermosillo y el trazo del proyecto es del orden de 15 km, condición que facilita el traslado cotidiano del personal y permite un abastecimiento eficiente de insumos, servicios y materiales (combustibles, agua para obra, refacciones, alimentos, etc.) desde la ciudad, sin requerir infraestructura permanente de apoyo en sitio. En consecuencia, el proyecto contempla únicamente obras provisionales indispensables para la logística de construcción, principalmente para el resguardo temporal de materiales de uso diario y sobrantes dentro de áreas controladas, así como la habilitación de un campamento–comedor para el personal, con el objeto de mantener condiciones adecuadas de operación, seguridad e higiene en los frentes de trabajo.

Para garantizar la disponibilidad de material pétreo con la granulometría y calidad requeridas por la obra (subbase, base, agregados, entre otros), se prevé que el suministro provenga preferentemente de bancos de material en operación. En caso de que el banco seleccionado no disponga de infraestructura para trituración y clasificación, o que se requiera ajustar la granulometría a especificaciones particulares, podrá ser necesaria la instalación y operación de una planta de trituración. Dicha planta se instalaría en el ámbito del banco o en el sitio que se defina para el proceso, y su implementación será responsabilidad de quien opere la fuente de materiales (propietario del banco) o, en su caso, del contratista, ya sea de manera directa o mediante un acuerdo entre ambas partes. En cualquiera de los escenarios, la instalación y operación deberán sujetarse a los permisos, autorizaciones y condiciones que resulten aplicables, así como a controles operativos para minimizar emisiones de polvo, ruido y manejo adecuado de residuos.

Adicionalmente, para la colocación de la estructura de pavimento se prevé la necesidad de instalar y operar plantas asfalteras (en su caso, portátiles), las cuales se ubicarán en propiedad privada fuera del derecho de vía manifestado, en áreas previamente definidas para actividades

auxiliares, con criterios de funcionalidad logística y control ambiental. La dinámica de suministro se desarrolla a través de la contratación de obra, en la que el contratista es responsable de adquirir agregados y ligantes asfálticos con la calidad especificada; en algunos casos, el propio contratista puede contar con plantas y equipos propios, reduciendo intermediación, pero manteniendo los mismos requerimientos de control y cumplimiento.

Finalmente, se considera la posible instalación de infraestructura auxiliar de menor escala necesaria para la administración y operación en campo, como oficinas portátiles (por ejemplo, módulos o casas rodantes), servicios sanitarios portátiles para el personal en frentes de obra y contenedores para el almacenamiento temporal de residuos sólidos domésticos generados en sitio y en áreas de consumo de alimentos, asegurando su recolección y disposición mediante prestadores autorizados. Para llevar a cabo esta obra se tiene contemplada la instalación de las siguientes obras provisionales:

a) Taller de Mantenimiento.

No será necesario la construcción de instalaciones para tal efecto, dado la cercanía del proyecto con los servicios que ofrece la ciudad de Hermosillo.

b) Almacén de combustible

NO se prevé almacenamiento de combustible en esta etapa del proyecto. El suministro será a directamente en la gasolinera por estar muy cerca o en caso de que se requiera mayor volumen en determinado momento, será utilizado un camión orquesta.

c) Oficinas

Se tendrán oficinas temporales, para que el personal encargado de la obra tenga espacio para realizar las labores necesarias de la parte administrativa.

d) Comedor

Se contará con un comedor provisional, construido a base de madera, cartón negro y lámina galvanizada, en el cual se dará el servicio a los trabajadores y empleados. Contará con un tanque de almacenamiento de agua, con una capacidad de 5 mil litros, para satisfacer los requerimientos del personal que labora en la obra, se contará con un lavabo para aseo del personal.

e) Baños

Se contará con baños portátiles, a razón de un baño por cada 15 trabajadores

I.5.4. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

La etapa de construcción comprende el conjunto de actividades necesarias para materializar la obra permanente del proyecto, consistente principalmente en la conformación del cuerpo carretero y la ejecución de obras complementarias (drenaje longitudinal y transversal, estructuras especiales donde aplique, señalamiento y dispositivos de seguridad, y cercamiento lateral, entre otras).

La construcción del cuerpo carretero inicia una vez que el terreno ha sido preparado y alcanzado el grado de compactación y las condiciones geométricas establecidas en el proyecto, a lo largo de los 26.2 km del libramiento, asegurando capacidad portante y estabilidad para recibir las capas estructurales subsecuentes. En esta etapa, la obra se ejecuta mediante frentes de trabajo progresivos y repetitivos, con control de calidad y verificación en campo para garantizar que cada subtramo cumpla con espesores, humedad óptima y densidades de compactación conforme a especificaciones.

CORTES. NORMATIVA DE REFERENCIA DE LA SCT: N-CTR-CAR-1-01-003/00

Los cortes deben ser excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o lo ordenado por la Supervisión. El equipo que se utilice para la construcción de cortes, será el adecuado para obtener la geometría y selección de los materiales especificados en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

Los materiales producto de los cortes se cargarán y transportarán al sitio o banco de desperdicios que indique el proyecto o que apruebe la Supervisión. Cuando se trate de materiales que no vayan a ser aprovechados posteriormente y que hayan sido depositados en un almacén temporal, serán trasladados al banco de desperdicios lo más pronto posible.

Los cortes se ejecutarán de acuerdo con las líneas de proyecto y sin alterar las áreas fuera de los límites de la construcción, indicados por las líneas de ceros en el proyecto o aprobadas por la Dependencia. Se ejecutarán de manera que se permita el drenaje natural del corte. Los cortes se ejecutarán con el talud establecido en el proyecto o aprobado por la Supervisión. En caso de que los materiales de los taludes resulten fragmentados o la superficie irregular o inestable, el material en estas condiciones será removido.

Las cunetas se construirán de forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes, Los daños originados por derrumbes, deslizamientos, agrietamiento y oquedades, entre otros, causados por negligencia del Contratista de Obra, serán reparados por su cuenta y costo, a satisfacción de la Supervisión.

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación de los cortes, hasta que hayan sido recibidos por la Supervisión, junto con todo el tramo de carretera.

TERRAPLENES. NORMATIVA DE REFERENCIA DE LA SCT: N-CTR-CAR-1-01-009/00

Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Supervisión, ampliar la sub-corona, formar bermas y bordos, y tender taludes. Si en la ejecución del trabajo los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas en las especificaciones de calidad para materiales, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

Los materiales para la construcción del cuerpo del terraplén, la ampliación de la sub-corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, cuando procedan de cortes, pueden ser **Compactables o no Compactables**. Cuando provengan de bancos o se utilicen en la construcción de las capas subrasantes, siempre será compactable. Y el procedimiento se complementará con lo indicado en la normativa SCT: N-CTR-CAR-1-01-009/00.

El equipo que se utilice para la construcción de terracerías, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de obra.

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS:

- Se delimitará la zona de desplante del terraplén mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Supervisión.
- Previo al inicio de los trabajos, la zona de desplante del terraplén estará debidamente desmontada y despalmada.
- A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Supervisión, antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despalme con material compactado, asimismo se compactará el terreno natural el despalmado, en el área de desplante, en un espesor mínimo de veinte (20) centímetros y se compactará hasta alcanzar el 95% respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar.
- El material proveniente de cortes o bancos se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.
- El material se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

- Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.
- Cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante. El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- Para el cuerpo del terraplén el material se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto.
- La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.
- Cada capa de material compactable, tendida y conformada, se compactará hasta alcanzar el 95% respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar.
- Cuando el proyecto lo indiquen se deba asegurar la compactación de los hombros de los terraplenes, éstos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto.

MATERIALES NO COMPACTABLES

- Se delimitará la zona de desplante del terraplén mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Supervisión.
- Previo al inicio de los trabajos, la zona de desplante del terraplén estará debidamente desmontada y despalmada.
- El material **No Compactable** para el cuerpo del terraplén, se humedecerá y se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con el espesor mínimo que permita el tamaño máximo de las partículas del material; se conformará de tal manera que se obtenga una capa con superficie sensiblemente horizontal.
- Cada capa de material no compactable, tendida y conformada se acomodará mediante bandeo, ronceando un tractor montado sobre orugas, previa aplicando de un riegos de agua a razón de 150 litros, como mínimo, por metro cubico de material, que tenga una masa mínima de treinta y seis (36) toneladas, de forma que pase cuando menos tres (3) veces por cada sitio. El número de pasadas podrá ser ajustado en la obra y aprobado por la Supervisión, dependiendo del equipo que se utilice.
- El bandeo se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del tractor en cada franja bandeada.
- El material **no compactable** se colocará hasta el nivel de desplante de la capa subrasante.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO:

Los alineamientos, perfiles y secciones del cuerpo del terraplén y la capa subrasante, deberán cumplir con lo establecido en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican en la Tabla inferior, para lo que se hará el seccionamiento topográfico en las estaciones cerradas a cada 20 metros y en estaciones singulares como las de inicio y término de curvas, entre otras.

Tabla I. 11 Tolerancias para líneas y niveles:

CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA (cm.)
Línea de proyecto de los taludes: • Con material compactable • Con material no compactable	 +30 +75
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al del proyecto: • En cuerpo de terraplén • En capa subrasante	 ± 5 ± 3

CAPA SUBRASANTE. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA: N-CTR-CAR-1-01-009/00

Se realizará el movimiento de terracerías correspondiente a cortes, excavaciones o terraplenes hasta el nivel de la subrasante y así poder alojar a la estructura de pavimento (base hidráulica y carpeta). El material excedente producto de excavación que es considerado de buena calidad se colocará en el banco de tiro que indique la Supervisión ya que en el momento de la construcción la se podrá dar utilización conveniente, recordando que el material es de buena calidad para ser utilizable.

La capa subrasante se construirá con el material producto de cortes o procedentes de bancos, en el espesor compacto indicado en el proyecto y se compactará al 100% AASHTO estándar; con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto. Los materiales que se utilicen en la construcción de la **Subrasante,** cumplirán con lo establecido en Fracción V.2.3 (Especificaciones para Subrasante y Base Hidráulica) del apartado V.2. Especificaciones de Calidad de Materiales. Y el procedimiento se complementará con lo indicado en la normativa SCT: N-CTR-CAR-1-01-009/00.

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE SUBRASANTE:

- Se delimitará la zona de desplante de las terracerías mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto.
- El material proveniente de cortes o bancos se descargara sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada de 20 metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.
- Por tratarse de material compactable, éste se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación requerida, y obtener homogeneidad en la mezcla de material, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.
- Siempre que la topografía del terreno lo permita, el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.
- Se construirá la capa subrasante con los espesores, materiales y grados de compactación que establezca el proyecto.
- Cuando el proyecto o la dependencia indique que la construcción de la capa subrasante se ejecute directamente bajo el nivel del piso de un corte y los materiales de ese sitio satisfacen las características establecidas como se indica, dicha capa se formará sin necesidad de una

excavación adicional, escarificando y compactando la cama del corte, en un espesor de 20 cm, se compactará hasta alcanzar el 95% respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO: LÍNEAS Y NIVELES

Los alineamientos, perfiles y secciones del cuerpo del terraplén y la capa subrasante, deberán cumplir con lo establecido en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican en la Tabla inferior, para lo que se hará el seccionamiento topográfico en las estaciones cerradas a cada 20 metros y en estaciones singulares como las de inicio y término de curvas, entre otras.

Tabla I. 12 Tolerancias para líneas y niveles:

CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA (cm.)
Línea de proyecto de los taludes: • Con material compactable	 +30
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al del proyecto: • En cuerpo de terraplén • En capa subrasante	 ± 5 ± 3

BASE HIDRÁULICA. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA: N-CTR-CAR-1-04-002/03

Esta capa estará constituida por material producto de banco; mezclándolo y homogeneizándolo con la humedad óptima, para proceder a su colocación y compactación hasta alcanzar el 100 % referente a la prueba AASHTO modificada, en el espesor compacto fijado en el proyecto. Los materiales que se utilicen en la construcción de la BASE HIDRÁULICA, cumplirán con lo establecido en la fracción 2.3. (Especificaciones para Subrasante y Base Hidráulica) del apartado 2. Especificaciones de Calidad de Materiales. No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en las normas, ni aun en el supuesto que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista de Obra.

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BASES:

- Antes de iniciar esta etapa, el Contratista de Obra acondicionar las desviaciones y mantenerlas en buen estado de operación, en caso de ser necesario.
- Una vez trabajada la subrasante; la superficie sobre la que se colocará la base estará debidamente terminada dentro de líneas y niveles, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá su construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaria y/o por la Supervisión.

- Se descargará el material sobre la subrasante, en cantidad prefijada por estación de 20.0 m., en tramos que no sean mayores a los que en un turno de trabajo se puedan tender, conformar y compactar.
  •Se preparará el material extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad adecuada y obtener homogeneidad en granulometría y humedad.
- Inmediatamente después de preparado el material, se extenderá en todo lo ancho de la sub-corona y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar con espesor uniforme.
- La capa extendida se compactará hasta alcanzar el 100% referente a la prueba AASHTO modificada.
- La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en tangentes y del interior al exterior en curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.
- La superficie de la base terminada debe quedar libre de cualquier residuo, desperdicio o material, que afecten la operación de la impregnación.
- Para que el trabajo se considere terminado se comprobará que se haya cumplido con calidad de los materiales, compactaciones, espesores, líneas y niveles.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO:
LÍNEAS Y NIVELES:
Los alineamientos, perfiles y secciones de la base, deberán cumplir con lo establecido en el proyecto, dentro de las tolerancias que se indican en la Tabla inferior, para lo que se hará el seccionamiento topográfico en las estaciones cerradas a cada 20 metros y en estaciones singulares como las de inicio y término de curvas, entre otras.

Tabla I. 13 Tolerancias para líneas y niveles:

CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA (cm.)
Ancho de la sub-corona, del eje a la orilla	+5.0
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al del proyecto:	± 1

RIEGO DE IMPREGNACIÓN. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA: N-CTR-CAR-1-04-004/00

Consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El material asfáltico que se utiliza normalmente es una emulsión, ya sea de rompimiento lento o especial para impregnación, o bien un asfalto rebajado. Se aplicará un riego con emulsión asfáltica ECI-65 a razón de 1.5 lt/m², dejándose reposar 24 horas para que penetre el riego en la capa de base hidráulica al menos 4 mm.

PROCESO DE APLICACIÓN DEL RIEGO DE IMPREGNACIÓN:

- Antes de la aplicación del riego de impregnación, toda superficie por cubrir deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos, sin

irregularidades y reparados los baches que hubieran existido.

- La dosificación de los materiales asfálticos que se empleen en la aplicación de riegos de impregnación, se realizará según lo establecido en el proyecto o aprobado por la Dependencia y/o por la Supervisión.
- En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse ésta, no quede un traslape de material asfáltico.
- Se ajustará la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico uniformemente, con la dosificación establecida en el proyecto, de manera que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de una boquilla contigua (cubrimiento doble).
- La cantidad, temperatura, ancho y longitud de la aplicación del material asfáltico son responsabilidad del Contratista de Obra, sin embargo, la supervisión se reserva el derecho de NO recibir el trabajo si, a su juicio, el riego tiene alguna deficiencia.
- La penetración del riego de impregnación debe ser mayor o igual a 4 mm.
- No se iniciará la construcción de la siguiente capa sino hasta que haya pasado el tiempo suficiente para que el material aplicado en el riego de impregnación penetre y el agua o solvente, según sea el caso, se haya eliminado.
- La superficie impregnada permanecerá cerrada a cualquier tipo de tránsito hasta que la penetración establecida se haya producido. Cualquier deterioro que se origine en la capa impregnada por la apertura anticipada al tránsito u otras causas imputables al Contratista de Obra, tendrá que ser reparado por su cuenta y costo.
- Cuando por causas de fuerza mayor sea necesario abrir al tránsito una superficie impregnada antes de que ocurra la penetración requerida o si a juicio de la dependencia existe exceso de material asfáltico en la superficie y éste no amerita ser removido, el riego de impregnación se cubrirá con arena, en la cantidad y con el procedimiento que se le indique.

RIEGO DE LIGA. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA: N-CTR-CAR-1-04-005/00

Consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se construya encima. El material asfáltico que se utiliza normalmente es una emulsión de rompimiento rápido. Sobre la capa impregnada y previa a la colocación de la carpeta, se aplicará emulsión asfáltica tipo ECR-60 para riego de liga a razón de 0.5 litros/m².

PROCESO DE APLICACIÓN DEL RIEGO DE LIGA:

- Antes de la aplicación del riego de liga, toda superficie por cubrir deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos, sin irregularidades y reparados los baches que hubieran existido.
- En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse ésta, no quede un traslape de material asfáltico.
- Se ajustará la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico uniformemente, con la dosificación establecida en el proyecto, de manera que la base del

abanico que se forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de una boquilla contigua (cubrimiento doble).
- La cantidad, temperatura, ancho y longitud de la aplicación del material asfáltico son responsabilidad del Contratista de Obra.
- La superficie cubierta por el riego de liga permanecerá cerrada a cualquier tipo de tránsito hasta que sea construida la carpeta asfáltica. Cualquier deterioro que se origine en la capa impregnada por la apertura anticipada al tránsito u otras causas imputables al Contratista de Obra, tendrá que ser reparado por su cuenta y costo.

BASE ASFALTICA Y CARPETA ASFÁLTICA. NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA: N-CTR-CAR-1-04-006/06

Son las que se construyen, mediante el tendido y compactación de una mezcla elaborada generalmente en caliente, de cemento asfáltico (modificado o no) y materiales pétreos de granulometría densa, con la finalidad principal de reforzar la estructura del pavimento, además de restablecer o mejorar las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodamiento.

Ambas capas serán del espesor compacto indicado en el proyecto en el compactado al noventa y cinco por ciento 95% de su PVM determinado mediante la prueba MARSHALL que presente previamente la Compañía Contratista autorizado por la dependencia y lo que determine en campo la Supervisión de esta Entidad. La mezcla será elaborada con cemento PG 76-22, en proporción de 120 kg/m3 de mezcla compacta al grado fijado y con agregados pétreos triturados totalmente y cribados a tamaños máximos de 3/4"; El cemento asfaltico grado de desempeño PG 76-22 a utilizar, cuyas especificaciones se localizan en el capítulo de Especificaciones de Calidad, según lo indicado en la norma **N-CMT-4-05-004/18.** El material pétreo que se utilice debe cumplir con las características granulométricas que se establece en la Fracción V.2.6. (Especificaciones para concreto asfáltico) del apartado V.2

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS:

- Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas asfálticas, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla asfáltica homogénea, con las características establecidas en la Fracción V.2.6.
- (Especificaciones para concreto asfáltico) del apartado V.2. Especificaciones de Calidad de Materiales. El diseño será responsabilidad del Contratista de Obra.
- El proporcionamiento se determinará mediante un diseño de mezclas de granulometría densa en caliente, para obtener las características establecidas en la Fracción V.2.6.
- (Especificaciones para concreto asfáltico) del apartado V.2. Especificaciones de Calidad de Materiales. El diseño será responsabilidad del Contratista de Obra.
- Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas: a) Sobre superficies con agua libre o encharcada, b) cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo, c) cuando la temperatura sobre la cual serán construidas esté por debajo de los 15°C (tratándose de mezclas en caliente).

- Antes de iniciar la construcción de la carpeta, el Contratista de Obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad que se requieran.
- Inmediatamente antes de la construcción de la carpeta, la superficie deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico y reparado satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre tramos que no hayan sido previamente aceptados por la Dependencia.
- Inmediatamente antes de iniciar el tendido de la carpeta, se aplicará un riego de liga en toda la superficie con una emulsión de rompimiento rápido (ECR-60), a razón de 0.5 litros/m².
- El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del Contratista de Obra.
- Después de elaborada la mezcla asfáltica, se extenderá y se conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor sensiblemente uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares inaccesibles a la pavimentadora, la mezcla puede tenderse y terminarse a manualmente.
- En el caso de mezclas en caliente, el Contratista de Obra determinará, mediante la curva Viscosidad – Temperatura del material asfáltico utilizado, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla.
- Se tendrá especial cuidado para que el enrasador traslape las juntas de 3 a 5 cm. y que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede ligeramente por arriba de la capa previamente tendida, para que al ser compactado, el pavimento quede con los niveles y dentro de las tolerancias.
- La longitud de las líneas de tendido de la mezcla asfáltica es responsabilidad del Contratista de Obra, tomando en cuenta que no se tenderán tramos mayores que los que puedan ser compactados de inmediato.
- Una vez extendida la mezcla, se evitará el tránsito vehicular sobre la superficie tratada, hasta que la mezcla asfáltica haya fraguado suficientemente, para evitar que sea desprendida o se marquen rodadas.
- Inmediatamente después de tendida la mezcla asfáltica, será compactada. Dicha compactación será longitudinalmente al eje de trazo, de las orillas hacia el centro, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.
- La superficie de la carpeta, quedará limpia y presentará una textura y acabado uniforme en todo lo ancho de la calzada o la corona, según sea el caso.

PROCESO DE APLICACIÓN DE LA CARPETA:

Inmediatamente antes de la construcción de la carpeta por el sistema de riegos, la superficie sobre la que se colocará deberá estar:

- La base hidráulica debe estar impregnada.
- Debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados los baches que hubieran existido.
- Los aspersores serán capaces de establecer a una temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por regar, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estarán adosados a barras de circulación que puedan ajustarse vertical y lateralmente, y equipados con medidores de presión, dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque y bomba. El vehículo en que se monten, ya sea una petrolizadora u otro

equipo autopropulsable, contará con un odómetro para medir la longitud del tramo que se riegue.

- En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse ésta, no quede un traslape de material asfáltico.
- Se ajustará la altura de la barra de los aspersores para aplicar el material asfáltico ECR-65 a razón de 1.8 lt/m_2, de manera que la base del abanico que se forma al salir el material por un aspersor, cubra hasta la mitad de la base del abanico del aspersor contiguo *(*cubrimiento doble), o que la base del abanico de un aspersor cubra las dos terceras (2/3) partes de la base del abanico del aspersor contiguo (cubrimiento triple).
- Antes del tendido del material pétreo, el exceso del material asfáltico aplicado será removido de la superficie.
- Si se utilicen emulsiones asfálticas, para retrasar su rompimiento y mejorar la absorción de la superficie, ocasionalmente es necesario un riego de agua antes del riego del material asfáltico, sin embargo, este último no se iniciará sino hasta que el agua superficial se haya evaporado lo suficiente para que no existan encharcamientos.
  Inmediatamente después de la aplicación del material asfáltico y sólo sobre la superficie regada con la dosificación correcta, se tenderá mecánicamente el material pétreo, del tipo 3-A a razón de 10 Lt/m², formando una capa de espesor uniforme y adicionando material o retirando el excedente, según sea el caso, para lograr la uniformidad adecuada.
- En zonas no accesibles para los esparcidores mecánicos se hará el tendido manualmente.

PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESPECIFICACIONES

- Enseguida se pasará una rastra ligera con cepillo, para tener una mejor distribución del material y dejar la superficie exenta de ondulaciones, bardos y depresiones, y se planchará.
- Inmediatamente después de tendido y rastreado el material pétreo de carpetas de uno o dos riegos, con el propósito de que quede embebido en el material asfáltico, se acomodará mediante un planchado con un compactador ligero de rodillos metálicos, que se ejecute longitudinalmente, de las orillas de la carpeta hacia su centro en las tangentes y en las curvas, de su lado interior al exterior, efectuando un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada, siempre a una velocidad lo suficientemente lenta para prevenir que se desplace o levante el material pétreo y evitando su deterioro o trituración por exceso de pasadas o por el uso de compactadores demasiado pesados.
- El planchado se completará el mismo día de la aplicación del material pétreo, terminándolo cuando haya roto la emulsión asfáltica o fraguado el asfalto rebajado. En el caso de las carpetas de tres riegos se procederá de la misma manera, con la excepción de que el primer planchado se ejecutará una vez que, sobre la primera capa de material pétreo, se hayan aplicado el primer riego de material asfáltico y la segunda capa de material pétreo.
- Una vez concluido el planchado de la última capa de la carpeta por el sistema de riegos y transcurrido un tiempo no menor de tres (3) días, durante el cual la carpeta estará cerrada a todo tipo de tránsito hasta que el material asfáltico tenga la consistencia adecuada que evite el desprendimiento excesivo del material pétreo.
- Todo el material que no se haya adherido se recolectará dejando la superficie libre de material suelto, depositándolo en la forma y en el sitio indicados por la secretaria.

Las siguientes figuras muestran esquemáticamente los procesos de construcción anteriormente descritos.

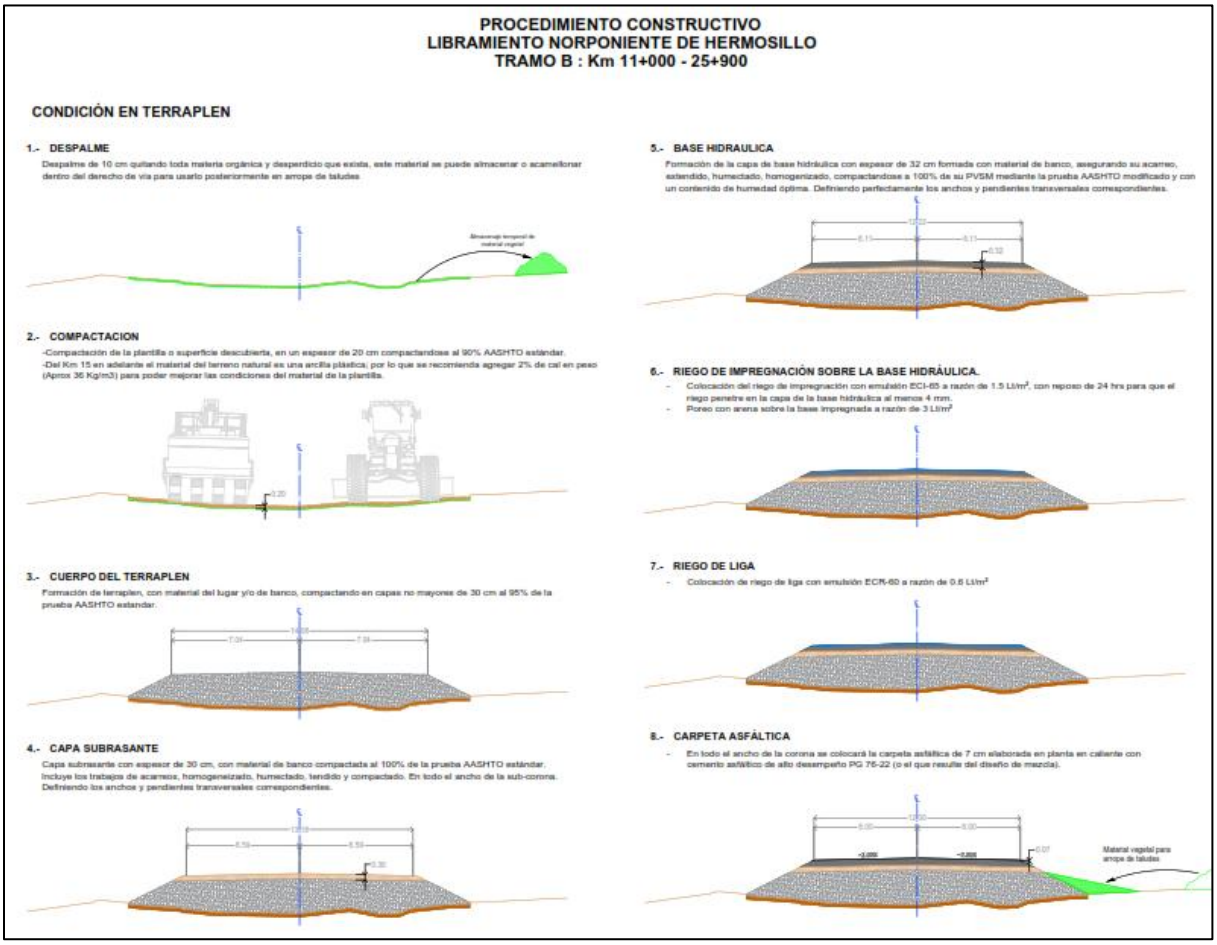


Figura I. 9 Procedimiento constructivo Tramo B del Km 11+000 al 26+200, Condición en terraplén.

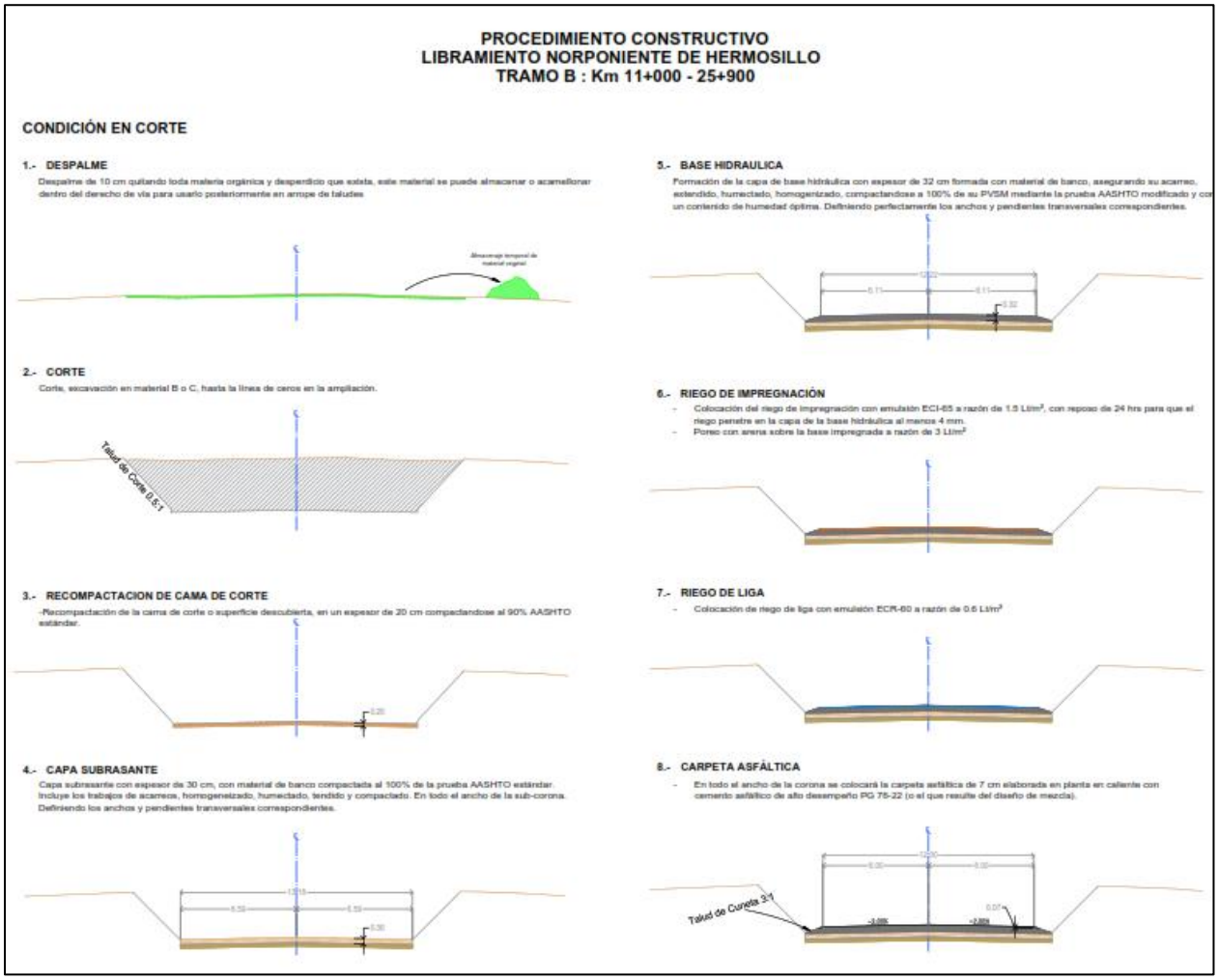


Figura I. 10 Procedimiento constructivo Tramo B: Km 11+000 al 26+200, Condición en corte.

I.5.5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una vez concluida la construcción, el Libramiento Norponiente de Hermosillo operará como un corredor de interconexión destinado a canalizar el tránsito de paso y parte del tránsito de carga que actualmente utiliza vialidades urbanas y periurbanas que confluyen en la ciudad. En términos funcionales, la operación del libramiento busca reducir la penetración del tránsito foráneo al área urbana, contribuyendo a disminuir interferencias con el tránsito local, tiempos de recorrido y condiciones de congestión en los principales ejes urbanos, al redistribuir los flujos hacia una infraestructura diseñada para ese propósito.

Durante la etapa de operación, las fuentes de impacto ambiental asociadas a la infraestructura carretera son principalmente fuentes móviles (vehículos) y, en menor medida, actividades de conservación rutinaria. Bajo el escenario de demanda considerado para el proyecto (del orden de 4,000 vehículos diarios), las emisiones a la atmósfera (gases de combustión y partículas asociadas al tránsito) y el ruido de rodadura y motorización se manifiestan a lo largo del corredor del libramiento, desplazándose desde el entorno urbano hacia la franja de influencia inmediata del proyecto. En este sentido, el impacto no proviene de procesos industriales propios de la carretera, sino del uso vehicular y de su redistribución espacial respecto de la ciudad. La gestión operativa se apoyará en el señalamiento, el control de velocidades y la conservación del pavimento para mantener condiciones de fluidez y seguridad que reduzcan aceleraciones / frenados recurrentes, los cuales incrementan consumo de combustible, emisiones y niveles de ruido.

En condiciones normales, una carretera en operación no genera por sí misma efluentes líquidos ni residuos sólidos como parte de su “funcionamiento” estructural; sin embargo, sí se presentan residuos asociados al uso y a la conservación. Los usuarios pueden generar residuos sólidos urbanos en cantidades generalmente bajas pero persistentes (envolturas, botellas, plásticos), y existe el riesgo de disposición inadecuada (basura dispersa) en acotamientos o áreas de detención. Por ello, el esquema de manejo considera la recolección y disposición a través de la infraestructura operativa existente vinculada a la caseta/entronques y, adicionalmente, mediante actividades periódicas de limpieza de derecho de vía en los tramos que lo requieran, con traslado de residuos a sitios de disposición autorizados conforme a la logística municipal. Este componente se refuerza con señalización preventiva (no tirar basura) y, cuando aplique, con recipientes en puntos de concentración operativa, evitando que residuos sean arrastrados por viento o escurrimientos a cunetas y obras de drenaje.

De forma complementaria, aunque no es un efecto continuo, debe considerarse que la operación de una vía puede involucrar eventos incidentales, como derrames por accidentes (combustibles, aceites u otras sustancias transportadas) que sí constituyen una fuente potencial de afectación a suelo y escurrimientos. Por ello, la operación y mantenimiento deben incorporar un procedimiento de atención a contingencias que contemple señalización y contención inmediata, retiro de material contaminado (suelo o absorbentes), acopio temporal en recipientes adecuados y disposición mediante gestores autorizados cuando corresponda, minimizando el riesgo de migración a cunetas, alcantarillas o cauces intermitentes.

El mantenimiento del libramiento se desarrollará bajo un esquema de conservación rutinaria, periódica y extraordinaria, orientado a mantener la seguridad vial, la capacidad hidráulica y la integridad estructural del pavimento y sus obras complementarias. En la conservación rutinaria se incluyen inspecciones de estado del pavimento y señalamiento; limpieza y desazolve de cunetas, alcantarillas y obras de drenaje, retiro de sedimentos y basura que pudieran reducir secciones hidráulicas, y reparación menor de dispositivos de seguridad. Este mantenimiento es crítico en zonas con escurrimientos intermitentes, ya que la obstrucción por arrastres o residuos puede agravar daños en eventos de lluvia intensa y generar erosión localizada en salidas de drenaje o taludes.

En cuanto a manejo de vegetación, se contempla el control de maleza y vegetación secundaria en taludes y bordes del terraplén para conservar visibilidad, seguridad y funcionalidad hidráulica.

Esta actividad se realizará preferentemente por medios mecánicos, con periodicidad típicamente anual o conforme a la respuesta del sitio, procurando que el material vegetal resultante se triture y se deje como cobertura superficial (mulch) cuando no represente riesgo de incendio ni obstruya drenajes; en todo caso, se evitará acumular biomasa en montículos o en cauces/obras de drenaje, y se priorizará su manejo de forma que contribuya a la estabilidad del suelo y reduzca erosión. Aunque estas actividades no suelen requerir manejo directo de fauna, se mantendrán medidas operativas básicas para evitar afectaciones incidentales, especialmente en periodos de mayor presencia de fauna (por ejemplo, inspección visual previa en áreas con refugios potenciales).

La conservación del pavimento comprende intervenciones típicas como sellado de grietas, corrección de ondulaciones, reparación de baches y, cuando sea necesario, reposición de señalamiento horizontal. Dependiendo de la evolución del deterioro por tránsito, clima o fenómenos naturales, puede requerirse mantenimiento periódico (p. ej., riego de sello o recarpeteo) o mantenimiento extraordinario que incluya reconstrucción localizada de tramos de longitud variable, desde metros hasta segmentos mayores, cuando la severidad del daño lo amerite. Estas actividades generan residuos específicos (fresado asfáltico, mezclas retiradas, envases de emulsiones, residuos de pintura, aceites usados, estopas/absorbentes), los cuales deberán manejarse bajo un esquema de segregación, acopio temporal controlado y disposición/valorización conforme a su clasificación, privilegiando la reutilización técnica cuando sea viable (por ejemplo, aprovechamiento de material asfáltico recuperado) y, cuando no lo sea, su entrega a sitios o gestores autorizados.

El mantenimiento considera la conservación de elementos de control de accesos y seguridad, incluyendo cercos laterales y dispositivos que reduzcan intrusión de ganado, así como la atención a puntos de erosión o inestabilidad en taludes mediante reperfilado local, obras menores de control de erosión y revegetación dirigida. Estas acciones consolidan el desempeño del libramiento en el tiempo, reducen costos por fallas recurrentes y disminuyen impactos secundarios sobre suelo e hidrología derivados de degradación no atendida.

I.5.6. OTROS INSUMOS

Sustancias no peligrosas

Los insumos principales requeridos para la ejecución del proyecto corresponden a materiales pétreos, cemento, acero de refuerzo y estructural (varilla y perfiles, según aplique) y materiales asfálticos para la estructura del pavimento, además de pinturas y microesferas para el señalamiento horizontal. Durante el desarrollo de las actividades constructivas se requerirá el uso de combustibles para la operación de maquinaria y vehículos de obra; su abastecimiento, manejo y control operativo será responsabilidad del contratista ejecutor. Bajo el esquema previsto, no se considera el almacenamiento permanente de combustibles en el sitio, privilegiando el abastecimiento mediante suministros programados y en condiciones controladas, a fin de reducir riesgos de derrames y la necesidad de infraestructura adicional.

En términos de volúmenes estimados, se requerirá un volumen aproximado de 2.0 millones de materiales pétreos; de este total, alrededor del 30% podrá obtenerse de cortes, excavaciones y

préstamos dentro del área de obra (siempre que cumpla con las especificaciones técnicas), y el 70% restante se abastecerá de bancos de materiales en operación en el entorno de Hermosillo.

Para las estructuras y obras que lo demanden, se estima un consumo total del orden de 1,253 toneladas de acero (estructural y de refuerzo) y aproximadamente 8,900 m³ de concreto.

En cuanto a energéticos, se proyecta un consumo aproximado de 1,800 m³ de diésel y 21,000 litros de gasolina, asociados principalmente a maquinaria pesada, transporte de materiales y vehículos de supervisión y apoyo. El volumen de agua estimado para la etapa de construcción asciende a aproximadamente 18,500 m³, destinado principalmente a supresión de polvos y compactación de capas, además de un consumo doméstico del personal del orden de 1,250 litros diarios, el cual será cubierto mediante suministro externo y manejo sanitario controlado.

Para la conformación de la carpeta de rodamiento se estima un requerimiento del orden de 37,000 m³ de concreto asfáltico, producido en planta y transportado al frente de obra conforme al programa de pavimentación.

En lo referente a obras asociadas, no se prevén obras complementarias adicionales distintas a las propias del libramiento y sus elementos funcionales (cuerpo carretero, drenaje, señalamiento y dispositivos de seguridad), conforme al alcance considerado para el proyecto.

I.5.7. SUSTANCIAS PELIGROSAS

En ninguna de las fases del proyecto se requiere de sustancias peligrosas.

I.5.8. DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO

No existen obras adicionales a las descritas en párrafos anteriores, por lo que el proyecto no requiere de otras obras adicionales.

I.5.9. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

Por la naturaleza del proyecto, no se prevé una etapa de abandono del sitio en el sentido estricto aplicable a obras temporales. El libramiento es una infraestructura permanente cuya vida útil es prolongable mediante programas de conservación rutinaria, periódica y rehabilitación mayor, por lo que su operación puede mantenerse de manera continua en tanto exista demanda de servicio y se preserve su integridad estructural y funcional.

En escenarios futuros donde el corredor pudiera ser sustituido parcial o totalmente por otra vialidad de mayor jerarquía o capacidad, lo esperable es que el tramo continúe prestando servicio como vialidad secundaria, colectora o de apoyo a la movilidad local, manteniendo su función dentro de la red carretera/urbana, más que ser objeto de abandono físico. En consecuencia, este apartado se limita a establecer que el proyecto no contempla desmantelamiento, cierre definitivo

ni retiro de infraestructura; las actividades previstas se circunscriben a operación, mantenimiento y, en su caso, rehabilitación, conforme a los programas que se desarrollan en los apartados correspondientes.

No obstante, para fines de evaluación de impactos por etapas, en el Capítulo V se consideró un escenario hipotético de abandono con retiro completo de la infraestructura, con el propósito de identificar y valorar los impactos potenciales que podrían generarse en caso de que, por causas extraordinarias o decisiones futuras de reconfiguración de la red vial, llegara a presentarse un desmantelamiento total. Este ejercicio permite comparar escenarios y fortalecer el análisis preventivo, aun cuando dicho abandono no forma parte del alcance operativo del proyecto.

I.5.10. UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS.

Los estudios desarrollados indican que no es necesario el uso de explosivos.

I.5.11. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMOSFERA

La gestión ambiental de residuos y emisiones se organiza por tipo de flujo, identificando origen, composición esperada y manejo en sitio, con retiro por prestadores autorizados y trazabilidad documental. El esquema aplica principalmente a preparación del sitio y construcción, y se complementa para operación y mantenimiento; adicionalmente, se considera el escenario hipotético de abandono únicamente para efectos de evaluación en el Capítulo V.

Residuos sólidos urbanos (RSU). Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y, en menor medida, durante las actividades rutinarias de operación y mantenimiento, se generan residuos sólidos urbanos provenientes principalmente del personal en frentes de trabajo, campamento-comedor y áreas de apoyo, así como residuos dispersos asociados al uso de la vialidad por parte de los usuarios. Este flujo corresponde a residuos no peligrosos asimilables a domésticos, cuya composición esperada incluye papel y cartón, envolturas y envases plásticos, botellas (plástico o vidrio), restos de alimentos y residuos comunes. Su manejo consistirá en la segregación básica en sitio y el acopio temporal en recipientes con tapa colocados en puntos de generación para evitar dispersión por viento, generación de olores y atracción de fauna oportunista; posteriormente se realizará su recolección periódica y transporte mediante servicio municipal o prestador autorizado, para su disposición final en el sitio de disposición autorizado que corresponda conforme a la infraestructura municipal vigente.

Residuos vegetales por desmonte (biomasa). En la preparación del sitio y construcción se genera material vegetal proveniente del desmonte (arbustos, ramas, material herbáceo y fracciones leñosas), que no se considera residuo de proceso industrial, pero sí requiere manejo controlado por su volumen y por su potencial de generar arrastre, obstrucciones o riesgo de incendios si se acumula inadecuadamente. La composición esperada es biomasa nativa de mezquital y vegetación secundaria arbustiva del mismo mezquital en diferentes tamaños y

contenidos de humedad. El manejo preferente será el aprovechamiento in situ mediante reducción mecánica (trituración) y esparcimiento controlado dentro del derecho de vía y áreas autorizadas, evitando apilamientos y manteniendo el material fuera de cauces, cunetas y obras de drenaje; cuando proceda, podrá emplearse como cobertura orgánica para arrope de taludes y apoyo a la estabilización/revegetación. En caso de existir fracciones no aprovechables por condiciones de seguridad o logística, éstas se transportarán fuera del sitio mediante prestadores autorizados y se dispondrán en lugares permitidos, quedando prohibida su quema y su depósito en zonas de escurrimiento.

Residuos de manejo especial (RME). Durante construcción y mantenimiento se generan residuos no peligrosos que, por su naturaleza, volumen o potencial de aprovechamiento, requieren manejo específico, tales como empaques y embalajes, tarimas, chatarra y sobrantes fuera de especificación; además, en actividades de conservación pueden generarse residuos asociados a pavimentos (material asfáltico retirado/fresado cuando aplique) y a señalamiento (envases vacíos no contaminados, materiales de limpieza no peligrosos). Su composición esperada incluye plásticos rígidos, madera, metales, cartón y, en su caso, material asfáltico recuperado. El manejo se realizará mediante segregación en sitio y acopio temporal ordenado en áreas controladas, con priorización de reutilización/reciclaje cuando sea técnica y legalmente viable; el transporte se efectuará con prestadores autorizados hacia centros de acopio, reciclaje, valorización o disposición final autorizada, según corresponda a cada fracción.

Residuos peligrosos (RP). En forma puntual durante la construcción y en actividades de conservación, se pueden generar residuos peligrosos asociados al mantenimiento y operación de maquinaria y equipos, así como a incidentes menores (derrames) que requieran material absorbente. Su composición esperada incluye aceites usados, grasas, filtros, estopas y absorbentes impregnados, envases contaminados, baterías y otros consumibles con características de peligrosidad. El manejo será diferenciado y estricto, evitando su mezcla con RSU o RME; se acopiarán temporalmente en recipientes cerrados y etiquetados, dentro de áreas controladas con contención secundaria y protección contra lluvia, incorporando prácticas de prevención y respuesta a derrames (contención inmediata, recuperación y retiro del material afectado). El transporte y disposición se realizará exclusivamente mediante gestores autorizados, conforme a la normatividad aplicable, incluyendo la entrega a instalaciones autorizadas para tratamiento, valorización o confinamiento, según el tipo de residuo.

Residuos líquidos sanitarios (excretas y orina). En preparación del sitio y construcción, el personal genera efluentes sanitarios (excretas y orina) que constituyen aguas residuales de tipo doméstico. La composición esperada corresponde a aguas negras propias del uso de sanitarios, con los aditivos típicos de sanitarios portátiles cuando se utilicen. El manejo se realizará mediante la instalación y operación de sanitarios portátiles en los frentes de obra y puntos de concentración, evitando cualquier descarga al suelo, cunetas o cauces; el servicio incluirá limpieza, bombeo y retiro por empresa autorizada. El transporte se efectuará en unidades especializadas y la disposición final se realizará en sitios autorizados por la autoridad competente (por ejemplo, mediante descarga controlada a infraestructura sanitaria autorizada), de acuerdo con los permisos y procedimientos del prestador del servicio.

Emisiones a la atmósfera. Durante construcción se generan emisiones por dos vías principales: emisiones fugitivas de polvo por desmonte, terracerías, tránsito en caminos no pavimentados y

manejo de materiales finos; y emisiones de combustión (gases y partículas) por operación de maquinaria y transporte. La composición esperada incluye material particulado mineral/orgánico resuspendido y gases típicos de combustión. El manejo se basa en medidas operativas de control: humectación de frentes y accesos, control de velocidad, cubrimiento/cierre de cajas de volteo cuando se transporten finos, limpieza de material suelto en zonas de rodamiento y mantenimiento preventivo de equipos para reducir humos visibles y consumo ineficiente; cuando se requieran instalaciones temporales asociadas a trituración o producción/maniobra de mezcla asfáltica, su operación se realizará en predios autorizados fuera del derecho de vía, con controles de polvo y ordenamiento de acopios, y limpieza del sitio al término.

Emisiones a la atmósfera (operación y mantenimiento). En operación, las emisiones a la atmósfera provienen fundamentalmente de fuentes móviles (vehículos usuarios del libramiento), por lo que se manifiestan a lo largo del corredor del proyecto. La composición esperada corresponde a gases y partículas por combustión y a emisiones asociadas a rodadura, dependiendo de flota y condiciones de circulación. La gestión se concentra en mantener condiciones de operación que eviten incrementos innecesarios de emisiones (flujo estable, señalamiento y control de velocidades, conservación del pavimento para reducir frenados/aceleraciones repetitivas) y en la atención de contingencias (por ejemplo, derrames por accidentes) para evitar contaminación secundaria de suelo y drenaje.

I.5.12. INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS.

Conforme a lo descrito en el numeral anterior, durante las etapas de preparación del sitio y construcción se habilitará infraestructura temporal para asegurar el acopio controlado, la recolección oportuna y la disposición adecuada de los residuos generados por el personal y por las actividades de obra. Se definieron dos polígonos principales para la ubicación de la infraestructura temporal, mismos que se encuentran ubicados en el cadenamiento 11+150. El área corresponde a un total de 4,060 m^2 y serán ubicados dentro del polígono del proyecto (figura y tabla inferior), por lo que no se requiere de causar otros impactos más allá de los considerados en la presente MIA. En particular, se instalarán contenedores con tapa para residuos sólidos urbanos en los principales puntos de generación (frentes de trabajo, campamento-comedor y áreas de apoyo), con el propósito de evitar dispersión por viento, generación de olores, atracción de fauna y arrastre hacia cunetas u obras de drenaje. Los residuos sólidos recolectados serán retirados con una frecuencia compatible con la tasa de generación y las condiciones climáticas, realizando su transporte y disposición final en el relleno sanitario de la ciudad de Hermosillo o en el sitio autorizado que corresponda conforme a la infraestructura municipal vigente, el cual cuenta con capacidad operativa para recibir este tipo de residuos.

Para el control de excretas y orina, se instalarán sanitarios portátiles (letrinas móviles) en número suficiente y distribuidos de manera estratégica en el área de obra, a fin de cubrir los frentes activos y zonas de concentración de personal, evitando cualquier descarga directa al suelo. La evacuación, limpieza y mantenimiento de estas unidades se realizará mediante un prestador autorizado, con la frecuencia que determine la capacidad de los equipos, el número de usuarios y el programa de obra, garantizando la recolección segura y la disposición final en instalaciones

autorizadas (por ejemplo, infraestructura sanitaria aprobada por la autoridad competente), de acuerdo con los procedimientos del proveedor del servicio.

Adicionalmente, cuando se generen residuos de manejo especial o residuos peligrosos asociados a mantenimiento de maquinaria (aceites usados, filtros, estopas/absorbentes impregnados o envases contaminados), éstos se acopiarán temporalmente en un sitio controlado con recipientes cerrados, etiquetados y con contención secundaria, para su posterior retiro por gestores autorizados, evitando su mezcla con residuos urbanos. En todos los casos, la infraestructura temporal se mantendrá ordenada, señalizada y ubicada fuera de cauces y zonas de escurrimiento, de forma que el manejo de residuos no induzca impactos adicionales al suelo o al patrón de drenaje del sitio.

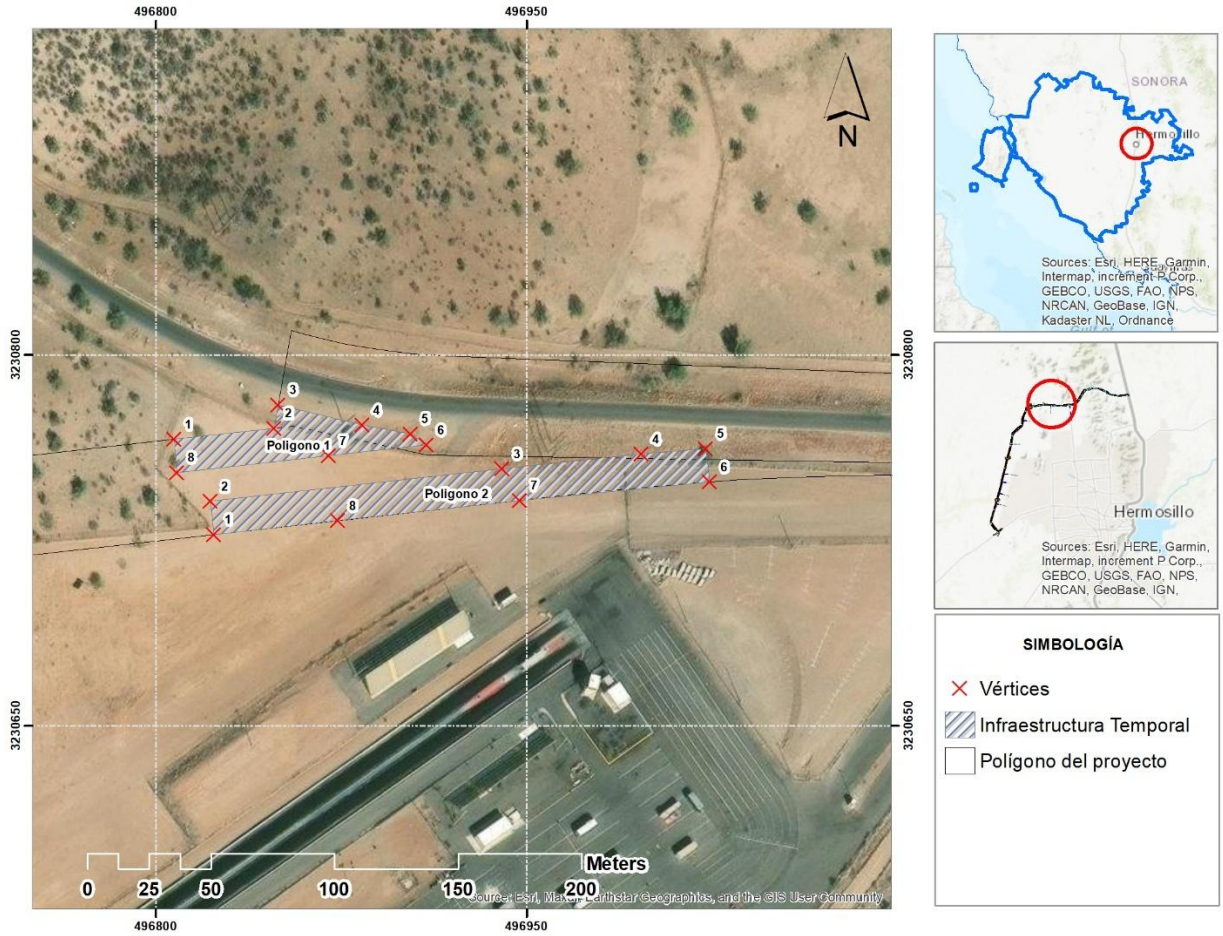


Figura I. 11 Mapa de ubicación de polígonos definidos para la instalación de Infraestructura temporal.

Tabla I. 14 Coordenadas de los vértices de polígonos de Infraestructura temporal en UTM Zona 12 Datum WGS84.

NOMBRE	VERTICE	UTM X	UTM Y
Poligono 1	1	496807.1	3230765.7
	2	496847.7	3230770.3
	3	496849.4	3230779.7
	4	496883.2	3230771.6
	5	496902.8	3230768.0
	6	496909.2	3230763.5
	7	496869.8	3230759.1
	8	496808.3	3230752.3
Poligono 2	1	496823.2	3230727.3
	2	496821.8	3230740.7
	3	496940.0	3230753.9
	4	496996.3	3230759.8
	5	497022.3	3230762.0
	6	497023.9	3230748.5
	7	496947.0	3230741.0
	8	496873.5	3230732.9

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO

II.1. INFORMACIÓN SECTORIAL

II.1.1. CONTEXTO DEL ESTUDIO.

Tomando como base la ubicación espacial y las características del proyecto descritas en el Capítulo II, se presenta a continuación un análisis del vínculo existente entre el proyecto y los diferentes instrumentos de planeación existentes en la zona. El objetivo central de este análisis es el de conocer los ordenamientos jurídicos a los que habrá de apegarse el proyecto, así como asegurar que no exista interferencia con algún otro Plan, Programa o Proyecto.

Así, en el presente capitulo, se analizará la vinculación del proyecto con los diferentes instrumentos jurídicos que le aplican, de acuerdo a lo que dispone el artículo 13 fracción III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

En este marco de actuación del proyecto, los ordenamientos que se consideran aplicables y vinculables en materia ambiental son los siguientes:

En materia de planeación:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET)
- Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Regiones Prioritarias
- Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030
- Plan Estatal de Desarrollo 2021 – 2027.
- Plan Municipal de Desarrollo 2025-2027

Leyes y Reglamentos:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
- Ley General para la Gestión Integral de Residuos y su Reglamento.
- Ley de Vías Generales de Comunicación.
- Reglamento de LGEEPA en materia de Ruido.
- Reglamento de LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Código Penal Federal.

- Normas oficiales mexicanas.

La dinámica del desarrollo sectorial dentro de la zona, es de gran importancia social, debido a los beneficios que provocara el proyecto en materia de circulación vehicular desfogue de movimiento de carga que cruza actualmente por la ciudad.

II.2.PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) DECRETADOS (GENERAL DEL TERRITORIO, REGIONAL O LOCAL).

De acuerdo a SEMARNAT, El *Ordenamiento ecológico* se define, jurídicamente, como "El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos" (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Titulo Primero, Art.3 fracción XXIV). Con lo que se establece un marco básico de gestión integral del territorio y sus recursos, siendo además una herramienta estratégica para la convergencia entre Estado y Sociedad.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece que el *Ordenamiento ecológico* es un instrumento que se deberá incorporar en la planeación nacional del desarrollo (Artículo 17). Señala, además, cuáles son los criterios que deben considerarse para la formulación del mismo (Artículo 19), cuáles son sus modalidades (Artículo 19 Bis), y describe cuáles son las instancias y los órdenes de gobierno a quienes corresponde la formulación de las diferentes modalidades del *Ordenamiento Ecológico*, lo mismo que los alcances de dichos programas (Artículos 20 al 20 Bis 7).

En el Reglamento de la LGEEPA, en materia de *Ordenamiento ecológico (Reglamento),* se definen las competencias de la SEMARNAT, así como la participación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en la formulación, expedición, ejecución, asesoría, evaluación, validación y vigilancia de los ordenamientos ecológicos de competencia federal; la participación en la formulación de los programas de *Ordenamiento ecológico regional* de interés de la Federación y en la participación en la elaboración y en su caso, la aprobación de los programas de *Ordenamiento ecológico local*. Finalmente, cada Entidad Federativa tiene atribuciones particulares en materia de *Ordenamiento ecológico*, establecidas en su respectiva legislación local.

El ordenamiento ecológico se puede formular según las siguientes modalidades:

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Tiene como objetivo fundamental, vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal cuyas actividades inciden en el patrón de ocupación del territorio; en particular, se puede destacar que con el Programa se busca llevar a cabo la regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria. Su formulación deberá atender a lo establecido en los artículos 20 y 20 bis de la LGEEPA y el capítulo tercero de su Reglamento.

Programa de Ordenamiento Ecológico Regional. Tiene por objeto identificar las actividades sectoriales presentes en regiones consideradas prioritarias o estratégicas para el país, así como su relación con la generación de posibles conflictos ambientales, sobre todo con respecto a la oferta y demanda de recursos naturales; el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como con la protección y conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad. Su formulación deberá atender a lo establecido en los artículos 20 bis3 de la LGEEPA y 40 de su Reglamento.

Programa de Ordenamiento Ecológico Local. Presenta los mismos elementos que un programa de ordenamiento ecológico regional, con la peculiaridad de que este programa tiene un análisis más preciso del territorio, sus recursos e incluye los criterios de regulación ecológica para los centros de población, para que éstos formen parte integral de los programas de desarrollo urbano formulados por las autoridades municipales, de acuerdo con lo que establecen los artículos 20 bis 4 y bis 5 de la LGEEPA y los artículos 57 al 61 de su Reglamento. Los municipios formularán su Programa de Ordenamiento Ecológico con base en las leyes locales en la materia, y podrán invitar al gobierno federal a participar en el proceso de ordenamiento ecológico a través de la suscripción de un convenio de coordinación.

Los programas de ordenamiento ecológico regional o local, en cuyas áreas se incluya un área natural protegida de competencia federal, son elaborados y aprobados conjuntamente por el gobierno estatal o municipal correspondiente y la SEMARNAT, conforme a lo determinado por los artículos 20 bis 2 y 20 bis 5 de la LGEEPA, respectivamente.

De acuerdo con SEMARNAT, a nivel nacional se han expedido 45 Ordenamientos Regionales y 71 Ordenamientos Locales. En el Estado de Sonora se tienen dos ordenamientos decretados únicamente, uno de tipo Regional y otro Local, así como un Ordenamiento Ecológico Marino.

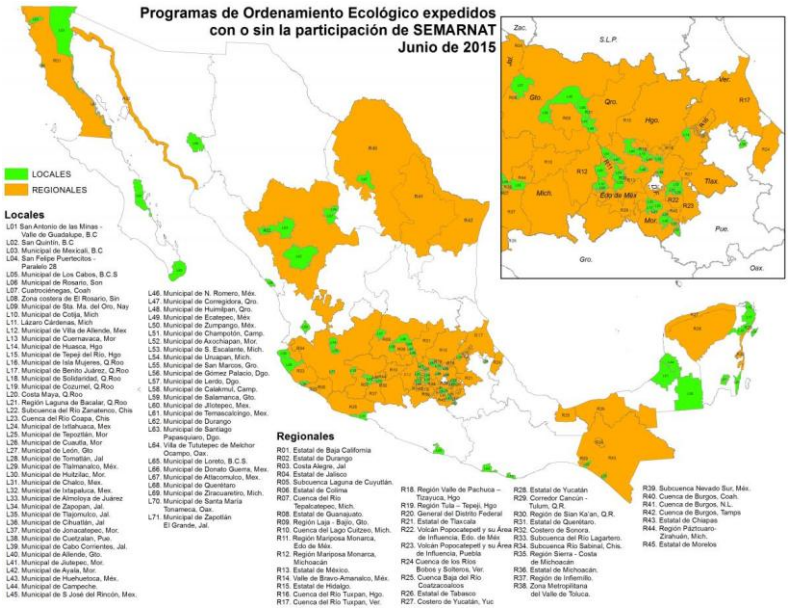


Figura II. 1Programas de Ordenamiento Ecológico Expedidos con o sin la participación de la SEMARNAT.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Los Programas de Ordenamiento Ecológico, en cualquiera de sus modalidades, son herramientas de planeación y tienen como objeto regular e inducir el uso del suelo y las actividades productivas con el fin de un desarrollo sustentable.
Es importante señalar que aun cuando SEMARNAT señala únicamente dos programas de ordenamiento, se identifican, además, el Ordenamiento Ecológico General del Territorio y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora (de índole estatal), mismo que serán descritos a continuación.

II.2.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO.

El Ordenamiento Ecológico es uno de los principales instrumentos de la política ambiental mexicana que propone sentar las bases para planificar el uso del suelo en el territorio nacional.

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), tiene como objetivo llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto:

- Establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;
- Promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF);
- Orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales;
- Promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- Fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas;
- Apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así
- Como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

Del programa de ordenamiento ecológico está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización.

De acuerdo con el análisis realizado al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, se identificó que el área del proyecto se encuentra en la región ecológica 15.32 (Unidad Biofísica Ambiental (UAB) 104 Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales) y 15.33 (UAB 8 Sierras y Llanuras Sonorenses occidentales), ambas con una política ambiental de Aprovechamiento Sustentable y Restauración, cuyo estado de medio ambiente y estrategias se describen en los siguientes párrafos.

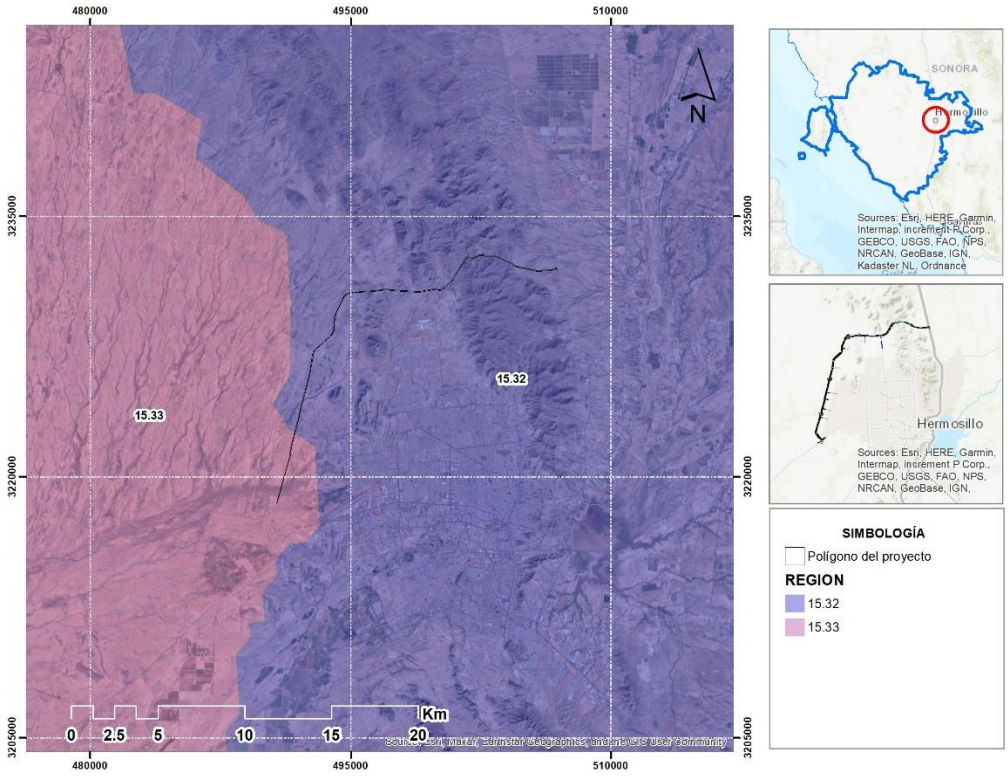


Figura II. 2 Ubicación del proyecto en el POEGT.

- **Estado del Medio Ambiente (2008) UBA 104:**

Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. Muy baja superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Baja degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de baja a media. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación. Déficit de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 21.1. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Medio índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Alta importancia de la actividad minera. Baja importancia de la actividad ganadera.

Como es un ordenamiento de escala muy grande, esta unidad abarca también un área muy extensa de más de 30,374 Km^2, en la que se define una política de Aprovechamiento Sustentable con Restauración y como eje rector se propone la preservación de la flora y fauna y turismo. Figura y Tabla inferior se muestran las estrategias de la Unidad Ambiental Básica 104, dentro de la cual queda el proyecto.

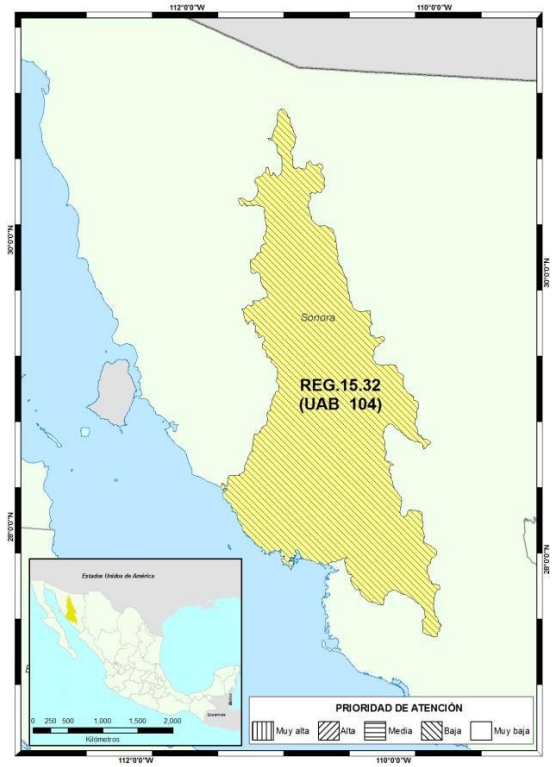


Figura II. 3 Localización de la UAB 104 del Ordenamiento Ecológico General del Territorio, y las características que la definen.

En Unidad Ambiental Biofísica 104: Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales, destacan las características que se muestran en la tabla inferior.

Tabla II. 1 Estrategias de la UAB 104 Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales.

Estrategias. UAB 104		Vinculación con el proyecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	**1.** Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	**El proyecto se vincula** al desarrollarse sobre un territorio con vegetación y fauna nativa, donde el desmonte y la operación pueden afectar hábitat. **Da cumplimiento** al acotar estrictamente la huella al derecho de vía autorizado, conservar vegetación fuera de la huella, evitar aperturas adicionales, controlar accesos y tránsito, y aplicar restauración/revegetación en bordes y áreas temporales para recuperar conectividad local.

	2. Recuperación de especies en riesgo.	**El proyecto se vincula** porque, si se registran especies en riesgo en el área de influencia, debe aplicarse manejo diferenciado. **Da cumplimiento** al integrar verificación de estatus (p. ej., listados oficiales) durante el inventario biológico y, cuando proceda, ejecutar rescate/reubicación y medidas específicas (restricciones operativas, protección de microhábitats), además de revegetación con nativas y control de perturbaciones.
	3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	**El proyecto se vincula** al requerir líneas base y seguimiento para evaluar impactos y eficacia de medidas. **Da cumplimiento** mediante el Programa de Vigilancia Ambiental (supervisión, recorridos, registros, evidencia fotográfica) y el seguimiento de variables clave (cumplimiento de medidas, estado de restauración, control de erosión, evidencia de fauna).
B) Aprovechamiento sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	**El proyecto se vincula** por el uso de materiales, agua y la remoción de cobertura vegetal para construir la infraestructura. **Da cumplimiento** al priorizar fuentes autorizadas de materiales, minimizar volúmenes mediante diseño y control de terracerías, reutilizar insumos cuando sea técnicamente viable (p. ej., biomasa triturada para arrope/composta donde aplique), y controlar consumos (agua para compactación y supresión de polvo) evitando desperdicios y descargas al ambiente.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	**El proyecto se vincula** porque el trazo atraviesa suelos con uso pecuario y vegetación asociada. **Da cumplimiento** al restringir despalme a la huella indispensable (cuerpo carretero/camino de mantenimiento), rescatar y reutilizar topsoil cuando sea factible, descompactar y rehabilitar áreas temporales, y controlar erosión y arrastre para no degradar suelos colindantes.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	**El proyecto se vincula** de manera indirecta, ya que no es una intervención hidroagrícola. **Da cumplimiento** al no interferir con infraestructura de riego existente y al mantener la conectividad hidráulica de escurrimientos intermitentes mediante drenaje adecuado, evitando afectaciones a la disponibilidad y distribución local del agua.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	**El proyecto se vincula** por el desmonte de vegetación nativa dentro del derecho de vía. **Da cumplimiento** al limitar remoción a lo autorizado, rescatar/reubicar ejemplares cuando proceda, prohibir quema, y aplicar revegetación con especies nativas en áreas restaurables (bordes/taludes/áreas temporales), reduciendo pérdidas netas de cobertura.

	8. Valoración de los servicios ambientales.	**El proyecto se vincula** porque incide en servicios como control de erosión, infiltración, hábitat y captura de carbono. **Da cumplimiento** al incorporar medidas explícitas para conservar funcionalidad hidrológica y del suelo (drenaje, control de erosión), recuperación de cobertura (revegetación) y control de impactos en paisaje, integrándolo en la evaluación de impactos, medidas y vigilancia.
C) Protección de los recursos naturales	**12**. Protección de los ecosistemas.	**El proyecto se vincula** por el potencial de fragmentación, contaminación y disturbio durante obra. **Da cumplimiento** mediante delimitación y control de frentes, prohibición de caza/colecta, manejo integral de residuos, control de derrames, y medidas de estabilización/restauración para evitar impactos indirectos fuera del derecho de vía.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	**El proyecto se vincula** sólo si se contemplaran insumos químicos para revegetación o control de maleza. **Da cumplimiento** al no considerar agroquímicos como práctica ordinaria del proyecto; en revegetación/restauración se privilegiarán especies nativas y prácticas de manejo físico/biológico, evitando aplicaciones que puedan generar escurrimientos contaminantes o afectar fauna/flora.
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	**El proyecto se vincula** porque genera áreas temporales y bordes/taludes que requieren estabilización. **Da cumplimiento** mediante reperfilado de áreas auxiliares, descompactación donde aplique, restitución de topsoil, control de erosión (malla orgánica/fajinas/escalones de matorral en puntos críticos cuando proceda) y revegetación dirigida con nativas para acelerar recuperación funcional.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15**. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovable.	**El proyecto se vincula** por su dependencia de geotecnia/materiales y estabilidad de cortes/terraplenes. **Da cumplimiento** al sustentar decisiones de cortes, taludes, bancos y estabilidad en estudios técnicos (geológicos/geotécnicos/topo-hidráulicos) y al aplicar criterios de seguridad/estabilidad para prevenir erosión, fallas y afectaciones al entorno.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	**El proyecto se vincula** únicamente por el posible abastecimiento de materiales pétreos desde bancos (actividad extractiva). **Da cumplimiento** al exigir que el suministro de materiales provenga de fuentes autorizadas y operar el transporte con controles (cubrimiento, rutas, velocidad, control de derrames), evitando que el proyecto induzca extracción irregular o impactos adicionales no regulados.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		

E) Desarrollo Social	**33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	**El proyecto se vincula** al incidir en accesibilidad regional y dinámica territorial. **Da cumplimiento** al incorporar medidas de gestión social durante obra (señalización, seguridad, atención de incidencias), y al priorizar, cuando sea factible, contratación local y proveeduría regional conforme a políticas del promovente/contratista, sin comprometer estándares técnicos y ambientales.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	**El proyecto se vincula** porque la infraestructura vial debe mantener funcionalidad ante lluvias intensas y facilitar movilidad segura. **Da cumplimiento** al diseñar y mantener obras de drenaje y control de erosión, evitar obstrucciones, y operar con criterios de seguridad vial y respuesta a contingencias, reduciendo riesgos a usuarios y comunidades cercanas en eventos hidrometeorológicos.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	**El proyecto se vincula** por la biomasa generada en desmonte y por su potencial de manejo. **Da cumplimiento** al manejar biomasa sin quema, con trituración y uso como cobertura/arrope y, cuando sea viable, composta para restauración, evitando que se convierta en pasivo ambiental o fuente de incendios.
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	**El proyecto se vincula** en la dimensión laboral y de obra pública. **Da cumplimiento** al establecer prácticas de contratación no discriminatorias, condiciones de seguridad e higiene y mecanismos de prevención/atención a violencia o acoso en obra, así como oportunidades de empleo local en actividades compatibles con el perfil y la normatividad aplicable.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	**El proyecto se vincula** porque requiere derecho de vía y afectaciones prediales. **Da cumplimiento** al delimitar el polígono de afectación, sustentar la ocupación/servidumbres/adquisición conforme a los instrumentos legales aplicables y evitar invasiones fuera del derecho de vía, incorporando trazabilidad predial/catastral.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	**El proyecto se vincula** al requerir precisión cartográfica y predial. **Da cumplimiento** al integrar cartografía y bases prediales/catastrales actualizadas (polígono, estaciones, coordenadas) para identificar propietarios y afectaciones,

		reduciendo incertidumbre y mejorando gobernanza territorial del proyecto.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	**El proyecto se vincula** porque es una intervención territorial que debe ser congruente con instrumentos de planeación/ordenamiento. **Da cumplimiento** al demostrar compatibilidad con instrumentos aplicables (PMD/PED/PND y ordenamientos ecológicos/territoriales), y al incorporar medidas y seguimiento que aseguren que la obra se ejecute dentro del marco regulatorio y con mínima afectación ambiental.

La Unidad Ambiental Biofísica 104 tiene 20 Estrategias sectoriales para su aplicación en la Unidad, destacando la congruencia del proyecto con cada una de ellas.

Por ello, queda claro que la ejecución del proyecto, es acorde a las políticas establecidas en la normatividad y en los programas de ordenamiento. Por otro lado, las medidas de mitigación de los impactos propuestas durante las actividades de construcción y operación del proyecto, permitirá no comprometer los recursos, así como tampoco se contrapone con las políticas de la Región Ecológica establecida en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

- **Estado del Medio Ambiente (2008) UAB 8:**

Medianamente estable a Inestable. Conflicto Sectorial Bajo. Muy baja superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Baja degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja, con poca urbanización. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km^2): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación. Déficit de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 21. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Medio índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Muy alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Alta importancia de la actividad minera. Media importancia de la actividad ganadera.

Esta unidad abarca también un área muy extensa de más de 32,565 Km^2, en la que se define una política de Aprovechamiento Sustentable y Restauración y como eje rector se propone la preservación de la flora y fauna. La figura y tabla inferior se muestran las estrategias de la Unidad Ambiental Básica 8, dentro de la cual queda el proyecto.

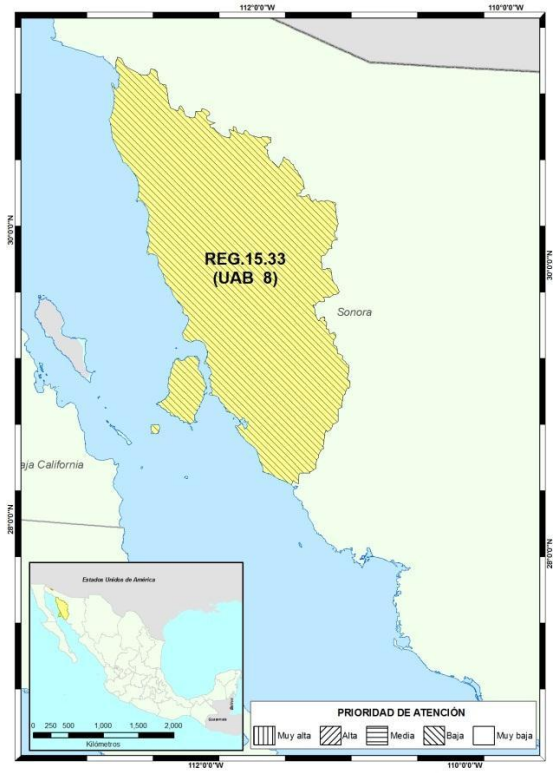


Figura II. 4 Localización de la UAB 8 del Ordenamiento Ecológico General del Territorio, y las características que la definen.

En Unidad Ambiental Biofísica 8: Sierras y Llanuras Sonorenses Occidentales, destacan las características que se muestran en la tabla inferior.

Tabla II. 2 Estrategias de la UAB 8 Sierras y Llanuras Sonorenses Occidentales.

Estrategias. UAB 8		Vinculación con el proyecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	**1.** Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	**El proyecto se vincula** al implicar remoción de vegetación y perturbación por una obra lineal. **Da cumplimiento** al acotar estrictamente la huella al derecho de vía, conservar vegetación fuera de la franja indispensable, evitar aperturas adicionales, controlar accesos y tránsito, y ejecutar restauración/revegetación en bordes y áreas temporales.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	**El proyecto se vincula** porque la presencia de especies en riesgo activaría medidas específicas. **Da cumplimiento** al verificar estatus en inventarios biológicos conforme listados oficiales y, cuando proceda, aplicar rescate/reubicación y restricciones operativas, además de revegetación con nativas para apoyar recuperación de hábitat.

	3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	**El proyecto se vincula** porque requiere línea base y seguimiento para validar eficacia de medidas. **Da cumplimiento** mediante un esquema de vigilancia ambiental (supervisión, recorridos, registros y evidencia fotográfica georreferenciada) y seguimiento de variables clave (restauración, control de erosión, evidencia de fauna/atropellamientos donde aplique).
B) Aprovechamiento sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	**El proyecto se vincula** por el uso de materiales, agua y la intervención del terreno. **Da cumplimiento** al exigir fuentes autorizadas de materiales, minimizar volúmenes por control de terracerías, reutilizar insumos cuando sea viable (p. ej., biomasa triturada para arrope), y controlar consumos de agua para compactación y supresión de polvo sin descargas al ambiente.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	**El proyecto se vincula** al atravesar suelos con uso pecuario y cobertura natural asociada. **Da cumplimiento** al restringir despalme a la huella indispensable (cuerpo carretero/camino de mantenimiento), rescatar/reutilizar topsoil cuando sea factible, rehabilitar y descompactar áreas temporales, y controlar erosión y arrastre para no afectar suelos colindantes.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	**El proyecto se vincula** de forma indirecta al no ser obra hidroagrícola. **Da cumplimiento** al no interferir con infraestructura hidroagrícola existente (si se identifica) y al mantener conectividad hidráulica local mediante drenaje adecuado, evitando encharcamientos y erosión que afecten colindancias.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	**El proyecto se vincula** por la remoción de vegetación nativa dentro del derecho de vía. **Da cumplimiento** al limitar remoción a lo autorizado, prohibir quema, rescatar/reubicar ejemplares cuando aplique y revegetar con especies nativas en áreas restaurables para reducir pérdida neta de cobertura.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	**El proyecto se vincula** porque incide en control de erosión, infiltración, hábitat y paisaje. **Da cumplimiento** al incorporar medidas de control de erosión y drenaje, restauración biológica, y criterios de integración paisajística, reflejándolos en la evaluación de impactos, medidas y vigilancia.
C) Protección de los recursos naturales	**12**. Protección de los ecosistemas.	**El proyecto se vincula** por el potencial de fragmentación, disturbio y contaminación durante obra. **Da cumplimiento** mediante control estricto de frentes, manejo integral de residuos, prevención/atención de derrames, restricción de tránsito fuera de rutas, y

		restauración/revegetación para evitar impactos indirectos fuera del derecho de vía.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	**El proyecto se vincula** sólo si se contemplaran insumos químicos en revegetación o control de maleza. **Da cumplimiento** al no considerar agroquímicos como práctica ordinaria; en restauración se privilegiarán especies nativas y manejo físico/biológico, evitando aplicaciones que generen escurrimientos contaminantes.
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	**El proyecto se vincula** por la necesidad de estabilizar y recuperar bordes, taludes y áreas temporales. **Da cumplimiento** mediante reperfilado, descompactación donde aplique, restitución de topsoil, control de erosión (medidas físicas y bioingeniería cuando proceda) y revegetación dirigida con nativas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15**. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovable.	**El proyecto se vincula** por estabilidad geotécnica y selección/uso de materiales. **Da cumplimiento** al sustentar cortes, taludes, terraplenes y drenaje en estudios técnicos (geológicos/geotécnicos/topo-hidráulicos) y aplicar criterios de estabilidad para prevenir fallas y erosión.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	**El proyecto se vincula** por el posible suministro de agregados desde bancos (actividad extractiva). **Da cumplimiento** al exigir abastecimiento desde fuentes autorizadas y controlar el transporte (cubrimiento, rutas, velocidad, control de derrames), evitando inducir extracción irregular o impactos no regulados.
	16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional.	**El proyecto se vincula** de manera indirecta, como infraestructura habilitante para cadenas de suministro y movilidad de mercancías. **Da cumplimiento** al mejorar eficiencia logística regional sin comprometer desempeño ambiental, integrando controles de obra y operación que minimicen impactos.
	17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras).	**El proyecto se vincula** indirectamente al fortalecer conectividad vial para movilidad de insumos y productos. **Da cumplimiento** al aportar infraestructura que reduce tiempos/costos logísticos y opera con medidas ambientales y de seguridad vial.

	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	**El proyecto se vincula** indirectamente por mejorar accesibilidad regional y conectividad hacia destinos y corredores. **Da cumplimiento** al incrementar seguridad y eficiencia de desplazamientos, evitando degradación ambiental mediante medidas de control de impactos y restauración.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	**El proyecto se vincula** al mejorar conectividad territorial que apoya movilidad regional. **Da cumplimiento** al mantener la funcionalidad vial con control ambiental (drenaje, erosión, residuos) y seguridad.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	**El proyecto se vincula** indirectamente por contribuir a una red vial más eficiente y segura. **Da cumplimiento** al operar bajo estándares de seguridad vial y gestión ambiental, reduciendo afectaciones paisajísticas mediante estabilización y revegetación progresiva.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
C) Agua y Saneamiento	**28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	**El proyecto se vincula** por riesgo de arrastre de sedimentos y contaminación accidental a escurrimientos intermitentes. **Da cumplimiento** con drenaje adecuado, control de erosión/sedimentos, prohibición de descargas sanitarias al suelo, y control de derrames y residuos para evitar contaminación del agua superficial y del subsuelo.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	**El proyecto se vincula** por requerir medidas para no afectar recarga/infiltración ni calidad del agua en un ambiente árido. **Da cumplimiento** al minimizar compactación fuera de huella, mantener conectividad hidráulica, y prevenir contaminación por hidrocarburos y residuos mediante manejo controlado.
E) Desarrollo Social	**33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	**El proyecto se vincula** al incidir en accesibilidad y conectividad regional. **Da cumplimiento** al incorporar gestión social en obra (señalización, seguridad, atención de incidencias) y, cuando sea viable, promover beneficios locales a través de empleo y proveeduría regional compatibles con normas técnicas y ambientales.

	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	**El proyecto se vincula** en la dimensión laboral y de obra pública. **Da cumplimiento** mediante prácticas de contratación no discriminatorias, condiciones de seguridad e higiene y mecanismos de prevención/atención de violencia o acoso en obra, además de oportunidades de empleo local según perfiles requeridos.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	**El proyecto se vincula** por requerir derecho de vía y afectaciones prediales. **Da cumplimiento** al delimitar el polígono de afectación, sustentar ocupación/servidumbres/adquisición conforme a instrumentos legales aplicables y evitar invasiones fuera del derecho de vía.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**44.** Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	**El proyecto se vincula** al ser una intervención territorial que debe ser congruente con instrumentos de planeación/ordenamiento. **Da cumplimiento** al demostrar compatibilidad con instrumentos aplicables y al ejecutar la obra con medidas y seguimiento que aseguren que se minimicen impactos y se respete el marco normativo ambiental y territorial.

La Unidad Ambiental Biofísica 8 tiene 24 Estrategias sectoriales para su aplicación en la Unidad, destacando la congruencia del proyecto con cada una de ellas.

Por ello, queda claro que la ejecución del proyecto, es acorde a las políticas establecidas en la normatividad y en los programas de ordenamiento. Por otro lado, las medidas de mitigación de los impactos propuestas durante las actividades de construcción y operación del proyecto, permitirá no comprometer los recursos, así como tampoco se contrapone con las políticas de la Región Ecológica establecida en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

II.2.2. PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)

La publicación del Decreto del **Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora (POETES)** tuvo lugar en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora el 21 de mayo de 2015, y dicho programa **sustituye al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora** anterior**.** Este decreto establece pautas para el análisis de aptitud, la zonificación, las políticas ambientales y las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs).
El Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora se concibe como el proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el óptimo uso y manejo de los recursos naturales en el territorio nacional. Dentro de sus objetivos y metas están:

- Regular e inducir el uso racional del suelo y del desarrollo de las actividades productivas para lograr la protección y conservación de los recursos naturales
- Lograr la proyección del medio ambiente a través de la apropiación y aplicación de políticas y criterios para la protección, conservación, restauración y aprovechamiento integral de los recursos naturales, todo ello en un marco de desarrollo sustentable.

De acuerdo con lo establecido por el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Sonora (POETES), el proyecto incide directamente sobre la siguiente Unidad de Gestión Ambiental **(UGA) 100-0/03 Sierra Baja y 500-0/01 Llanura Aluvial**.

Dentro de estas Unidades se tienen lineamientos y criterios de regulación ecológica y estrategias ecológicas que se describen a continuación y se sintetizan en las tablas inferiores.

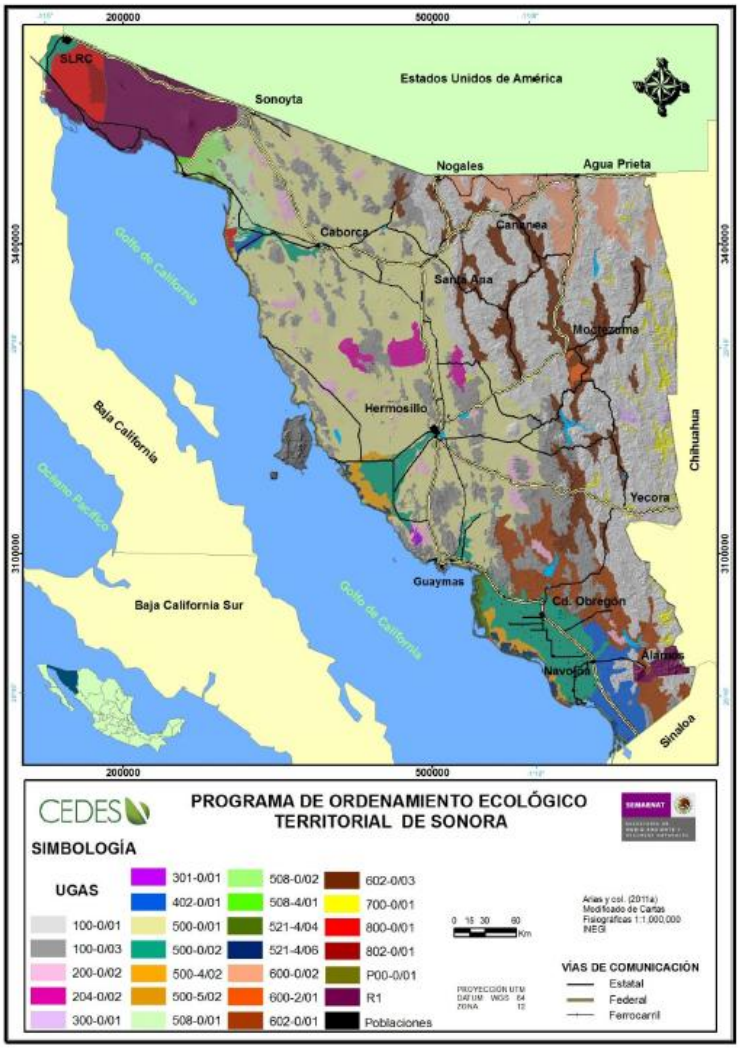


Figura II. 5 Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio. (POETES).

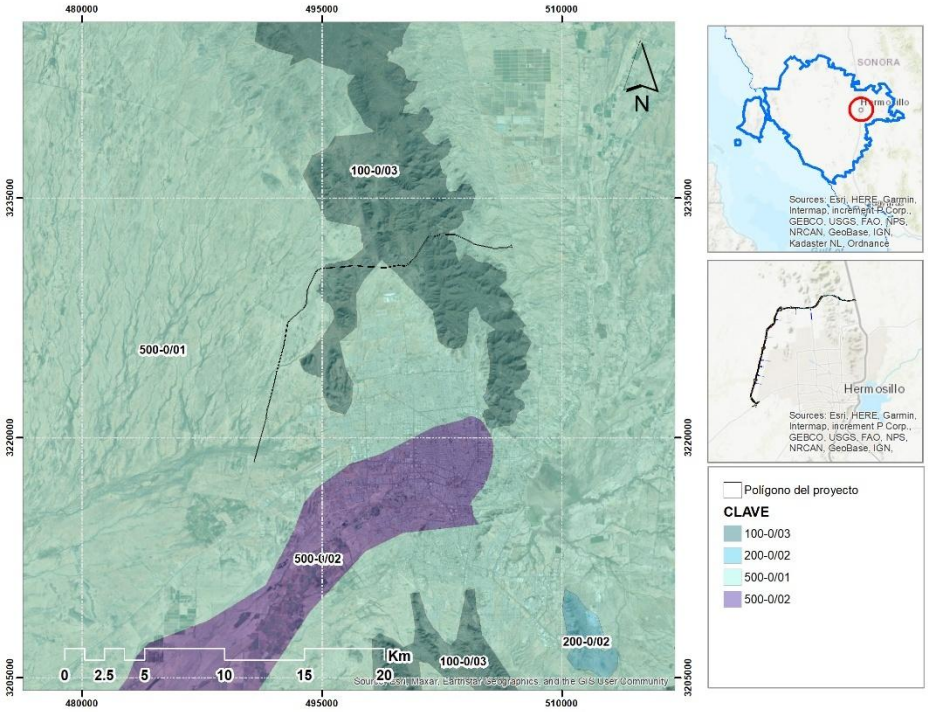


Figura II. 6 Ubicación del proyecto con respecto a las Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POETES).

Lineamientos ecológicos

Estos son las metas obtenidas aplicando Criterios de Regulación Ecológica y Estrategias Ecológicas para cada una de las Unidades de Gestión Ambiental.

Criterios de regulación ecológica

Son aspectos generales o específicos que norman los diversos usos del suelo en el AOE, y pueden operar de manera específica en las distintas UGA (SEMARNAT, 2006). Su finalidad es establecer condicionantes ambientales para que todo proyecto o actividad que se desarrolle en el territorio cumpla con el objetivo de proteger, preservar, restaurar y aprovechar sustentablemente los recursos naturales, previniendo o minimizando los posibles impactos ambientales de las obras o actividades. Otra finalidad de los CRE es establecer las reglas de conducta que permitan reducir los conflictos ambientales, ya que estos cuentan con un fundamento legal en leyes, reglamentos o normas. En el caso de que se detecte un vacío legal, los CRE hacen recomendaciones para establecer acuerdos entre los sectores involucrados.

Estrategias ecológicas.

Es “la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el

Área de Ordenamiento Ecológico" (SEMARNAT, 2003). Se basan en la identificación de las causas que amenazan con la sustentabilidad de las actividades sectoriales. Estas causas pueden incluir desde el nivel de conocimiento del potencial que tiene un sector para llevar a cabo sus actividades, la existencia de un marco legal propicio para el desarrollo de la actividad, la existencia de una visión estratégica sectorial, la efectividad en la operación de la actividad y la imagen que proyecta el sector en la sociedad.

A continuación, se describen los lineamientos, los criterios y las estrategias establecidas para cada una de las UGA y la vinculación del proyecto con cada uno de estos aspectos.

***(UGA) 100-0/03 Sierra Baja*.**

La unidad 100-0/03 Sierra Baja es la tercera en extensión y funciona como una especie de matriz territorial dentro de la Provincia II Llanuras Sonorenses, principalmente en la Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses, y en menor proporción en la Subprovincia 12 Pie de la Sierra, perteneciente a la Provincia III Sierra Madre Occidental. Se caracteriza por relieves con pendientes pronunciadas, presencia frecuente de suelos someros o afloramientos rocosos, altitudes generalmente menores a 600 msnm y condiciones climáticas extremas.

Desde el punto de vista biológico predominan ecosistemas desérticos, por lo que se plantea una propuesta de Protección de Sitio en sierras ubicadas al sur de Puerto Libertad. En las sierras bajas asociadas a la Subprovincia 12 Pie de la Sierra también se presentan bosques secos; de hecho, una porción del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui se encuentra dentro de esta unidad de gestión ambiental.

En cuanto a las actividades económicas destacadas, sobresale la minería, especialmente de minerales metálicos (principalmente oro y cobre, con mayor presencia en formaciones montañosas vinculadas a la Megacizalla Sonora–Mojave) y, en las inmediaciones de Hermosillo, la extracción de no metálicos (como insumos para cemento, calhidra y otros). También se reconoce el turismo especializado (incluido el inmobiliario) en sierras cercanas a la costa entre El Desemboque y Guaymas, así como el turismo alternativo de aventura y cultural asociado a civilizaciones de regiones áridas, como los To'hono (Pápago), Conka'ac (Seri) y Yoheme (Yaqui y Mayo). Entre los aprovechamientos relevantes se mencionan especies cinegéticas como el borrego cimarrón en sierras del noroeste del estado, además de mamíferos menores (jabalí y liebre) y aves residentes, así como el uso forestal no maderable.

Los conflictos potenciales en esta unidad se asocian principalmente con la minería, considerada una de las actividades productivas de mayor rentabilidad. Adicionalmente, aunque la ganadería extensiva no se considera recomendable, se practica en la zona y puede generar tensiones con los objetivos de conservación, en particular respecto a la integridad de ecosistemas de bosque seco y ambientes desérticos.

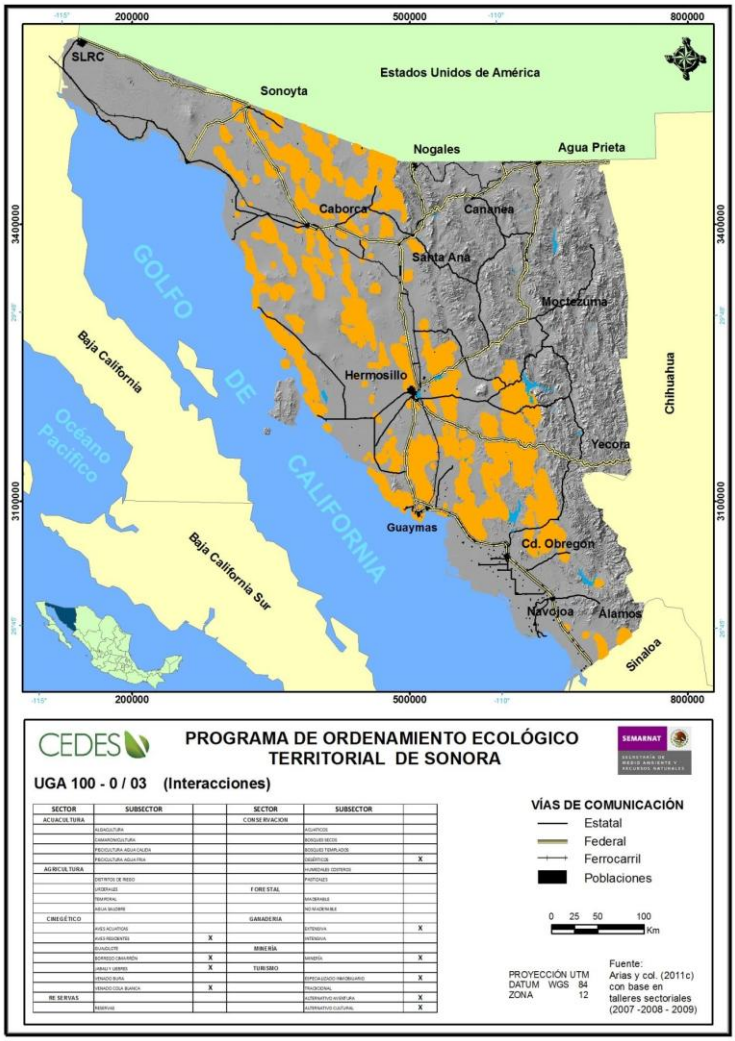


Figura II. 7 UGA 100-0/03 del POETSON donde se ubica el proyecto.

Tabla II. 3 Descripción de los lineamientos ecológicos, Criterios de Regulación ecológica y Estrategias ecológicas de la UGA 100-0/03.

UGA 100-0/03 Sierra Baja		Vinculación con el Proyecto
Lineamiento Ecológico		
Aptitudes	C2 Aves residentes	El proyecto se vincula al intervenir como infraestructura lineal que puede incrementar disturbio, fragmentación y riesgo de atropellamiento de fauna, además de modificar condiciones visuales y de manejo de suelos; da cumplimiento al acotar la huella al derecho de vía autorizado, controlar accesos y tránsito, aplicar control de polvo/ruido,
	C4 Borrego cimarron	
	C5 Mamíferos menores (liebre y jabalí)	
	C6 Venado bura	
	D1 Ecosistemas diulceacuicolas	

	D4 Ecosistemas desérticos F2 No Maderable: leña y carbón, colecta de chiltepín, extracción de tierra de monte. M Mineria (todos) T1 Turismo inmobiliario T3 Turismo alternativo (etnoturismo, cultural y otros).	manejar integralmente residuos y derrames, y ejecutar estabilización y revegetación de bordes y áreas temporales para recuperar funcionalidad del hábitat y reducir efectos indirectos sobre las actividades y valores ecológicos asociados a dichas aptitudes.
Criterios de regulación ecológica		
CRE-06	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de ecosistemas por cambios de uso del suelo.	**El proyecto se vincula** porque implica desmonte, cortes y terracerías. **Da cumplimiento** al limitar superficies intervenidas, secuenciar frentes para reducir área desnuda simultánea, conservar vegetación fuera de la huella, rehabilitar áreas auxiliares y aplicar **restauración biológica** (revegetación + control de erosión) en bordes, taludes y sitios temporales.
CRE-07	Regulación de la contaminación por residuos líquidos y sólidos	**El proyecto se vincula** por la generación de RSU y por el riesgo de derrames y residuos de mantenimiento. **Da cumplimiento** mediante contenedores con tapa y retiro periódico a sitio autorizado, sanitarios portátiles con servicio de recolección, control de aceites/combustibles en áreas controladas, kits de derrames, contención secundaria y disposición con gestor autorizado cuando aplique.
CRE-08	Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente.	**El proyecto se vincula** porque la obra puede incrementar accesibilidad y disturbio. **Da cumplimiento** con prohibición expresa de caza/colecta al personal, capacitación ambiental, inspección previa de frentes, rescate/reubicación cuando proceda, control de accesos y manejo de residuos para no atraer fauna; además, señalización y control de velocidades para reducir atropellamientos.
CRE-17	Aplicación de Buenas Prácticas de Manejo Agrícola y Programas de Restauración por salinidad.	**El proyecto se vincula** por la modificación local de microdrenajes y por la exposición de suelos. **Da cumplimiento** al mantener conectividad hidráulica con drenaje transversal/longitudinal, evitar encharcamientos persistentes, estabilizar salidas/descargas, y restaurar/revegetar superficies para disminuir movilización de finos y formación de microdepresiones salinizables.
CRE-18	Evitar la expansión de terrenos de agricultura con agua salobre hacia terrenos no salinos	**El proyecto se vincula** por potencial de **efectos inducidos** (nuevos accesos). **Da cumplimiento** al limitar caminos provisionales, cerrar/restaurar accesos temporales al término de obra, respetar estrictamente el polígono autorizado y establecer vigilancia/supervisión para evitar habilitación informal de nuevas áreas productivas a partir del derecho de vía.

CRE-19	Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético.	**El proyecto se vincula** por coexistencia con especies de interés cinegético (venado bura, jabalí, liebre, aves). **Da cumplimiento** con control de accesos, señalización y límites operativos de velocidad en tramos sensibles, prohibición de caza para personal, manejo de residuos y, cuando se definan técnicamente, **pasos de fauna** y criterios de conectividad para minimizar mortalidad y barreras.
CRE-20	Mantener o restaurar la capacidad de carga de los agostaderos	**El proyecto se vincula** por remoción de vegetación, compactación y riesgo de erosión hídrica/eólica. **Da cumplimiento** al restringir tránsito a rutas definidas, descompactar áreas temporales al cierre, restituir topsoil cuando sea factible, estabilizar taludes y revegetar para recuperar cobertura, reduciendo pérdida de productividad del agostadero y controlando cárcavas/arrastres.
CRE-24	Se prohíben los desmontes generalizados y el aprovechamiento forestal que afecte la integridad y funcionalidad del ecosistema para evitar/minimizar daños permanentes a los ecosistemas en los que se desarrollen las actividades de manejo forestal maderable	**El proyecto se vincula** por el desmonte inherente a una obra carretera. **Da cumplimiento** al limitar el desmonte al derecho de vía, evitar aperturas adicionales y áreas auxiliares no autorizadas, prohibir quema, triturar y manejar biomasa de forma controlada, y restaurar con nativas para no convertir el desmonte en un proceso generalizado o expansivo.
CRE-25	Se elaborarán programas específicos de protección y recuperación de especies prioritarias y poblaciones de flora y fauna en peligro de extinción.	**El proyecto se vincula** porque puede interactuar con especies con estatus (si se registran). **Da cumplimiento** al integrar inventarios y verificación contra listados oficiales (NOM-059 vigente), y, si se detectan especies prioritarias, aplicar procedimientos específicos (rescate/reubicación, protección de microhábitat, restricciones temporales y restauración dirigida).
CRE-28	Se deberán restaurar las áreas degradadas por efectos de las actividades de aprovechamiento forestal. Las especies a utilizarse deben ser nativas con el fin de no generar más presión ni competir con las especies de flora nativas.	**El proyecto se vincula** por generación de áreas temporales y taludes/bordes intervenidos. **Da cumplimiento** al rehabilitar patios/acopios temporales, reconformar superficies, y ejecutar revegetación con **especies nativas**, evitando introducir exóticas que compitan o modifiquen la composición vegetal local.
CRE-29	Se deberán restaurar y recuperar las áreas de matorral desértico con especies nativas, no invasoras de mezquite, a niveles históricos de hace 50 años.	**El proyecto se vincula** por remoción y fragmentación de matorral. **Da cumplimiento** al privilegiar revegetación dirigida con nativas del sitio, controlar erosión para favorecer recuperación natural y evitar introducción de material vegetal/suelo externo que pudiera facilitar invasiones; la restauración se enfoca en bordes, taludes y áreas temporales para reducir pérdida de funcionalidad local.

CRE-30	Se deberá promover el uso sustentable del chiltepín con el fin de garantizar la persistencia de sus poblaciones en el largo plazo.	**El proyecto se vincula** por la presencia potencial de chiltepín y por el incremento de accesibilidad. **Da cumplimiento** mediante prohibición de colecta al personal, control de accesos, y, si se incorpora en revegetación, uso de material vegetal de vivero/fuente controlada (no extracción directa), manteniendo poblaciones silvestres.
CRE-31	Se deberá promover el uso sustentable de la tierra de monte con el fin de no degradar los ecosistemas de los que se extraen.	**El proyecto se vincula** porque la obra puede demandar suelos para arrope/restauración. **Da cumplimiento** al priorizar la reutilización de suelos del propio sitio (topsoil rescatado donde sea viable) y evitar extracción externa de tierra de monte; adicionalmente, se controla el manejo de acopios para prevenir erosión y pérdida de suelo.
Estrategia ecológica		
CX	Fomentar el manejo adaptativo del aprovechamiento de cada especie de interés cinegético basado en el entendimiento del aprovechamiento actual, el conocimiento de su biología, sus parámetros poblacionales, los objetivos y las metas poblacionales regionalmente y su interrelación con los factores ambientales.	**El proyecto se vincula** por presencia de especies cinegéticas y por riesgo de mortalidad/perturbación. **Da cumplimiento** al reducir atropellamientos (señalización/velocidades), mantener conectividad (criterios de pasos de fauna donde aplique), y evitar que la obra incremente cacería furtiva mediante control de accesos y prohibiciones operativas al personal.
D1	Conservar efectivamente de un tramo de 34 km de ecosistemas dulceacuícolas para la preservación de las especies de flora y fauna asociadas a estos ecosistemas, incluyendo la protección de 15 especies nativas de peces amenazados y en peligro de extinción para el 2030.	**El proyecto se vincula** por cruces de arroyos/cauces intermitentes y potencial de aportes de sedimentos/contaminantes. **Da cumplimiento** con drenaje transversal y longitudinal, control de sedimentos (acopios fuera de cauce, estabilización de descargas), prohibición de descargas sanitarias al suelo, y control de derrames, evitando afectaciones aguas abajo.
D4	Conservación de 1’821,545 ha de ecosistema de desierto para la protección de las especies de flora y fauna asociadas a este ecosistema, así como la protección de 12 especies de mamíferos y reptiles nativos del desierto sonorense para el 2030	**El proyecto se vincula** por remoción de vegetación y disturbio. **Da cumplimiento** al minimizar huella, restaurar bordes/taludes, manejar residuos para no atraer fauna, y mantener condiciones de seguridad vial que reduzcan mortalidad; además, se evitan desmontes fuera del derecho de vía y se rehabilitan áreas temporales.
F2	Fomentar el aprovechamiento sustentable de las poblaciones de mezquite utilizadas para la elaboración de leña y carbón para asegurar su producción sustentable para el 2030.	**El proyecto se vincula** por la presencia de mezquite y biomasa removida. **Da cumplimiento** al prohibir extracción de leña/carbón por personal, evitar quema, y manejar la biomasa (triturado/redistribución controlada) para favorecer incorporación y recuperación del sitio sin presionar poblaciones externas.

M	Aprovechamiento sustentable de la mineria	**El proyecto se vincula** por el consumo de agregados y posibilidad de abastecerse de bancos. **Da cumplimiento** al privilegiar bancos existentes y autorizados, y al exigir control de transporte (cubrimiento de cajas, rutas, velocidad, limpieza), además de no habilitar bancos nuevos como parte del proyecto (si llegaran a requerirse, se tratarían como obras/actividades independientes con su gestión ambiental correspondiente).
T1	Mejoramiento de los estándares de construcción e imagen urbana en los sitios aptos para turismo tradicional e inmobiliario para el 2030	**El proyecto se vincula** por su rol como infraestructura habilitante de conectividad regional y por efectos visuales temporales/permanentes. **Da cumplimiento** mediante orden y confinamiento de acopios, retiro oportuno de excedentes, estabilización progresiva, revegetación de bordes y taludes, señalización y limpieza de frentes para reducir impacto visual y mejorar integración paisajística.
T3	Incrementar la contribución del sector en un 15% del Producto Interno Bruto Estatal a través del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y culturales del estado para el 2030	**El proyecto se vincula** al mejorar conectividad hacia corredores regionales (incluida la SON 100), con potencial de facilitar flujos turísticos. **Da cumplimiento** al asegurar que la obra no genere externalidades (residuos, contaminación, erosión) que deterioren recursos naturales, y al mantener condiciones de seguridad vial y manejo ambiental verificable durante construcción y operación.

***(UGA) 500-0/01 Llanura Aluvial*.**

Una Llanura es un “área sin elevaciones o depresiones prominentes” (INEGI 2000). Existen muchas variaciones de la llanura, pero la llanura aluvial es la más extensa de todas las UGAs y que se conformó con “material fragmentario no consolidado, transportado y depositado por corrientes de agua” (INEGI 2000). La superficie es 4’872,068 ha y se encuentra totalmente en la Provincia II Llanuras Sonorenses, en la Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses y parece una matriz en la subprovincia ya que son rellenos. Los terrenos tienen pendientes moderadas, generalmente con suelos profundos o medianos, en altitud menor de 600 msnm y los climas son secos y calientes. Entre los elementos biológicos asociados predominan los ecosistemas desérticos. En esta UGA se tienen varias propuestas para la protección de este tipo de ecosistemas sobre todo en la zona cercana a Puerto Libertad. Esta UGAs tiene varias áreas con aptitud minera alta, pero también tiene otras opciones.



Figura II. 8 UGA 500-0/01 del POETSON donde se ubica el proyecto.

Otra opción para esta UGA es la cacería. Las especies cinegéticas más importantes son venado bura, mamíferos menores (jabalí y liebre) y aves residentes. La actividad forestal no maderable también es importante, sobre todo la que depende de los mezquitales, que son abundantes. El turismo alternativo cultural es otra opción debido a la cercanía a sitios con aptitud turística tradicional e inmobiliaria además de la presencia de grupos culturales como To'hono (Pápagos) y Cumka'ac (Seris).

Las posibles áreas de conflicto son aquellas relacionadas con actividades que modifican el ambiente como serían la minería a cielo abierto o la construcción de infraestructura hotelera.

Como se mencionó en esta UGA existen varias operaciones mineras activas, sobre todo de oro a lo largo de la Megacizalla Sonora-Mohave, pero también no metálicos en la cercanía a Hermosillo y en la franja de carbón y barita en el eje Hermosillo-Sahuaripa y Hermosillo-Yécora.

Tabla II. 4 Descripción de los lineamientos ecológicos, Criterios de Regulación ecológica y Estrategias ecológicas de la UGA 500-0/01.

UGA 500-0/01 Llanura Aluvial		Vinculación con el proyecto
Lineamiento Ecológico		
Aptitudes	A1 Algacultura	El proyecto se vincula al intervenir como infraestructura lineal que puede incrementar disturbio, fragmentación y riesgo de atropellamiento de fauna, además de modificar condiciones visuales y de manejo de suelos; da cumplimiento al acotar la huella al derecho de vía autorizado, controlar accesos y tránsito, aplicar control de polvo/ruido, manejar integralmente residuos y derrames, y ejecutar estabilización y revegetación de bordes y áreas temporales para recuperar funcionalidad del hábitat y reducir efectos indirectos sobre las actividades y valores ecológicos asociados a dichas aptitudes.
	C2 Aves residentes	
	C5 Mamíferos menores (liebre y jabalí)	
	C6 Venado bura	
	D4 Ecosistemas desérticos	
	F2 No Maderable: leña y carbón, colecta de chiltepín, extracción de tierra de monte.	
	T3 Turismo alternativo (etnoturismo, cultural y otros).	
Criterios de regulación ecológica		
CRE-01	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de humedales por cambios de uso del suelo	El proyecto se vincula al considerar la **continuidad hidráulica** en cruces de arroyos/escurrimientos intermitentes mediante **drenaje transversal y longitudinal** (alcantarillas, vados, cunetas, disipación en salidas), evitando el “efecto dique” y la creación de zonas de encharcamiento/azolvamiento. Da cumplimiento al implementar control de sedimentos, estabilización y revegetación en salidas de obra de drenaje, reduciendo la probabilidad de degradación de funciones hidrológicas locales.
CRE-06	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de ecosistemas por cambios de uso del suelo.	El proyecto se vincula al plantear **desmonte acotado al derecho de vía**, despalme focalizado en la huella operativa, manejo de topsoil cuando sea factible, y **restauración biológica** (revegetación, control de erosión) en taludes y áreas auxiliares. Da cumplimiento al secuenciar frentes para limitar superficies desnudas simultáneas y al rehabilitar patios/acopios temporales, reduciendo pérdida funcional y fragmentación.
CRE-08	Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente.	El proyecto se vincula al considerar **prohibición expresa de colecta/caza**, pláticas precautorias, inspección previa de frentes y **rescate/reubicación** cuando aplique. Da cumplimiento al establecer señalización, supervisión ambiental y manejo de residuos para no atraer fauna, además de controles para evitar excavaciones abiertas que funcionen como trampas.

CRE-17	Aplicación de Buenas Prácticas de Manejo Agrícola y Programas de Restauración por salinidad.	El proyecto se vincula al incorporar medidas de **control de erosión, manejo de escurrimientos, estabilización y revegetación**, que también reducen redistribución de finos y sales en microdepresiones. Da cumplimiento al evitar modificaciones de drenaje que generen **acumulación de agua** y potencial concentración de sales en bordes/zonas bajas; adicionalmente, las acciones de restauración y reconformación disminuyen degradación edáfica post-obra.
CRE-18	Evitar la expansión de terrenos de agricultura con agua salobre hacia terrenos no salinos	El proyecto se vincula al reconocer que una vialidad puede generar **efectos inducidos** (nuevos accesos y cambios de uso). Da cumplimiento al proponer (i) control y ordenamiento de accesos/caminos provisionales (apertura mínima y cierre/restitución al término), (ii) vigilancia del polígono autorizado y (iii) coordinación con autoridad municipal/estatal para que la operación del libramiento no se traduzca en habilitación informal de nuevas áreas productivas fuera del derecho de vía.
CRE-19	Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético.	El proyecto se vincula al incorporar medidas para **reducir mortalidad por colisión** (señalización preventiva, control de velocidad en tramos críticos) y para mantener conectividad (p. ej., pasos de fauna donde se definan por estudio/criterio técnico). Da cumplimiento al establecer prohibición de caza para personal y controles operativos que desincentiven el aprovechamiento ilegal asociado a la apertura de accesos.
Estrategia ecológica		
C1	Aprovechamiento sustentable de la actividad cinegética.	El proyecto se vincula al identificar fauna como receptor relevante y al introducir medidas de reducción de presión (atropellamiento, disturbio, fragmentación). Da cumplimiento al priorizar conectividad y control de impactos durante construcción/operación, reduciendo efectos que podrían afectar disponibilidad de especies cinegéticas en la UGA.
A2	Mejoramiento de 22,000 ha de granjas camaronícolas para el 2030	El proyecto se vincula de forma **indirecta**: al mejorar conectividad logística regional puede aportar a eficiencia de cadenas de suministro; no obstante, su cumplimiento ambiental se centra en **no generar externalidades** que afecten sistemas hídricos o calidad ambiental que sostienen actividades acuícolas a escala regional. Da cumplimiento al incorporar controles de sedimentos, manejo de residuos y prevención de contaminantes (aceites/combustibles) que evitan aportes al ambiente que, acumulativamente, podrían presionar cuerpos receptores.

II.3.PLANES DE DESARROLLO

II.3.1. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025–2030 se presenta como el instrumento rector de la planeación democrática del desarrollo nacional, en cumplimiento del mandato constitucional que establece que el Estado debe dirigir el desarrollo y ser garante de la sustentabilidad, conforme a lo previsto en el artículo 26. En este sentido, el PND se concibe como un documento marco que orienta la programación y presupuestación de la Administración Pública Federal y al que deben alinearse los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales, conforme a la Ley de Planeación.

De acuerdo con el propio PND, su estructura mínima integra un diagnóstico general de temas prioritarios, ejes generales y objetivos específicos, además de estrategias, indicadores de desempeño y metas, así como la identificación de programas derivados y una visión de largo plazo. Esta arquitectura metodológica es particularmente relevante para la vinculación de proyectos, ya que permite justificar su pertinencia no solo por su demanda local, sino por su contribución a objetivos públicos verificables y evaluables.

El PND 2025–2030 organiza sus prioridades en cuatro ejes generales: Gobernanza con justicia y participación ciudadana, Desarrollo con bienestar y humanismo, Economía moral y trabajo y Desarrollo sustentable; y establece además ejes transversales orientados a la igualdad sustantiva y derechos de las mujeres, la innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional, y los derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas. Esta combinación de ejes generales y transversales busca asegurar que las intervenciones públicas integren simultáneamente componentes de bienestar, productividad, gobernanza y sostenibilidad.

En la sección de compromisos, el PND articula sus ejes mediante “14 Repúblicas” que agrupan 100 compromisos del Gobierno, entre los cuales destacan, por su relación con infraestructura carretera y ordenamiento territorial, la República próspera y conectada (rehabilitación y ampliación de infraestructura de transporte, incluyendo carreteras y obras viales; fortalecimiento de conectividad) y la consolidación de agendas regionales como el Plan Sonora. Asimismo, el PND incorpora compromisos explícitos en materia de derecho al agua (ordenamiento de concesiones, tecnificación de riego y proyectos estratégicos de reciclaje) y de protección ambiental (acciones de saneamiento, atención a contaminación atmosférica, economía circular, reciclaje y reforestación).

Tabla II. 5 Vinculación del proyecto con el PND 2025-2030.

Elemento del PND 2025–2030	Eje u objetivo	Vinculación con el proyecto
República próspera y conectada	Conectividad e infraestructura de transporte (carreteras, caminos, puentes y obras viales)	El proyecto se vincula al fortalecer la conectividad vial regional al desviar tránsito de paso fuera de la mancha urbana. Da cumplimiento al incorporar diseño y operación segura del corredor.

República con derecho al agua / Desarrollo sustentable	Gestión del agua y protección ambiental (prevención de impactos, conservación de procesos hidrológicos)	El proyecto se vincula por cruces de escurrimientos intermitentes. Da cumplimiento mediante drenaje transversal y longitudinal, control de sedimentos y prevención de contaminación por residuos/derrames.
Gobernanza con justicia y participación ciudadana	Planeación democrática, rendición de cuentas y gestión pública verificable	El proyecto se vincula al requerir gestión verificable del cumplimiento. Da cumplimiento mediante supervisión ambiental, bitácoras e indicadores del PVA.

II.3.2. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2021-2027

La columna vertebral del Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2021-2027 la constituyen los 4 *Ejes de Trabajo*, que destacan los grandes propósitos y orientan el quehacer conjunto de la sociedad y el gobierno.

1. Un gobierno para todas y todos
2. El presupuesto Social mas grande de la historia.
3. La igualdad efectiva de los derechos.
4. Una coordinación histórica entre desarrollo y seguridad

Estos 4 *Ejes de Trabajo* establecen acciones transversales que comprenden los ámbitos económico, social, cultural, político, ambiental, de administración pública, de gobierno, de participación ciudadana, y que componen un proyecto integral en virtud del cual cada acción contribuye a sustentar las condiciones bajo las cuales se logran los objetivos estatales.

Primer Eje: Un Gobierno para todas y todos, dentro de su Objetivo 1: Educación Cultura, juventud, deporte, ciencia, tecnología y sociedad digital, propone:
Estrategia: impulsar la práctica de actividades deportivas, recreativas y culturales de la niñez, juventud y adultez, priorizando los grupos en situación vulnerable, para favorecer su inclusión, desarrollo y bienestar.

Línea de Acción (5) Promover la conectividad de instalaciones deportivas con parques lineales y áreas verdes.

Tercer Eje: La igualdad efectiva de derechos para todas y todos.

Objetivo 7. Sostenibilidad del Desarrollo Regional

Estrategia: Impulsar una agenda institucional y social que promueva la adopción de una visión integral para Sonora en materia de cultura y cuidado medioambiental enfocada en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y el óptimo desempeño ambiental de los sectores productivos de la economía estatal.

Línea de Acción. Consolidar la coordinación con el gobierno federal para aplicar las directrices de los Programas Nacionales en materia de ordenamiento territorial, desarrollo urbano y ordenamiento ecológico general a fin de formular políticas públicas estatales que garanticen que el uso del suelo cumpla con la normatividad y su función socio ambiental, predominando el interés público y colectivo.

Tabla II. 6 Vinculación del proyecto con el Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027.

Elemento del Plan Estatal de Desarrollo Sonora 2021–2027	Eje / Objetivo / Estrategia / Línea de acción	Vinculación con el proyecto
Ejes de Trabajo (marco general)	Eje 1. Un gobierno para todas y todos	El proyecto se vincula en el sentido de fortalecer la funcionalidad de la infraestructura pública mediante una obra vial que mejora la conectividad y la gestión de flujos vehiculares, lo cual contribuye a una mejor provisión de servicios y ordenamiento de la movilidad en el área metropolitana.
Ejes de Trabajo (marco general)	Eje 2. El presupuesto social más grande de la historia	La vinculación es indirecta: al reducir congestión y conflictos de tránsito en el área urbana, el libramiento contribuye a condiciones habilitantes para bienestar y calidad de vida (tiempos de traslado, seguridad vial), lo cual es consistente con políticas públicas de corte social que buscan mejorar condiciones de vida.
Ejes de Trabajo (marco general)	Eje 3. La igualdad efectiva de los derechos	Se vincula en el sentido de que la obra debe ejecutarse con cumplimiento normativo y con medidas de prevención/mitigación verificables, evitando afectaciones a terceros y garantizando el interés público (seguridad, movilidad, ambiente), contribuyendo a condiciones equitativas de acceso y seguridad para usuarios.
Ejes de Trabajo (marco general)	Eje 4. Coordinación histórica entre desarrollo y seguridad	Se vincula porque el libramiento tiene implicaciones directas en seguridad vial y gestión de riesgos (separación de tránsito de paso/carga respecto de vialidades urbanas), reduciendo la exposición a incidentes en zonas pobladas y mejorando la operación del sistema vial bajo una lógica de desarrollo con seguridad.
Primer Eje: Un gobierno para todas y todos	Objetivo 1: Educación, cultura, juventud, deporte, ciencia, tecnología y sociedad digital. Estrategia: impulsar actividades deportivas, recreativas y culturales… Línea de Acción (5): Promover la conectividad de instalaciones deportivas con parques lineales y áreas verdes.	Vinculación complementaria/territorial: aunque el libramiento no es un proyecto de equipamiento deportivo, sí puede contribuir a la conectividad urbana-periurbana y a una red vial más eficiente que facilite accesos y desplazamientos hacia distintos puntos de la ciudad; en su implementación debe evitarse que la obra deteriore la conectividad local (caminos existentes) y, cuando aplique, asegurar la continuidad de accesos y cruces.
Tercer Eje: Igualdad efectiva de derechos	Objetivo 7: Sostenibilidad del Desarrollo Regional. Estrategia: visión integral de cultura y cuidado medioambiental; aprovechamiento sostenible, conservación de biodiversidad y desempeño	Vinculación directa: el proyecto se integra como infraestructura que debe desarrollarse con enfoque de desempeño ambiental (control de erosión/arrastres, manejo de residuos, protección de cauces intermitentes, restauración/revegetación), reduciendo impactos y manteniendo funcionalidad ambiental, consistente con sostenibilidad regional.

	ambiental de sectores productivos.	
Tercer Eje: Igualdad efectiva de derechos	Línea de Acción: Consolidar coordinación con gobierno federal para aplicar directrices de programas nacionales de ordenamiento territorial, desarrollo urbano y ordenamiento ecológico; garantizar uso del suelo conforme normatividad y función socioambiental, predominando el interés público.	Vinculación directa: la MIA y el diseño del proyecto deben demostrar compatibilidad de uso de suelo y alineación con instrumentos de ordenamiento territorial/ecológico aplicables, así como asegurar que el derecho de vía y obras asociadas se ejecuten dentro del polígono autorizado, evitando cambios de uso no previstos y asegurando cumplimiento normativo como condición del interés público.

II.3.3. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO DE HERMOSILLO 2025-2027.

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo de Hermosillo 2025–2027 (PMD 2025–2027) constituye el instrumento rector de planeación del Ayuntamiento para orientar decisiones, programas e inversiones bajo una visión de ciudad más segura, próspera, incluyente y sustentable. El Plan parte de un enfoque de gobierno que privilegia el diálogo con la comunidad y el uso de mecanismos de participación ciudadana para definir objetivos y prioridades, y adopta un modelo de gestión pública orientada a resultados, con seguimiento mediante parámetros e indicadores y con énfasis en transparencia y rendición de cuentas para ajustar políticas y servicios de manera continua.

En su estructura programática, el PMD 2025–2027 se organiza en cinco frentes estratégicos rectores, concebidos como ejes integradores que traducen la visión del gobierno municipal en retos, estrategias y líneas de acción. El Frente 1 “Hermosillo en paz y conectado” orienta políticas para consolidar comunidades seguras e incluyentes, con entornos seguros y accesibles, incorporando avances tecnológicos y fortaleciendo el tejido social. El Frente 2 “Hermosillo sostenible e innovador” se enfoca en la gestión del desarrollo urbano y territorial mediante una planeación e infraestructura urbana resiliente que asegure crecimiento ordenado, con continuidad en la mejora de servicios municipales, infraestructura vial, áreas verdes y áreas naturales protegidas, apuntando a movilidad sostenible y servicios públicos eficientes. El Frente 3 “Hermosillo activo y competitivo” prioriza el capital humano, el impulso al talento y la innovación para una economía competitiva y un desarrollo ordenado.

El Frente 4 “Hermosillo vivo e incluyente” concentra acciones para reducir el rezago social y mejorar condiciones de vida de personas y comunidades vulnerables, garantizando acceso a servicios y derechos básicos (salud y vivienda digna). Finalmente, el Frente 5 “Hermosillo ciudadano y transparente” orienta esfuerzos para optimizar la gestión pública, consolidar un gobierno cercano y confiable, con transparencia, acceso a la información, participación ciudadana y uso de TIC, reforzando políticas anticorrupción y no discriminación.

En este contexto, el apartado de vinculación dentro de la MIA tiene como propósito demostrar la congruencia del proyecto con la arquitectura estratégica del PMD 2025–2027. En términos sustantivos, la vinculación es más directa con el Frente 1 y el Frente 2, por su relación con

conectividad, accesibilidad, seguridad y fortalecimiento de la infraestructura vial y la movilidad; sin embargo, también se relaciona con el Frente 3 al mejorar condiciones habilitantes para competitividad (fluidez y eficiencia logística), con el Frente 4 al exigir una ejecución que minimice afectaciones sociales y preserve accesos/seguridad en colindancias, y con el Frente 5 al demandar gestión verificable, seguimiento e información trazable durante la ejecución y operación.

Tabla II. 7 Vinculación del proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo de Hermosillo 2025-2027.

Elemento del PMD	Eje u objetivo	Vinculación con el proyecto
Enfoque general del Frente 2: Hermosillo sostenible e innovador (planeación e infraestructura resiliente; mejora de infraestructura vial y movilidad sostenible)	**Frente 2**	El proyecto se vincula de forma directa al fortalecer la **infraestructura vial estructurante** del municipio, al crear un corredor de interconexión que contribuye a una **movilidad más eficiente** al desviar tránsito de paso y de carga fuera de vialidades urbanas, reduciendo fricciones de circulación y mejorando el desempeño funcional de la red.
Enfoque del Frente 1: Hermosillo en paz y conectado (entornos seguros y accesibles; conectividad)	**Frente 1**	El proyecto se alinea con el componente de "conectado" al **mejorar la accesibilidad y continuidad de la red**, incorporando criterios de operación segura (señalamiento, geometría y control de accesos) y disminuyendo conflictos de tránsito en zonas urbanas al reencauzar flujos regionales hacia una vía de libramiento.
Reto 2.2: Mejorar la movilidad y seguridad vial, fortaleciendo sistemas e infraestructura para vialidad y transporte, bajo un modelo sostenible e incluyente	**Frente 2 / Reto 2.2**	El libramiento materializa la orientación del Reto 2.2 al constituir una intervención que **fortalece la capacidad y seguridad** de la infraestructura vial del municipio, separando flujos de tránsito local y foráneo, lo que reduce puntos de conflicto, mejora tiempos de recorrido y contribuye a una movilidad más ordenada a escala metropolitana.
Elaboración/seguimiento de instrumentos municipales de movilidad y seguridad vial (p. ej., creación del Sistema Municipal de Movilidad y Seguridad Vial)	**Frente 2 / Reto 2.2 / Estrategias 2.2.x**	La obra es congruente con el fortalecimiento institucional en movilidad al ser un proyecto que **demanda planeación de gestión de tránsito**, señalamiento y operación segura; además, su ejecución y operación pueden integrarse a los mecanismos municipales de gestión y seguimiento (información de aforos, siniestralidad, operación), reforzando el enfoque de seguridad vial.
Reto 2.6: Mejorar la movilidad mediante obras de infraestructura y formación de una red vial que promueva desarrollo urbano sostenible	**Frente 2 / Reto 2.6**	El proyecto se vincula al ampliar la **capacidad y funcionalidad** de la red vial municipal mediante una infraestructura de carácter regional que mejora la conectividad entre corredores (MEX 15 y SON 100) y contribuye a la configuración de una red más eficiente, al reducir cargas de tránsito pesado dentro de la mancha urbana.
Estrategia 2.6.1: contribuir con obras de infraestructura vial; incluye acciones como mejorar pavimentos y construir/rehabilitar puentes y pasos	**Frente 2 / Reto 2.6 / Estrategia 2.6.1**	La carretera constituye precisamente una **obra de infraestructura vial** que incorpora terracerías, pavimento y estructuras de cruce donde aplique; con ello atiende el propósito de ejecutar infraestructura que incremente la calidad y durabilidad de la red, fortaleciendo el desempeño operativo del sistema vial municipal y regional.

Estrategia 2.6.2: fortalecer infraestructura mediante mantenimiento y conservación de vialidades, y atención a canales pluviales y arroyos	**Frente 2 / Reto 2.6 / Estrategia 2.6.2**	El libramiento se relaciona con esta estrategia por dos vías: (i) en diseño/obra, al requerir **obras de drenaje transversal y longitudinal** para mantener la conectividad hidráulica de escurrimientos intermitentes; y (ii) en operación, al demandar **mantenimiento periódico** de superficie de rodamiento y obras de drenaje, contribuyendo a la resiliencia de la infraestructura ante eventos pluviales.
Reto 2.5: promover participación ciudadana y socialización de proyectos urbanos, movilidad y sostenibilidad	**Frente 2 / Reto 2.5 / Estrategia 2.5.2**	La MIA y el proceso de gestión ambiental del libramiento se alinean con este enfoque al requerir **mecanismos formales de información y comunicación social** sobre el proyecto (alcances, medidas ambientales, gestión de riesgos), así como acciones de coordinación institucional para la gestión del tránsito en obra y la atención de incidencias.
Transparencia y rendición de cuentas; uso de herramientas de transparencia proactiva (p. ej., TuObra.mx)	**Frente 5 / Transparencia**	El proyecto se vincula de manera operativa mediante la **publicidad y trazabilidad** de la obra pública, lo que favorece la rendición de cuentas sobre ubicación, alcances y seguimiento; esto es especialmente pertinente para documentar compromisos ambientales y de desempeño (medidas, supervisión, reportes).
Jerarquización y diseño del subsistema de vialidades conforme a marco de movilidad y seguridad vial	**Frente 2 / enfoque de movilidad**	El libramiento se integra como vialidad de función regional dentro del sistema municipal, por lo que su justificación técnica y su diseño geométrico-operativo se vinculan al enfoque de estructurar vialidades según su función, capacidad y condiciones de seguridad, contribuyendo a una movilidad más predecible y segura.

II.4.DECRETOS Y PROGRAMAS DE MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES PRIORITARIAS

II.4.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Con base en la delimitación del polígono del proyecto (trazo/derecho de vía) proporcionada para el proyecto, no se identifican Áreas Naturales Protegidas (ANP) dentro del área directamente intervenida; por lo tanto, el proyecto no se desarrolla al interior de un ANP federal o estatal y no requiere actividades dentro de polígonos decretados de conservación.

En el entorno regional se reconoce la presencia de un ANP de competencia estatal asociada al sistema de presas del Río Sonora. El nombre vigente de esta ANP, conforme a la declaratoria publicada por el Gobierno del Estado de Sonora, es “Sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez Luján – El Molinito – La Sauceda y las áreas aledañas”, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica. Esta ANP se ubica fuera del polígono del proyecto, por lo que no existe superposición espacial ni intervención directa del libramiento sobre su superficie decretada.

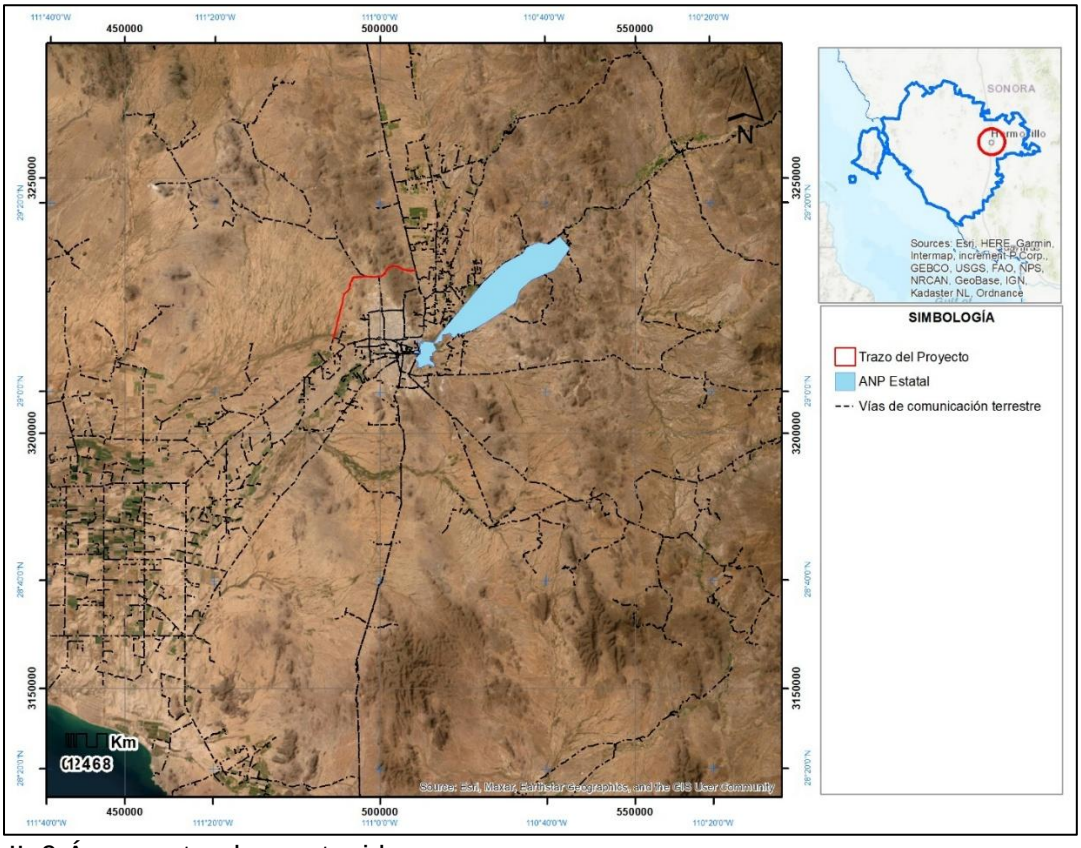


Figura II. 9 Áreas naturales protegidas.

No Aplica, el proyecto no se encuentra dentro o cerca de un área natural protegida.

II.4.2. REGIONES Y ÁREAS PRIORITARIAS.

II.4.2.1. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP).

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) son una regionalización elaborada por CONABIO para identificar polígonos con alta relevancia biológica y/o bajo presión, que representan una oportunidad para orientar acciones de conservación y manejo. Su delimitación se realizó mediante talleres de expertos (1996–1999) en los que se definieron 152 polígonos con base en criterios biológicos (p. ej., endemismos, riqueza específica, conectividad), criterios de amenaza (p. ej., fragmentación, pérdida de cobertura, presión sobre especies) y criterios de oportunidad para la conservación.

Con base en la revisión cartográfica de RTP y la ubicación del polígono del proyecto (trazo y derecho de vía), no se identifica intersección del proyecto con ninguna RTP; por tanto, el proyecto no se localiza dentro de una Región Terrestre Prioritaria. No obstante, en el contexto regional del centro–costa de Sonora se reconocen varias RTP, entre ellas Cajón del Diablo (RTP-18), Sierra

Libre (RTP-19), Sierra El Bacatete (RTP-20), Sierra Mazatán (RTP-39) y Cañada Mazocahui (RTP-40).

De las RTP identificables en la región, la más cercana al proyecto corresponde a Sierra Libre (RTP-19); sin embargo, se ubica a una distancia mayor a 30 km respecto del trazo, por lo que no se prevén afectaciones directas asociadas a ocupación física, remoción de vegetación o modificación de hábitat dentro de dicha RTP.

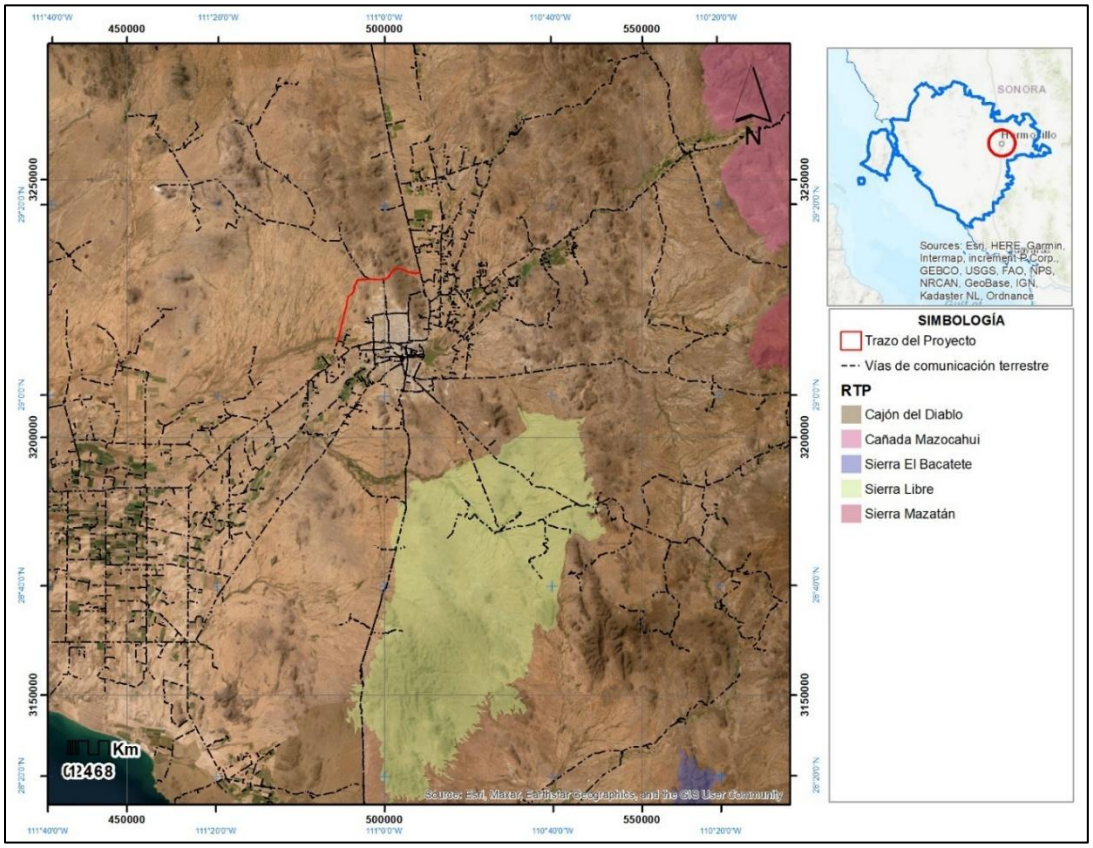


Figura II. 10 Regiones Terrestres Prioritarias.

No Aplica, el proyecto no se encuentra dentro o cerca de una región y/o área prioritaria.

II.4.2.2.REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP).

Las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) son una regionalización elaborada por CONABIO para identificar áreas de cuencas y sistemas de aguas continentales con alta relevancia biológica, representatividad y/o presión, con el fin de orientar acciones de conservación, investigación, manejo y planeación. A escala nacional se han delimitado 110 RHP, que en conjunto abarcan una superficie aproximada de 777,248 km².

Con base en la revisión espacial del trazo/polígono del proyecto, no se identifica superposición del proyecto con alguna Región Hidrológica Prioritaria; es decir, el proyecto no se localiza dentro de una RHP. En consecuencia, no se prevén afectaciones directas por ocupación física, remoción de cobertura o modificación del sistema hídrico al interior de polígonos catalogados como prioritarios bajo este instrumento. No obstante, se reconoce la presencia de RHP en el contexto regional de Sonora, que constituyen un marco de referencia para dimensionar la sensibilidad ambiental del entorno.

En la región se identifican, entre otras, las RHP No. 15 “Cajón del Diablo”, No. 14 “Isla Tiburón–Río Bacoachí” y No. 16 “Río Yaqui–Cascada Basaseachi”. De éstas, la más cercana al proyecto corresponde a la RHP No. 14 Isla Tiburón–Río Bacoachí, la cual se ubica a una distancia mayor a 25 km del trazo, por lo que no se anticipan impactos directos sobre los sistemas hidrológicos prioritarios regionales.

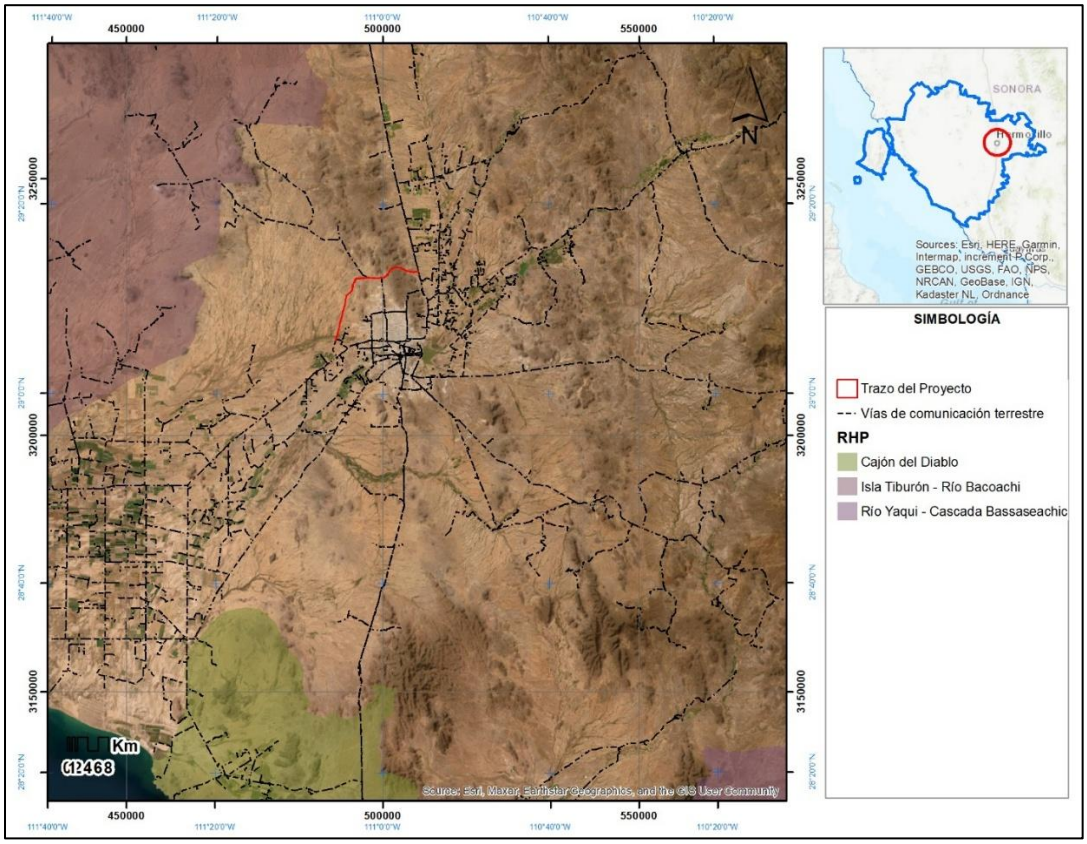


Figura II. 11 Regiones Hidrológicas Prioritarias.

Con base en la revisión cartográfica, el polígono del proyecto no se ubica dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales o estatales, ni se superpone con Regiones Terrestres o Hidrológicas Prioritarias. En el entorno regional se reconocen polígonos de referencia (p. ej., ANP estatal del sistema de presas), sin superposición espacial con el proyecto, por lo que no se prevén afectaciones directas.

II.5.ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS

II.5.1. LEYES Y REGLAMENTOS

II.5.1.1.CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Art. 4…Párrafo quinto…Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.

Art. 25. …Párrafo sexto ...Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

Art. 27. …Párrafo segundo…Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación para lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destino de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

En nuestra Constitución se expresa claramente que todos las personas tienen derecho a tener un medio ambiente que les permita desarrollarse satisfactoriamente, pero a la vez marca la pauta para que haya un desarrollo sustentable de las regiones, esto se presenta teniendo una infraestructura eficaz y segura, tomando las medidas que se asientan en la legislación ambiental actual, que cubre con todos los ángulos para sustentar un proyecto de infraestructura de esta magnitud, con la finalidad de comunicar comunidades para que haya un intercambio comercial efectivo, y de esta forma acortar distancias; por lo que es primordial que toda la legislación sea observada para que haya un desarrollo sustentable, tanto en el aspecto social, como en el aspecto económico y muy importante, el aspecto ambiental.

Tabla II. 8 Vinculación del proyecto con la CPEUM

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
CPEUM, Art. 4°, párr. quinto	Derecho a un **medio ambiente adecuado** para el desarrollo y bienestar.	**El proyecto se vincula** al reconocer que la ejecución del libramiento debe realizarse garantizando el derecho a un medio ambiente adecuado. **Da cumplimiento** mediante la elaboración de la MIA y la aplicación de medidas de prevención, mitigación y restauración (p. ej., control de polvo y ruido, manejo integral

		de residuos, control de erosión, rescate/revegetación cuando aplique), con seguimiento verificable durante obra y operación.
CPEUM, Art. 25, párr. sexto	Impulsar productividad con **equidad social**, sujeto al **interés público**, usando recursos productivos en beneficio general y cuidando su conservación y el **medio ambiente**.	**El proyecto se vincula** al contribuir al interés público mediante el fortalecimiento de la conectividad y eficiencia vial, favoreciendo productividad y seguridad en la movilidad. **Da cumplimiento** al incorporar criterios de desempeño ambiental en su ejecución: selección de insumos conforme a especificaciones, control de frentes y áreas auxiliares, y gestión ambiental verificable (medidas, vigilancia y correctivos) para asegurar conservación del ambiente.
CPEUM, Art. 27, párr. segundo	Expropiación sólo por **utilidad pública** e indemnización; la Nación puede imponer modalidades a la propiedad privada por interés público y regular aprovechamiento de elementos naturales para desarrollo equilibrado.	**El proyecto se vincula** al constituir una obra de utilidad pública que requiere ordenar su ocupación territorial y el uso de recursos (materiales, agua) en beneficio general. **Da cumplimiento** al acotar la intervención al polígono/derecho de vía autorizado, gestionar la afectación de predios conforme a procedimientos aplicables y aplicar medidas para uso controlado de recursos, estabilidad de taludes y restauración de áreas temporales.
CPEUM, Art. 27 (ordenamiento y equilibrio ecológico)	Ordenar asentamientos humanos y establecer provisiones/usos/reservas de tierras, aguas y bosques para ejecutar obras públicas; **preservar y restaurar** el equilibrio ecológico.	**El proyecto se vincula** al requerir compatibilidad con instrumentos de ordenamiento y al interactuar con elementos naturales (suelo, vegetación, escurrimientos intermitentes). **Da cumplimiento** mediante la verificación de compatibilidad de SIte, el diseño/ejecución de drenaje transversal y longitudinal para mantener conectividad hidráulica, el control de arrastres y sedimentos, la prevención de contaminación por residuos/derrames y la restauración biológica (revegetación y control de erosión).
Principio constitucional de desarrollo sustentable (integración)	Desarrollo equilibrado con componentes **social, económico y ambiental**, observando la legislación aplicable.	**El proyecto se vincula** al buscar beneficios sociales y económicos mediante conectividad y reducción de conflictos de tránsito, sin dejar de considerar su desempeño ambiental. **Da cumplimiento** al observar la legislación ambiental vigente, implementar medidas por componente, establecer vigilancia ambiental y mantener trazabilidad documental (bitácoras y evidencias) para asegurar control de impactos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

II.5.1.2.LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA),

La LGEEPA constituye el marco legal federal base para prevenir y controlar la contaminación y para integrar instrumentos como la evaluación del impacto ambiental aplicables a obras de infraestructura. En el caso del Libramiento, su relevancia se materializa en la integración de la MIA como herramienta preventiva desde la planeación, en el control de emisiones y ruido por actividades constructivas, en la protección de suelo y agua mediante manejo de residuos y prevención de derrames, y en la incorporación de medidas de restauración y seguimiento verificable durante el ciclo de vida del proyecto.

Tabla II. 9 Vinculación del proyecto con la LGEEPA.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
LGEEPA (marco general)	Establece las bases para la **preservación y restauración del equilibrio ecológico**, así como la prevención y control de la contaminación, incluyendo instrumentos como la **evaluación del impacto ambiental**.	El proyecto se vincula por ser obra de infraestructura con potencial de impacto. Da cumplimiento mediante integración de la MIA y medidas de prevención, mitigación, restauración y seguimiento.
LGEEPA, Art. 28, 29 y 30	Regulan el instrumento de **Evaluación de Impacto Ambiental**: supuestos sujetos a evaluación, contenido y presentación de la MIA, y elementos para su valoración y condicionamiento.	El proyecto se vincula por requerir autorización previa. Da cumplimiento integrando descripción del proyecto, identificación de impactos y medidas con indicadores.
LGEEPA, Art. 121, 122, 123 y 124	Exigen control y autorización previa para **descargas o infiltración** de aguas residuales en cuerpos receptores, suelo o subsuelo, y establecen obligaciones para evitar contaminación del recurso hídrico.	El proyecto se vincula por generación sanitaria en obra. Da cumplimiento evitando descargas con sanitarios portátiles y retiro por prestador autorizado.
LGEEPA, Art. 155	Regula la prevención y control de contaminación por **ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica**, así como **contaminación visual**.	El proyecto se vincula por maquinaria y frentes de obra. Da cumplimiento con programación diurna, mantenimiento de equipos, control de velocidad, señalización y orden de frentes/acopios.

II.5.1.3.LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (LGVS),

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000 y última reforma del 1 febrero del 2007. De la LGVS, las disposiciones que debe atender el proyecto se relacionan con el daño a la fauna silvestre o su hábitat, como lo marca el artículo 106.

En la presente ley, se especifica en el Art. 4º que es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre, y prohíbe cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la nación.

Por lo que durante los trabajos previos y durante la construcción del presente proyecto, se deberán ejecutar los programas de protección a la fauna silvestre.

Art. 56 La Secretaría identificará a través de listas, las especies o poblaciones en riesgo, de conformidad con lo establecido en la norma oficial mexicana correspondiente, señalando el nombre científico y su nombre común más utilizado…

Art. 61. La Secretaría elaborará las listas de especies y poblaciones prioritarias para la conservación y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Al identificar la fauna y la flora silvestre en la zona del proyecto, se verifica su presencia en los listados de la NOM 059 Vigente, con la finalidad de identificarla plenamente para que la autoridad ambiental tenga el conocimiento de la presencia de especies en algún estatus, y tomar las medidas necesarias, situación no aplicable al presente proyecto.

Tabla II. 10 Vinculación del proyecto con la LGVS.

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
LGVS (marco general)	Establece bases para la **conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre** y su hábitat; prohíbe actos que impliquen destrucción, daño o perturbación de la vida silvestre.	**El proyecto se vincula** al desarrollarse en un entorno con fauna silvestre y vegetación natural, por lo que las actividades de desmonte, movimiento de maquinaria y operación pueden generar perturbación, pérdida de hábitat y atropellamientos. **Da cumplimiento** al incorporar medidas operativas de protección de fauna (delimitación de frentes, control de velocidades, señalización, manejo de residuos para no atraer fauna) y procedimientos de rescate/reubicación cuando sea aplicable, además de restauración de áreas temporales para recuperar funcionalidad de hábitat.
LGVS, Art. 4°	Deber de todos los habitantes de **conservar la vida silvestre**; prohibición de actos que impliquen su destrucción, daño o perturbación.	**El proyecto se vincula** porque su ejecución puede causar perturbación directa (ruido, tránsito, desmonte) e indirecta (atracción de fauna por residuos). **Da cumplimiento** al establecer reglas de obra: prohibición de caza/colecta, capacitación obligatoria al personal, control de accesos y frentes, y manejo integral de residuos; además, se prevé supervisión ambiental para asegurar el cumplimiento de estas restricciones.
LGVS, Art. 106	Disposiciones relacionadas con **daño a la fauna silvestre o su hábitat**; obligación de prevenir y atender afectaciones a vida silvestre derivadas de actividades humanas.	**El proyecto se vincula** por la posible afectación a fauna/hábitat durante desmonte, excavaciones, terracerías y tránsito vehicular. **Da cumplimiento** mediante medidas de prevención y manejo: inspección previa de frentes antes de desmonte, desmonte gradual cuando aplique para permitir huida, rescate y reubicación de ejemplares que lo requieran por personal calificado, protección de excavaciones abiertas, control de velocidades y señalización para reducir atropellamientos, y habilitación de pasos de fauna donde el diseño lo contemple.
LGVS, Art. 56	La Secretaría identifica especies o poblaciones **en riesgo** mediante listas conforme a la NOM aplicable (p. ej., NOM-059), incluyendo nombre científico y común.	**El proyecto se vincula** al requerir que el inventario biológico identifique especies presentes y verifique su estatus de riesgo para definir medidas específicas. **Da cumplimiento** al integrar el levantamiento de flora/fauna y la verificación contra listados oficiales (NOM-059 vigente) para sustentar medidas de protección y, en su caso, rescate/reubicación o restricciones operativas.
LGVS, Art. 61	La Secretaría elabora listas de **especies y poblaciones prioritarias para la conservación**, publicadas en DOF.	**El proyecto se vincula** porque la presencia de especies prioritarias puede implicar medidas adicionales de manejo y seguimiento. **Da cumplimiento** mediante la identificación en campo y la revisión de listados oficiales para determinar si existen especies prioritarias en el área de influencia; en caso afirmativo, se incorporarían medidas específicas (protección de sitios, restricciones temporales, rescate y restauración dirigida).
Verificación de NOM-059 (criterio	Identificar especies con categoría de riesgo para definir acciones preventivas y de manejo.	**El proyecto se vincula** porque la evaluación biológica debe reconocer especies con estatus de protección. **Da cumplimiento** al verificar la presencia de especies en

operativo derivado)		estatus y, si llegaran a registrarse, aplicar medidas específicas; si no se identifican especies con estatus, se mantienen medidas generales de protección para minimizar perturbación y mortalidad incidental durante obra y operación.

II.5.1.4.LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS (LGPGIR)

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre del 2003 y su última reforma el 19 de junio del 2007.

Dentro de las actividades que se llevan a cabo con la operación de una obra de este tipo, se llegan a generar una serie de desechos de diversos tipos, que van desde basura doméstica, residuos orgánicos, residuos de estopas, entre otros; por lo que se deben de tener conocimiento de cómo deberá ser el manejo para cada uno de ellos, aun cuando sean en cantidades mínimas. Y de esta manera evitar el desecho inadecuado hacia el suelo o los cuerpos de agua.

Art. 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán sub clasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

Art. 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;

Art. 20.- La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de estos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría.

Se llegan a presentar diversos tipos de desechos provenientes de la cada una de las etapas del proyecto, solamente se prevé la presencia de desechos de residuos sólidos urbanos.

Otro de los aspectos de vinculación es que dentro de la zona del proyecto se puede llegar a causar un problema de vulnerabilidad de la fauna que pudiera presentarse, por el ocasional consumo de residuos sólidos urbanos y los de combustión, o entrar en contacto con desechos que pudieran causarles alguna afectación en la salud de la fauna, sin embargo, el sitio carece de vegetación y además la superficie del patio se encuentra cercada por lo cual no se prevé la presencia de fauna.

Art. 22.- Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.

Por esta razón el proyecto se sustenta en la normatividad actual que se especificó anteriormente; se toman en cuenta no solo las especificaciones acerca de los residuos, si no de algunos otros aspectos relevantes que se aplican al proyecto.

Tabla II. 11 Vinculación del proyecto con la LGPGIR

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
LGPGIR (marco general)	Establece las bases para la **prevención y gestión integral de residuos** (minimización, separación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final), evitando afectaciones al suelo, agua y salud.	**El proyecto se vincula** porque en todas sus etapas genera residuos (principalmente RSU por personal y usuarios; y adicionalmente residuos de manejo especial y, de forma puntual, residuos peligrosos por mantenimiento de maquinaria/equipo). **Da cumplimiento** al implementar un esquema de manejo integral que incluye separación y acopio temporal en contenedores con tapa, retiro periódico por prestadores autorizados, disposición en sitios autorizados y control para evitar dispersión por viento, arrastre a drenajes y atracción de fauna.
LGPGIR, Art. 18	Los **residuos sólidos urbanos** pueden subclasificarse en **orgánicos e inorgánicos** para facilitar su separación primaria y secundaria conforme a programas estatales/municipales y ordenamientos aplicables.	**El proyecto se vincula** por la generación de RSU en frentes de obra, campamento y áreas de apoyo, y por la generación dispersa asociada a usuarios en operación. **Da cumplimiento** al establecer separación básica (orgánicos/inorgánicos donde sea factible), acopio temporal en recipientes con tapa y retiro regular para disposición final autorizada, reduciendo dispersión, olores y riesgos por consumo incidental de residuos por fauna.
LGPGIR, Art. 19	Define la clasificación de **residuos de manejo especial**, salvo cuando se trate de residuos peligrosos.	**El proyecto se vincula** porque durante construcción y mantenimiento pueden generarse residuos que, por su naturaleza/volumen, se consideran de manejo especial (por ejemplo, empaques, tarimas, chatarra, sobrantes no peligrosos, y en mantenimiento material asfáltico retirado cuando aplique). **Da cumplimiento** al segregarlos de los RSU, acopiarlos temporalmente en áreas controladas y canalizarlos a reciclaje/valorización o disposición final autorizada, según corresponda.
LGPGIR, Art. 20	La **clasificación** de RSU y residuos de manejo especial sujetos a planes de manejo se realiza conforme a criterios establecidos en **NOM** con listados emitidos por la Secretaría.	**El proyecto se vincula** porque requiere clasificar adecuadamente los residuos para definir su ruta de manejo y disposición. **Da cumplimiento** al aplicar criterios de clasificación y segregación conforme a instrumentos y disposiciones aplicables (programas municipales/estatales y NOM que correspondan), evitando mezclar corrientes y asegurando que cada residuo tenga un destino compatible (reciclaje, valorización o disposición autorizada).
LGPGIR, Art. 22	Los generadores o manejadores que requieran determinar si un residuo es **peligroso** deben remitirse a las **NOM** que los clasifican.	**El proyecto se vincula** porque puede generar residuos potencialmente peligrosos por mantenimiento/operación de maquinaria (aceites usados, filtros, estopas/absorbentes impregnados, envases contaminados, baterías) y por contingencias (derrames). **Da cumplimiento** al identificar estos residuos, separarlos

		de RSU/RME, almacenarlos temporalmente en recipientes cerrados y etiquetados con contención secundaria, y enviarlos a gestor autorizado para tratamiento/valorización o confinamiento, según proceda, evitando su disposición al suelo o contacto con escurrimientos.

II.5.1.5.REGLAMENTO DE LA LGPGIR.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre del 2006. Las disposiciones a considerar de este instrumento son las siguientes
:

- Arts. 16,17 y 20. Tratan sobre las modalidades de los planes de manejo y generalidades. Arts. 24,25 y 26. Sobre el procedimiento para el registro e incorporación de los planes de manejo.
- Art. 71. Establece los datos que deben contener las bitácoras Arts. Del 72 al 77. Tratan de los informes que los grandes y pequeños generadores deberán entregar a la Secretaría.

Tabla II. 12 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGPGIR

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
Reglamento de la LGPGIR (marco general)	Desarrolla los criterios operativos para la **gestión integral** de residuos, incluyendo planes de manejo, registros, bitácoras e informes.	**El proyecto se vincula** porque, además de separar y disponer residuos, debe documentar su manejo y, cuando aplique, sujetarse a esquemas de **plan de manejo** y trazabilidad. **Da cumplimiento** al incorporar procedimientos operativos para separación, acopio, transporte y disposición, y al mantener documentación de soporte (bitácoras y comprobantes) conforme a los requerimientos aplicables.
Arts. 16, 17 y 20	Establecen **modalidades y generalidades** de los **planes de manejo** (criterios, alcances y elementos que deben considerarse).	**El proyecto se vincula** por la generación de residuos (RSU, residuos de manejo especial y, de forma puntual, peligrosos) que pueden requerir organización bajo un esquema de plan de manejo, particularmente en etapa de construcción y mantenimiento. **Da cumplimiento** al estructurar el manejo por corrientes (separación y almacenamiento temporal diferenciado), definir rutas de manejo y asegurar que residuos sujetos a control se canalicen a prestadores/gestores autorizados, evitando mezcla y disposición inadecuada.
Arts. 24, 25 y 26	Regulan el **procedimiento** para el **registro e incorporación** de planes de manejo (cuando resulte aplicable).	**El proyecto se vincula** en la medida en que, si por volumen o naturaleza de residuos se requiere un plan de manejo formal, éste debe registrarse conforme a procedimiento. **Da cumplimiento** al prever que, en caso de aplicar, se elaborará/gestionará el plan de manejo correspondiente y se integrará su registro/incorporación ante la autoridad competente, asegurando trazabilidad documental del cumplimiento durante la

		ejecución.
Art. 71	Define los **datos mínimos** que deben contener las **bitácoras** relacionadas con el manejo de residuos.	**El proyecto se vincula** porque el control verificable del manejo de residuos requiere bitácoras para demostrar generación, almacenamiento temporal, recolección y disposición. **Da cumplimiento** al implementar bitácoras de residuos (por tipo de residuo y etapa) que registren, al menos, fechas, volúmenes/cantidades, origen, responsable operativo, prestador/gestor, destino final y observaciones de incidencias (derrames, rechazos, correcciones).
Arts. 72 al 77	Establecen los **informes** que **grandes y pequeños generadores** deben entregar a la Secretaría, conforme a sus obligaciones.	**El proyecto se vincula** porque, dependiendo de la clasificación del generador (por volúmenes y tipo), puede existir obligación de reporteo ante la autoridad. **Da cumplimiento** al prever que, si durante la obra u operación se configura la condición de pequeño o gran generador para alguna corriente (en especial residuos peligrosos), se elaborarán y presentarán los informes que correspondan, respaldados por bitácoras, manifiestos y comprobantes de entrega a gestores autorizados.

II.5.1.6.LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACIÓN.

Artículo 2o.- Son partes integrantes de las vías generales de comunicación:
I.- Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas, y
II. Los terrenos y aguas que sean necesarias para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior. La extensión de los terrenos y aguas y el volumen de éstas se fijará por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Concesiones, permisos y contratos
Artículo 8o.- Para construir, establecer y explotar vías generales de comunicación, o cualquiera clase de servicios conexos a éstas, será necesario el tener concesión o permiso del Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y con sujeción a los preceptos de esta Ley y sus Reglamentos.

Artículo 12.- Las concesiones para la construcción, establecimiento o explotación de vías generales de comunicación, sólo se otorgarán a ciudadanos mexicanos o a sociedades constituidas conforme a las leyes del país. Cuando se trate de sociedades, se establecerá en la escritura respectiva, que, para el caso de que tuvieren o llegaren a tener uno o varios socios extranjeros, éstos se considerarán como nacionales respecto de la concesión, obligándose a no invocar, por lo que a ella se refiera, la protección de sus Gobiernos, bajo pena de perder, si lo hicieren, en beneficio de la Nación, todos los bienes que hubieren adquirido para construir, establecer o explotar la vía de comunicación, así como los demás derechos que les otorgue la concesión.

Artículo 13.- Los individuos o empresas a quienes se otorgue concesión o permiso para construir o explotar vías generales de comunicación, llevarán a cabo por sí mismos esa construcción o explotación y no podrán, en ningún caso, organizar sociedades a quienes cedan los derechos adquiridos en la concesión o permiso. Sin embargo, la Secretaría de Comunicaciones y

Transportes podrá autorizar la cesión de los derechos y obligaciones estipulados en la concesión o permiso, cuando a su juicio fuere conveniente, siempre que hubieren estado vigentes por un término no menor de cinco años y que el beneficiario haya cumplido con todas sus obligaciones.

Artículo 14. Los interesados en obtener concesión o permiso para construir, establecer o explotar vías generales de comunicación, elevarán solicitud a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de conformidad con los preceptos de esta Ley y sus reglamentos, acompañándola de los estudios a que se refiere el artículo 8o.

Artículo 15.- Recibida la solicitud de concesión y previo pago de los derechos respectivos, se procederá a efectuar los estudios técnicos que correspondan de acuerdo con las bases generales señaladas en el Artículo 8 y a la normatividad establecida en materia de conservación del equilibrio ecológico y si el resultado de éstos fuere favorable, la solicitud con las modificaciones que acuerde la Secretaría se publicará a costa del interesado, por dos veces, de cinco en cinco días en el Diario Oficial de la Federación y en uno de los periódicos de mayor circulación, con el fin de que, durante el plazo de diez días contados a partir de la última publicación, las personas que pudieren resultar afectadas, presenten sus observaciones. Si transcurrido el plazo a que se refiere el párrafo anterior no se presentan objeciones, o si las que se presentan no fueren de tomarse en cuenta, se podrá otorgar la concesión con las modificaciones de carácter técnico y jurídico que se estimen pertinentes, previo cumplimiento de los requisitos técnicos, administrativos y legales que señale la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Otorgada la concesión, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ordenará si lo considera necesario, que a costa del interesado se publique aquélla en el Diario Oficial de la Federación con la exposición de los fundamentos que se hayan tenido para otorgarla y el programa a que habrá de sujetarse la construcción o explotación de la vía concesionada, de acuerdo con las bases que establece el artículo 8º.

Las leyes y reglamentos en materia de impacto ambiental, residuos, aguas nacionales, permitirán regular la construcción y operación del proyecto, para reducir al mínimo los impactos ambientales generados a los diferentes factores ambientales.

Tabla II. 13 Vinculación del proyecto con la Ley de Vías Generales de Comunicación.

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
Ley de Vías Generales de Comunicación, Art. 2	Define como partes integrantes de las vías generales de comunicación los **servicios auxiliares, obras y accesorios**, así como los **terrenos y aguas necesarios para el derecho de vía**, cuya extensión fija la **SCT**.	**El proyecto se vincula** al consistir en una obra carretera con un conjunto de obras asociadas (cuerpo carretero, drenaje, señalamiento, obras complementarias) y un **derecho de vía** definido. **Da cumplimiento** al delimitar y respetar el polígono autorizado/derecho de vía para la ejecución de obras y servicios auxiliares, evitando intervenciones fuera de la franja establecida, y considerando dentro del diseño las obras accesorias necesarias para su funcionamiento y seguridad.
Art. 8	Para construir, establecer y explotar vías generales de comunicación o servicios conexos se requiere **concesión o permiso** del Ejecutivo Federal por conducto de la **SCT**, conforme a la Ley y reglamentos.	**El proyecto se vincula** porque su construcción y operación se enmarcan en un régimen de **concesión/permiso**. **Da cumplimiento** al sustentarse en el instrumento concesionado/permiso correspondiente y al

		integrar los estudios técnicos y requisitos administrativos aplicables, incluyendo los componentes ambientales exigibles por la normativa.
Art. 12	Las concesiones sólo se otorgan a **ciudadanos mexicanos** o **sociedades constituidas conforme a leyes mexicanas**; en sociedades con socios extranjeros aplica la cláusula de no invocar protección extranjera respecto de la concesión.	**El proyecto se vincula** al requerir que el titular del desarrollo y operación cumpla con la **capacidad jurídica** prevista por la Ley. **Da cumplimiento** al operar bajo la figura concesionada a un sujeto con personalidad jurídica conforme a legislación mexicana y bajo las condiciones establecidas en el título/concesión aplicable.
Art. 13	El concesionario/permisionario debe llevar a cabo la construcción/explotación y no puede ceder derechos; la SCT puede autorizar cesión bajo condiciones (≥5 años de vigencia y cumplimiento de obligaciones).	**El proyecto se vincula** porque define responsabilidades de ejecución y operación bajo la concesión y limita transferencias. **Da cumplimiento** al mantener la ejecución/operación bajo el titular y/o esquemas autorizados por la SCT, y a asegurar que los contratistas actúen como ejecutores de obra sin sustituir la titularidad ni ceder derechos fuera del marco permitido.
Art. 14	La solicitud de concesión/permiso se presenta ante la SCT, acompañada de **estudios** referidos en el Art. 8.	**El proyecto se vincula** por la necesidad de sustentar la viabilidad técnica y administrativa con estudios de soporte. **Da cumplimiento** al integrarse a un expediente técnico (trazo, diseño, tránsito, pavimentos, estructuras, etc.) y a la documentación requerida por SCT, complementada con la evaluación ambiental correspondiente.
Art. 15	La SCT realiza estudios técnicos conforme a bases del Art. 8 y a la normatividad de **conservación del equilibrio ecológico**; prevé **publicación** para observaciones y, en su caso, otorgamiento de concesión con modificaciones técnicas/jurídicas y programa de construcción/explotación.	**El proyecto se vincula** porque la concesión incorpora revisión técnica y consideración explícita de criterios ambientales, además de mecanismos de publicidad/observaciones. **Da cumplimiento** al incorporar la MIA y medidas ambientales como parte del sustento del proyecto, y al alinearse con el programa y condiciones de construcción/operación que deriven del título concesionario y de las autorizaciones ambientales aplicables.
Relación con normativa ambiental (referencia del texto)	La construcción y operación deben sujetarse a leyes/reglamentos en materia de **impacto ambiental, residuos y aguas**, para minimizar impactos.	**El proyecto se vincula** al requerir control ambiental integral durante obra y operación. **Da cumplimiento** mediante la MIA, el manejo integral de residuos (LGPGIR), la prevención de contaminación de suelo/agua y el diseño/operación de drenaje para conservar conectividad hidráulica, además de programas de mitigación y vigilancia ambiental.

II.5.1.7.CÓDIGO PENAL FEDERAL

Libro segundo, Título décimo tercero, Falsedad.

Capítulo V. Falsedad en declaraciones judiciales y en informes dados a la autoridad Art. 247. Se impondrá de dos a seis años de prisión y multa de cien a trescientos días multa;

I.- Al que interrogado por alguna autoridad pública distinta de la judicial en ejercicio de sus funciones o con motivo de ellas, faltare a la verdad.

II.- Al que examinado por la autoridad judicial como testigo o perito, faltare a la verdad sobre el hecho que se trata de averiguar, o aspectos, cantidades, calidades u otras circunstancias que sean relevantes para establecer el sentido de una opinión o dictamen, ya sea afirmando, negando u ocultando maliciosamente la existencia de algún dato que pueda servir de prueba de la verdad o falsedad del hecho principal, o que aumente o disminuya su gravedad, o que sirva para establecer la naturaleza o particularidades de orden técnico o científico que importen para que la autoridad pronuncie resolución sobre materia cuestionada en el asunto donde el testimonio o la opinión pericial se viertan. La sanción podrá ser hasta quince años de prisión para el testigo o perito falsos que fueran examinados en un procedimiento penal, cuando al reo se le imponga una pena de más de veinte años de prisión, por haber dado fuerza probatoria al testimonio o peritaje falsos;

El testigo, perito o intérprete que retracte espontáneamente sus falsas declaraciones rendidas ante cualquiera autoridad administrativa o judicial antes de que se pronuncie resolución o sentencia, solo pagara una multa de diez a doscientos pesos. Pero si faltare a la verdad al retractar sus declaraciones, se le aplicara la sanción que corresponde, con arreglo a lo prevenido en este capítulo, aumentando la pena de tres días a seis meses de prisión.

Por esta razón especificada en la fracción II, corresponde el escrito que se firma como responsable de la veracidad de la información.

Tabla II. 14 Vinculación del proyecto con el Código Penal Federal.

Instrumento / artículo	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
Código Penal Federal, Libro Segundo, Título Décimo Tercero (Falsedad), Capítulo V, Art. 247	Sanciona la **falsedad** en declaraciones e informes rendidos ante autoridad administrativa o judicial; incluye la omisión maliciosa u ocultamiento de datos relevantes que influyan en una resolución o dictamen.	**El proyecto se vincula** porque la MIA y sus anexos constituyen un **informe técnico** presentado ante autoridad, y la información ambiental/técnica es base para la evaluación y resolución. **Da cumplimiento** mediante la elaboración del documento con información verificable y consistente (fuentes, datos técnicos, cartografía, tablas y anexos), y mediante la suscripción del escrito de **responsabilidad y veracidad** por el promovente y responsables técnicos, asumiendo la obligación de no omitir ni alterar datos relevantes y de mantener congruencia entre capítulos, planos y medidas propuestas.

II.6.NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

A continuación, se describen las normas oficiales mexicanas por rubro, a las que se podría sujetar el proyecto en todas sus etapas de desarrollo.

II.6.1. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Tabla II. 15 Vinculación del proyecto con la Normas de control de la contaminación atmosférica.

Norma	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
NOM-043-SEMARNAT-1993 (partículas sólidas de fuentes fijas)	Establece niveles máximos permisibles de emisión de partículas sólidas provenientes de **fuentes fijas**; es de observancia obligatoria para responsables de fuentes fijas, salvo las reguladas por NOM específicas.	**El proyecto se vincula** porque durante construcción puede operar infraestructura auxiliar considerada **fuente fija** (p. ej., planta trituradora y/o planta de asfalto, si se instalan para abastecer agregados/mezcla), con potencial de emitir partículas a la atmósfera. **Da cumplimiento** al exigir que cualquier fuente fija asociada al suministro opere con permisos aplicables y bajo control de emisiones (encapsulado/cerramientos cuando proceda, sistemas de captación, mantenimiento preventivo y operación conforme a especificaciones), además de implementar control de polvo fugitivo en patios, acopios y vialidades internas (humectación, control de velocidad, cubrimiento de materiales finos).
NOM-045-SEMARNAT (opacidad/absorción de humo en vehículos diésel en circulación)	La norma de opacidad para fuentes móviles diésel fue emitida originalmente como **NOM-045-ECOL-1996**, pero actualmente existe una versión actualizada **NOM-045-SEMARNAT-2017** (límite y método de prueba).	**El proyecto se vincula** porque durante construcción operarán vehículos y maquinaria con motor diésel (camiones de volteo, compactadores, excavadoras, etc.) que pueden generar humo visible y material particulado por combustión. **Da cumplimiento** al establecer como criterio operativo que la flota en circulación cumpla con los límites de opacidad/absorción aplicables y se mantenga bajo mantenimiento preventivo (afinación, filtros, inyectores, control de ralentí), retirando de operación o corrigiendo unidades con humo persistente. Para el expediente, se recomienda citar la versión vigente (**NOM-045-SEMARNAT-2017**) en lugar de la de 1996.
NOM-047-SEMARNAT (verificación de emisiones en vehículos a gasolina/GLP/GN y otros)	La norma de referencia original es **NOM-047-SEMARNAT-1999**, y existe actualización **NOM-047-SEMARNAT-2014** (equipo y procedimiento de medición para verificación de límites de emisión en vehículos en circulación).	**El proyecto se vincula** porque parte del parque vehicular de obra opera con gasolina (pickups, supervisión, vehículos ligeros) y su desempeño incide en emisiones locales. **Da cumplimiento** al exigir verificación/mantenimiento de vehículos a gasolina conforme a los procedimientos y límites aplicables, evitando unidades con fallas evidentes (humo, olor intenso, pérdida de potencia) y restringiendo el tránsito a rutas definidas para reducir recorridos innecesarios. Para evitar observaciones, se recomienda citar la versión vigente (**NOM-047-SEMARNAT-2014**) como referencia técnica de verificación.
NOM-022-SSA1 (SO_2 en aire ambiente)	La norma histórica es **NOM-022-SSA1-1993**, pero el	**El proyecto se vincula** porque las emisiones de combustión (maquinaria/vehículos) pueden

	criterio vigente para SO_2 fue actualizado a **NOM-022-SSA1-2019** (calidad del aire ambiente).	contribuir marginalmente a precursores y contaminantes criterio; además, el análisis de calidad del aire en MIA se referencia a valores normados de protección a la salud. **Da cumplimiento** al implementar control de emisiones (mantenimiento, racionalización de flota, evitar ralentí prolongado) y al establecer que, de existir monitoreo o verificación por autoridad, la evaluación se hará con base en los criterios vigentes. En el texto de la MIA se recomienda citar **NOM-022-SSA1-2019** (vigente) y no la versión 1993.
NOM-024-SSA1-1993 (PST)	Establecía criterio para evaluar **partículas suspendidas totales (PST)** en aire ambiente; sin embargo, esta norma fue **cancelada** en una modificación posterior que consolidó criterios en NOM más recientes (p. ej., NOM-025-SSA1-2014).	**El proyecto se vincula** porque el principal impacto atmosférico en construcción es el **polvo fugitivo**, que se expresa como material particulado. **Da cumplimiento** controlando generación y dispersión de polvo (humectación con pipa, cubrimiento de cargas, control de velocidad, limpieza de rodaduras, estabilización progresiva de taludes y acopios). Para el marco normativo de calidad del aire ambiente, en lugar de citar NOM-024-SSA1-1993 (cancelada), es más sólido referir NOM vigentes de material particulado (NOM-025-SSA1).
NOM-025-SSA1 (PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente)	La norma histórica es **NOM-025-SSA1-1993 (PM_{10})**, pero el criterio vigente de material particulado está en **NOM-025-SSA1-2021 (PM_{10} y $PM_{2.5}$)**.	**El proyecto se vincula** porque el polvo fugitivo por desmonte/terracerías y el tránsito de maquinaria constituyen la fuente principal de partículas en el entorno inmediato del derecho de vía. **Da cumplimiento** al aplicar medidas de control de polvo (humectación, delimitación de frentes, reducción de superficies expuestas simultáneamente, cubrimiento de material fino, control de velocidad, mantenimiento de caminos internos) y al mantener el principio de verificación con criterios vigentes de protección a la salud (NOM-025-SSA1-2021).

II.6.2. CONTROL DE EMISIONES DE RUIDO

Tabla II. 16 Vinculación del proyecto con la Normas de control de emisiones de ruido.

Norma	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
NOM-080-SEMARNAT-1994 (ruido por escape de vehículos en circulación)	Establece los **límites máximos permisibles de emisión de ruido** proveniente del **escape** de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados **en circulación**, así como su **método de medición**; se reporta como **vigente**.	**El proyecto se vincula** porque durante preparación y construcción operarán **fuentes móviles** (camiones de volteo, pipas, camionetas y equipo de apoyo en circulación) cuyo escape puede generar niveles sonoros regulados por la norma. **Da cumplimiento** al exigir que los vehículos que circulen en obra y en rutas de acarreo mantengan **sistemas de escape en condiciones funcionales** (silenciadores, ausencia de modificaciones), con **mantenimiento preventivo** y control de operación (evitar aceleraciones innecesarias, controlar velocidad en caminos no pavimentados), de manera que, cuando proceda la verificación, **no se rebasen los límites de la Tabla 1** conforme al método de la NOM.
NOM-081-	Establece los **límites máximos**	**El proyecto se vincula** porque, durante construcción y/o

SEMARNAT-1994 (ruido de fuentes fijas)	**permisibles de emisión de ruido** de **fuentes fijas** y su **método de medición**; se reporta como **vigente** y con modificación al **numeral 5.4** publicada en DOF (03/12/2013).	operación, pueden presentarse **fuentes fijas** asociadas a la logística de obra (p. ej., plantas temporales, generadores, compresores, talleres/áreas de mantenimiento y equipos estacionarios en campamento o patios), cuyo ruido se evalúa en el entorno (perímetro/colindancias) conforme al método de la NOM. **Da cumplimiento** al (i) privilegiar la ubicación de instalaciones temporales en predios/zonas alejadas de receptores sensibles cuando sea viable, (ii) programar actividades de mayor emisión sonora en **horario diurno**, (iii) mantener equipos con silenciadores y mantenimiento preventivo, y (iv) aplicar, cuando se requiera por condición del sitio o por requerimiento de autoridad, **mediciones conforme al procedimiento de la NOM** para asegurar que no se excedan los límites aplicables (considerando la actualización del numeral 5.4).

II.6.3. PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA

Tabla II. 17 Vinculación del proyecto con la Normas de protección de flora y fauna.

Norma	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.	Identifica especies/poblaciones de flora y fauna silvestres en categorías de riesgo (**E, P, A, Pr**) y define criterios/procedimiento para su inclusión, exclusión o cambio; la **lista de especies** se actualiza mediante modificaciones del anexo normativo correspondiente (por ejemplo, modificación del **Anexo Normativo III** publicada en DOF).	**El proyecto se vincula** porque la construcción del libramiento (tramo nuevo) implica desmonte, movimiento de maquinaria y operación de una obra lineal, con potencial de afectar individuos, hábitat y conectividad ecológica de especies nativas, incluyendo aquellas listadas en la NOM-059. **Da cumplimiento** al integrar en el estudio biótico la verificación de la biota registrada contra la **lista vigente** de la NOM-059, reportar presencia/ausencia por componente y, si se identifican especies en riesgo, aplicar medidas específicas de manejo (delimitación estricta de huella, prohibición de colecta/caza, inspección previa de frentes, rescate y reubicación por personal calificado cuando proceda, control de velocidades y señalización para reducir atropellamientos, y restauración/revegetación con especies nativas para recuperar funcionalidad del hábitat), con seguimiento dentro del Programa de Vigilancia Ambiental.

II.6.4. CONSERVACIÓN DEL AGUA Y LA SEGURIDAD PARA SU UTILIZACIÓN

Tabla II. 18 Vinculación del proyecto con la Normas de conservación del agua y la seguridad para su utilización.

Norma	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
NOM-001-SEMARNAT-1996 (descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales)	Establece **límites máximos permisibles de contaminantes** en las **descargas de aguas residuales** a **aguas y bienes nacionales**, con el propósito de proteger su calidad y posibilitar sus usos.	**El proyecto se vincula** porque, durante la preparación y construcción, puede generarse agua residual sanitaria por el personal y existe el riesgo de descargas accidentales (p. ej., lavado de equipos, manejo inadecuado de efluentes) que, de ocurrir, quedarían sujetas a control conforme al marco aplicable a descargas a bienes nacionales. **Da cumplimiento** al **evitar descargas sanitarias al ambiente** mediante el uso de **sanitarios portátiles secos** con retiro por prestador autorizado, y al mantener la prohibición de descargar aguas de limpieza o efluentes al suelo/cunetas/cauces, integrando medidas preventivas de control de derrames y manejo de residuos para impedir que contaminantes alcancen escurrimientos o bienes nacionales.

II.6.5. RESIDUOS PELIGROSOS, DE MANEJO ESPECIAL Y SÓLIDOS URBANOS

Tabla II. 19 Vinculación del proyecto con la Normas de control de residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos.

Norma	Mandato (síntesis)	Vinculación y cumplimiento del proyecto
NOM-052-SEMARNAT-2005. Características, procedimiento de identificación, clasificación y listados de residuos peligrosos.	Define el procedimiento para determinar si un residuo es peligroso, incluyendo **características de peligrosidad** y **listados** aplicables, y es de observancia obligatoria para los responsables de identificar la peligrosidad del residuo.	**El proyecto se vincula** porque, durante construcción y mantenimiento, puede generar corrientes que deben clasificarse (p. ej., aceites usados, filtros, estopas/absorbentes impregnados, envases contaminados, pinturas/solventes, baterías y otros consumibles). **Da cumplimiento** al implementar identificación y segregación de residuos desde el punto de generación, clasificándolos conforme a NOM-052; los residuos determinados como peligrosos se almacenan temporalmente en recipientes cerrados y etiquetados, en área controlada con contención secundaria, y se entregan a gestor autorizado conforme a la LGPGIR y su Reglamento.
NOM-053-SEMARNAT-1993. Procedimiento para la Prueba de Extracción (PECT) para determinar constituyentes que hacen peligroso a un residuo por toxicidad al ambiente.	Establece el método de laboratorio (PECT) para evaluar la **toxicidad ambiental** mediante un extracto, identificando constituyentes que califican al residuo como peligroso por esta característica.	**El proyecto se vincula** porque, en casos específicos, pueden generarse residuos cuyo estatus como “peligroso por toxicidad” no sea evidente a simple vista (p. ej., suelos o absorbentes contaminados por derrames, residuos con mezclas de hidrocarburos/químicos, lodos o materiales con

		posibles metales). **Da cumplimiento** al establecer que, cuando exista incertidumbre técnica sobre la peligrosidad por toxicidad, se determinará mediante los procedimientos aplicables (incluida PECT conforme a NOM-053) antes de definir su ruta de manejo y disposición, evitando que residuos con toxicidad sean manejados como RSU o de manejo especial.
NOM-054-SEMARNAT-1993. Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos peligrosos.	Establece el procedimiento para identificar incompatibilidades que puedan producir reacciones peligrosas (p. ej., generación de gases, calor, incendios) cuando se almacenan o mezclan residuos peligrosos.	**El proyecto se vincula** porque el manejo temporal en sitio puede implicar la coexistencia de distintas corrientes peligrosas (aceites, solventes/pinturas, baterías, envases contaminados, absorbentes) y, si se mezclan o almacenan sin control, existe riesgo de reacción o liberación de contaminantes. **Da cumplimiento** al mantener segregación estricta por tipo de residuo, prohibir mezclas, asegurar compatibilidad de contenedores y áreas de acopio, y aplicar el criterio/procedimiento de NOM-054 cuando se requiera definir almacenamiento conjunto o condiciones de confinamiento, reduciendo el riesgo de reacciones adversas durante el acopio temporal y el transporte.

En conjunto, el proyecto resulta congruente con los instrumentos de planeación y ordenamiento aplicables al municipio de Hermosillo y con el marco jurídico ambiental federal y estatal, en la medida en que: (i) acota su intervención al derecho de vía y huella indispensable, (ii) incorpora obras de drenaje y medidas para mantener la conectividad hidráulica de escurrimientos intermitentes, (iii) implementa control de emisiones, ruido y residuos, (iv) prevé restauración/revegetación de áreas temporales y bordes, y (v) asegura verificación mediante supervisión ambiental, bitácoras e indicadores de desempeño durante obra y operación.

III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA.

III.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La ciudad de Hermosillo se localiza en el paralelo 29° de latitud norte y el meridiano 110° de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 210 m sobre el nivel del mar. Se encuentra al centro del Estado de Sonora a 280 kilómetros de la frontera con Estados Unidos. La ciudad es atravesada de sur a norte por la Carretera Federal MEX 15, aunque ya existe un libramiento federal que desvía el tráfico pesado que circula por la carretera MEX 15, justamente el proyecto del Libramiento Norponiente de Hermosillo a un nivel más local e interno, conectará con la Carretera Federal MEX 15 al norte de la ciudad de Hermosillo, con otra importante carretera que conecta con la Costa de Hermosillo, es decir con la Carretera Estatal SON 100 Hermosillo-Bahía de Kino.

El libramiento que se pretende construir comunicará la zona poniente de la ciudad con la zona norte dotando de una nueva ruta de traslado a todos los usuarios que provengan o bien se dirijan hacia esas zonas, lo cual generará un ahorro en gastos de operación y tiempo de traslado para los usuarios particulares, así como para el transporte de mercancías, pues estaría evitando el cruce por la ciudad.

Actualmente para tomar esta ruta es necesario utilizar las vialidades Blvd. Quiroga, Progreso y Morelos (Mazón), siendo en horas pico cuando más se ve afectado el flujo vehicular pues se mezcla el tránsito de paso con el tránsito propio de la ciudad, formándose embotellamientos.

Este proyecto inicia en el entronque de la carretera Federal MEX 15, con la carretera a la Mina Pilares (Mina Nyco), en el Km 14+970 salida a Nogales y aprovecha el tramo carretero existente con rumbo al poniente en una longitud de 11.0 Km (tramo de rehabilitación y ampliación de la carretera existente), después de esto se dará vuelta a la izquierda sobre un camino nuevo (Libramiento) hasta llegar a la planta de CCC Fenosa, punto donde finaliza las obras propuestas en el presente proyecto y siguiendo hacia al sur por el camino pavimentado existente, hasta llegar a entroncar con la Carretera Estatal SON 100 (Hermosillo-Bahía de Kino) en el Km 13+500 aproximadamente.

En la figura inferior se presenta la macrolocalización del trazo y se hace un acercamiento a la zona del proyecto.

En las siguientes dos tablas se muestra las coordenads y cadenamiento del trazo del libramiento norponiente y los vértices del polígono del proyecto.

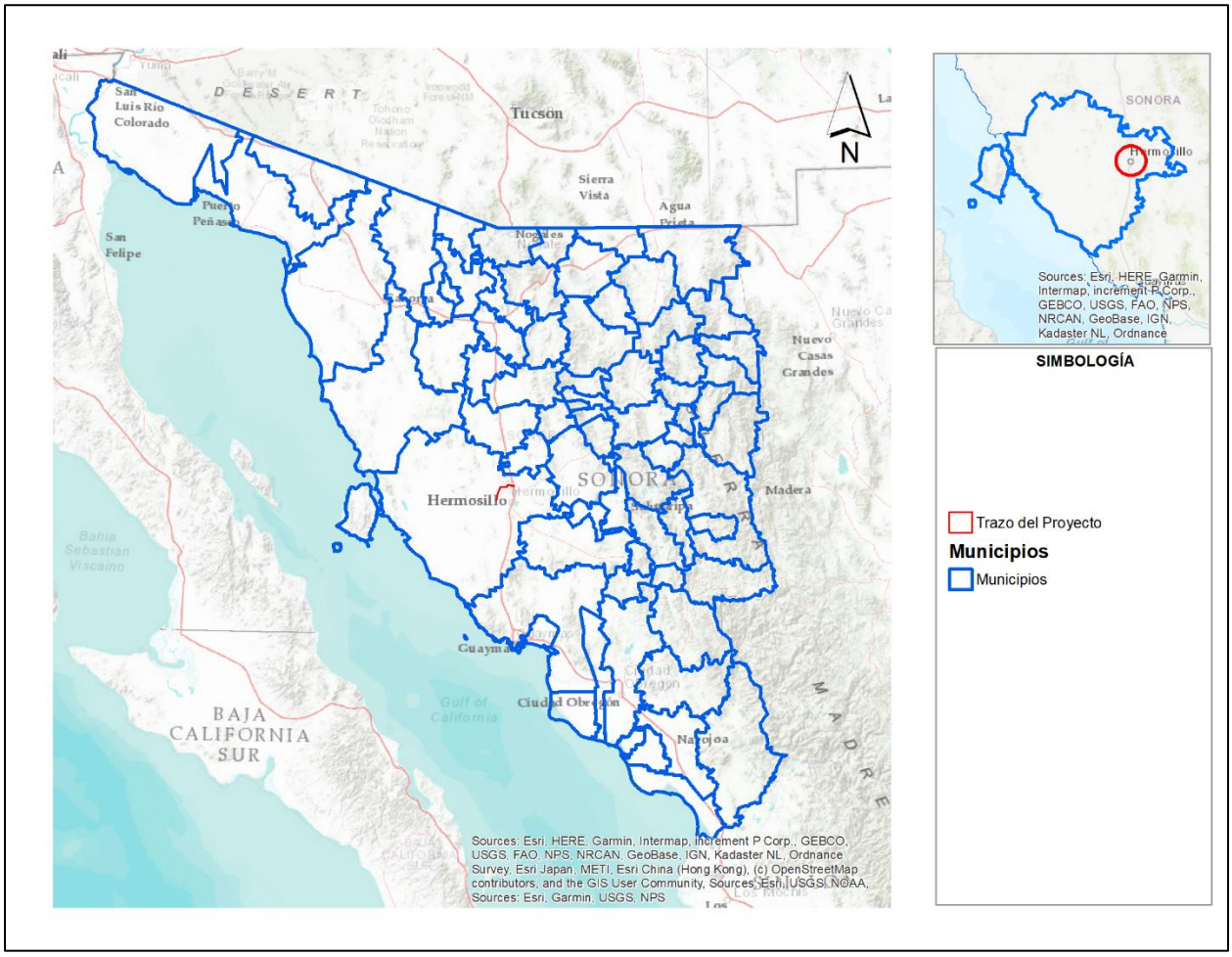


Figura III. 1 Macro localización del proyecto

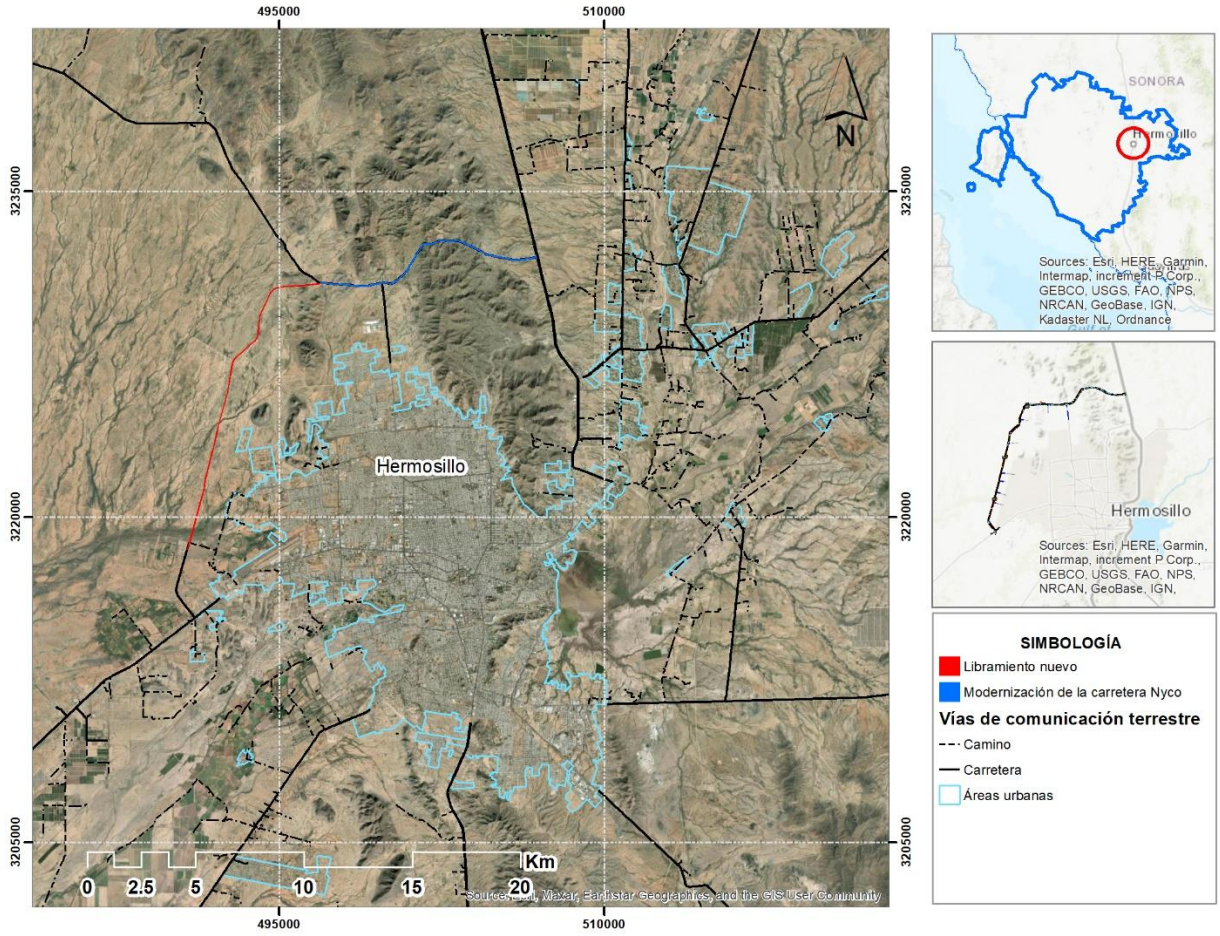


Figura III. 2 Micro localización del proyecto (Tramo nuevo y modernización de la carretera Nyco).

Tabla III. 1 Cadenamiento del proyecto (Tramo nuevo y modernización de la carretera Nyco).

PI #	ESTACIÓN	COORDENDA X	COORDENADA Y
BOP	0+000.000	506,890.23	3,231,992.67
1	0+363.267	506,537.39	3,231,906.26
2	1+117.629	505,785.45	3,231,841.60
3	1+802.469	505,112.92	3,231,976.57
4	2+109.553	504,812.80	3,232,041.59
5	2+427.399	504,501.08	3,232,103.68
6	2+775.905	504,208.10	3,232,297.59
7	3+292.534	503,740.38	3,232,517.69
8	3+540.559	503,515.21	3,232,621.68
9	3+796.405	503,280.81	3,232,724.24
10	4+145.557	502,928.88	3,232,715.59

11	4+674.775	502,400.34	3,232,743.25
12	4+964.920	502,130.89	3,232,628.88
13	5+163.255	501,940.66	3,232,572.27
14	5+465.518	501,637.69	3,232,570.23
15	6+039.913	501,302.23	3,232,073.77
16	6+951.482	500,831.25	3,231,293.28
17	7+321.304	500,571.14	3,231,029.51
18	7+559.890	500,388.46	3,230,875.93
19	7+810.069	500,175.61	3,230,744.19
20	8+226.292	499,751.95	3,230,796.04
21	9+093.869	498,898.15	3,230,634.23
22	9+637.747	498,354.79	3,230,672.47
23	10+477.027	497,517.60	3,230,731.60
24	10+894.630	497,102.63	3,230,778.47
25	11+599.174	496,401.34	3,230,700.50
26	13+310.618	494,694.40	3,230,576.32
27	14+681.269	494,078.81	3,229,281.60
28	15+709.991	493,995.25	3,228,253.96
29	17+226.574	492,842.66	3,227,233.67
30	18+690.516	492,598.81	3,225,774.17
31	20+518.723	492,124.14	3,224,008.57
32	21+432.216	491,925.22	3,223,116.99
33	22+884.242	491,557.55	3,221,712.28
34	23+384.057	491,492.05	3,221,216.59
35	25+558.420	490,918.52	3,219,118.98
36	25+858.420	490,829.95	3,218,832.35
37	26+130.551	490,753.89	3,218,571.07
38	26+200.000	490,734.53	3,218,504.37

Tabla III. 2 Vértices del Polígono del proyecto (Tramo nuevo y modernización de la carretera Nyco).

Vértice	Coord. X	Coord. Y	Vértice	Coord. X	Coord. Y	Vértice	Coord. X	Coord. Y
1	502920.4	3232743.0	201	500117.6	3230733.4	401	492914.6	3227313.6
2	502943.5	3232742.9	202	500102.7	3230733.4	402	492927.0	3227328.3
3	502966.6	3232743.4	203	500087.9	3230734.1	403	492939.9	3227342.7
4	503210.8	3232750.6	204	500073.1	3230735.6	404	492953.3	3227356.6
5	503226.0	3232750.6	205	499839.6	3230764.2	405	492967.1	3227370.1
6	503241.3	3232750.0	206	499820.8	3230766.1	406	492981.3	3227383.1
7	503256.4	3232748.6	207	499801.9	3230767.5	407	493809.4	3228116.1

8	503271.5	3232746.5	208	499782.9	3230768.1	408	493822.3	3228128.0
9	503286.5	3232743.6	209	499764.0	3230768.2	409	493834.9	3228140.2
10	503301.3	3232740.0	210	499745.0	3230767.6	410	493847.0	3228152.8
11	503315.9	3232735.8	211	499726.1	3230766.3	411	493858.8	3228165.8
12	503330.3	3232730.8	212	499707.3	3230764.4	412	493870.2	3228179.2
13	503344.5	3232725.1	213	499688.5	3230761.8	413	493881.1	3228192.9
14	503569.6	3232628.5	214	499669.8	3230758.6	414	493892.9	3228208.9
15	503589.1	3232620.0	215	498975.0	3230626.9	415	493904.1	3228225.3
16	503608.4	3232611.0	216	498956.1	3230623.6	416	493914.8	3228242.0
17	503752.3	3232543.0	217	498937.1	3230621.0	417	493924.8	3228259.2
18	504171.1	3232345.9	218	498918.0	3230619.0	418	493934.3	3228276.6
19	504190.7	3232336.3	219	498898.9	3230617.5	419	493943.1	3228294.5
20	504209.9	3232325.9	220	498879.7	3230616.7	420	493951.2	3228312.6
21	504228.8	3232314.9	221	498860.6	3230616.5	421	493958.7	3228331.0
22	504247.2	3232303.2	222	498841.4	3230617.0	422	493965.5	3228349.6
23	504421.3	3232187.9	223	498822.3	3230618.0	423	493971.7	3228368.5
24	504437.5	3232177.6	224	498034.5	3230674.0	424	493977.1	3228387.6
25	504454.0	3232167.8	225	497549.1	3230708.3	425	493981.9	3228406.9
26	504470.9	3232158.7	226	497529.6	3230710.3	426	493986.0	3228426.3
27	504488.1	3232150.1	227	497444.7	3230716.7	427	493989.4	3228445.9
28	504505.6	3232142.2	228	497332.7	3230731.7	428	493992.0	3228465.6
29	504523.3	3232134.9	229	497196.0	3230746.8	429	493994.0	3228485.4
30	504541.3	3232128.2	230	497177.9	3230747.7	430	494050.4	3229178.5
31	504559.5	3232122.2	231	497095.9	3230751.3	431	494052.3	3229198.4
32	504578.0	3232116.8	232	497066.1	3230750.7	432	494054.9	3229218.2
33	504596.6	3232112.0	233	497036.4	3230749.4	433	494058.2	3229237.9
34	504615.3	3232107.9	234	497006.8	3230747.3	434	494062.2	3229257.4
35	505429.0	3231945.9	235	496977.2	3230744.4	435	494066.8	3229276.8
36	505709.9	3231888.9	236	496425.2	3230683.0	436	494072.0	3229296.1
37	505729.0	3231885.4	237	496403.2	3230680.8	437	494077.6	3229314.3
38	505748.3	3231882.5	238	496381.0	3230679.0	438	494083.8	3229332.3
39	505767.6	3231880.4	239	496359.7	3230677.4	439	494090.6	3229350.1
40	505787.0	3231878.9	240	495028.5	3230580.6	440	494098.0	3229367.7
41	505806.4	3231878.1	241	495007.8	3230578.7	441	494105.9	3229385.1
42	505825.8	3231878.1	242	494987.1	3230576.0	442	494533.1	3230283.7
43	505845.3	3231878.7	243	494966.6	3230572.5	443	494541.7	3230301.0
44	505864.7	3231880.0	244	494946.2	3230568.3	444	494550.8	3230318.0
45	506498.7	3231934.5	245	494926.0	3230563.3	445	494560.5	3230334.7
46	506519.1	3231936.7	246	494906.0	3230557.6	446	494570.7	3230351.1
47	506539.4	3231939.6	247	494886.2	3230551.1	447	494581.5	3230367.1

48	506559.5	3231943.3	248	494866.7	3230543.8	448	494592.7	3230382.8
49	506579.5	3231947.7	249	494847.4	3230535.9	449	494604.5	3230398.1
50	506691.6	3231974.7	250	494828.5	3230527.2	450	494616.8	3230413.0
51	506798.4	3232010.0	251	494809.9	3230517.8	451	494629.2	3230427.1
52	506804.1	3232012.3	252	494791.7	3230507.7	452	494642.0	3230440.9
53	506809.6	3232015.3	253	494773.9	3230496.9	453	494655.3	3230454.2
54	506814.6	3232019.0	254	494756.5	3230485.5	454	494669.0	3230467.1
55	506819.2	3232023.3	255	494739.5	3230473.4	455	494683.0	3230479.5
56	506823.2	3232028.1	256	494723.0	3230460.7	456	494697.5	3230491.5
57	506826.5	3232033.4	257	494707.0	3230447.4	457	494712.4	3230503.1
58	506829.1	3232039.1	258	494691.5	3230433.5	458	494729.5	3230515.5
59	506831.1	3232045.0	259	494676.6	3230419.0	459	494747.1	3230527.3
60	506832.3	3232051.1	260	494662.2	3230404.0	460	494765.1	3230538.5
61	506832.7	3232057.4	261	494648.4	3230388.4	461	494783.5	3230549.0
62	506832.3	3232063.6	262	494635.1	3230372.3	462	494802.3	3230558.9
63	506831.1	3232069.7	263	494622.5	3230355.8	463	494821.4	3230568.0
64	506870.9	3231906.1	264	494610.5	3230338.8	464	494840.8	3230576.5
65	506869.1	3231911.9	265	494599.2	3230321.3	465	494860.5	3230584.3
66	506866.5	3231917.5	266	494588.5	3230303.4	466	494880.5	3230591.4
67	506863.3	3231922.7	267	494578.5	3230285.1	467	494900.7	3230597.8
68	506859.4	3231927.5	268	494569.2	3230266.5	468	494921.2	3230603.4
69	506855.0	3231931.8	269	494142.0	3229367.9	469	494941.8	3230608.3
70	506850.1	3231935.5	270	494133.7	3229349.6	470	494962.6	3230612.5
71	506844.8	3231938.6	271	494126.1	3229331.1	471	494983.5	3230615.9
72	506839.1	3231941.0	272	494119.2	3229312.3	472	495004.5	3230618.6
73	506833.2	3231942.7	273	494112.9	3229293.2	473	495025.6	3230620.5
74	506827.1	3231943.7	274	494107.3	3229273.9	474	496378.1	3230718.9
75	506821.0	3231943.8	275	494102.5	3229254.5	475	496399.5	3230720.6
76	506814.8	3231943.3	276	494098.4	3229234.8	476	496420.8	3230722.8
77	506703.3	3231926.1	277	494094.9	3229215.1	477	496555.9	3230737.8
78	506591.2	3231899.1	278	494092.2	3229195.2	478	496574.6	3230739.9
79	506573.7	3231895.1	279	494090.2	3229175.3	479	496847.7	3230770.3
80	506556.2	3231891.7	280	494033.9	3228482.1	480	496854.7	3230809.7
81	506538.5	3231888.9	281	494031.7	3228460.6	481	496861.2	3230807.9
82	506520.8	3231886.5	282	494028.8	3228439.2	482	496875.2	3230804.6
83	506503.0	3231884.7	283	494025.1	3228417.9	483	496889.4	3230802.1
84	505869.0	3231830.2	284	494020.6	3228396.8	484	496903.7	3230800.4
85	505847.8	3231828.8	285	494015.4	3228375.8	485	496918.0	3230799.4
86	505826.6	3231828.1	286	494009.4	3228355.1	486	497145.2	3230790.6
87	505805.3	3231828.2	287	494002.6	3228334.6	487	497173.8	3230789.1

88	505784.1	3231829.0	288	493995.1	3228314.3	488	497202.3	3230787.0
89	505763.0	3231830.6	289	493986.9	3228294.3	489	497230.8	3230784.1
90	505741.9	3231832.9	290	493977.9	3228274.7	490	497335.1	3230772.3
91	505720.9	3231836.0	291	493968.3	3228255.4	491	497534.7	3230760.1
92	505700.0	3231839.9	292	493957.9	3228236.4	492	497553.4	3230758.1
93	505419.2	3231896.8	293	493946.9	3228217.8	493	498038.0	3230723.9
94	504605.6	3232058.9	294	493935.2	3228199.7	494	498825.8	3230667.9
95	504585.1	3232063.4	295	493922.8	3228182.0	495	498845.8	3230666.8
96	504564.8	3232068.5	296	493909.8	3228164.7	496	498865.9	3230666.5
97	504544.6	3232074.4	297	493896.2	3228148.0	497	498886.0	3230667.0
98	504524.7	3232081.0	298	493882.0	3228131.7	498	498906.0	3230668.1
99	504505.1	3232088.3	299	493867.2	3228116.0	499	498926.0	3230670.0
100	504485.7	3232096.3	300	493851.8	3228100.8	500	498945.9	3230672.7
101	504466.6	3232105.0	301	493835.9	3228086.2	501	498965.7	3230676.0
102	504447.8	3232114.3	302	493007.8	3227353.2	502	499660.5	3230807.7
103	504429.4	3232124.3	303	492992.4	3227339.0	503	499680.9	3230811.2
104	504411.3	3232134.9	304	492977.6	3227324.3	504	499701.3	3230814.0
105	504393.7	3232146.2	305	492963.3	3227309.0	505	499721.9	3230816.1
106	504219.6	3232261.5	306	492949.6	3227293.2	506	499742.5	3230817.5
107	504202.7	3232272.2	307	492936.6	3227276.9	507	499763.2	3230818.2
108	504185.4	3232282.3	308	492924.1	3227260.1	508	499783.9	3230818.1
109	504167.8	3232291.8	309	492912.3	3227242.9	509	499804.5	3230817.4
110	504149.9	3232300.7	310	492901.1	3227225.2	510	499825.1	3230815.9
111	503731.0	3232497.8	311	492890.7	3227207.1	511	499845.7	3230813.8
112	503587.0	3232565.8	312	492880.9	3227188.6	512	500079.2	3230785.2
113	503568.5	3232574.4	313	492871.8	3227169.8	513	500092.5	3230783.9
114	503549.8	3232582.6	314	492863.4	3227150.6	514	500105.9	3230783.3
115	503324.7	3232679.2	315	492855.8	3227131.1	515	500119.3	3230783.4
116	503311.3	3232684.5	316	492848.9	3227111.4	516	500132.6	3230784.3
117	503297.7	3232689.1	317	492842.8	3227091.4	517	500145.9	3230785.8
118	503283.8	3232692.9	318	492837.4	3227071.2	518	500159.1	3230787.9
119	503269.7	3232696.0	319	492832.8	3227050.8	519	500172.2	3230790.8
120	503255.4	3232698.3	320	492829.0	3227030.3	520	500185.1	3230794.4
121	503241.1	3232699.9	321	492627.7	3225825.8	521	500197.8	3230798.6
122	503226.7	3232700.6	322	492622.7	3225797.9	522	500210.3	3230803.4
123	503212.3	3232700.6	323	492617.0	3225770.2	523	500222.5	3230809.0
124	502968.1	3232693.4	324	492610.7	3225742.6	524	500234.4	3230815.1
125	502943.9	3232692.9	325	492603.7	3225715.2	525	500246.0	3230821.8
126	502919.8	3232693.0	326	492518.5	3225398.3	526	500337.8	3230878.7
127	502895.7	3232693.5	327	492208.2	3224244.3	527	500354.4	3230889.4

128	502871.6	3232694.6	328	492149.9	3224027.2	528	500370.6	3230900.6
129	502416.0	3232718.9	329	492143.8	3224003.7	529	500386.3	3230912.5
130	502407.0	3232719.0	330	492138.3	3223980.1	530	500401.6	3230924.9
131	502398.0	3232718.5	331	491949.3	3223133.0	531	500511.5	3231017.3
132	502389.1	3232717.3	332	491944.5	3223112.3	532	500531.3	3231034.3
133	502380.2	3232715.5	333	491939.3	3223091.7	533	500550.6	3231051.7
134	502371.6	3232713.0	334	491731.9	3222299.4	534	500569.5	3231069.6
135	502363.1	3232709.9	335	491595.0	3221776.4	535	500588.1	3231088.0
136	502354.9	3232706.2	336	491588.2	3221749.1	536	500766.0	3231268.4
137	502295.5	3232676.5	337	491582.1	3221721.7	537	500778.7	3231281.7
138	502272.1	3232665.1	338	491576.7	3221694.2	538	500790.8	3231295.3
139	502248.4	3232654.3	339	491572.0	3221666.6	539	500802.5	3231309.4
140	502224.5	3232644.0	340	491568.0	3221638.8	540	500813.8	3231323.9
141	502187.2	3232628.3	341	491522.1	3221291.1	541	500824.5	3231338.7
142	502161.3	3232617.9	342	491518.4	3221265.2	542	500834.7	3231353.8
143	502135.2	3232608.0	343	491514.1	3221239.5	543	500844.4	3231369.3
144	502108.9	3232598.8	344	491509.2	3221213.9	544	501272.0	3232077.9
145	502082.4	3232590.2	345	491503.8	3221188.4	545	501282.8	3232095.5
146	502055.6	3232582.3	346	491497.8	3221163.0	546	501293.9	3232112.8
147	502005.0	3232567.9	347	491498.1	3221162.9	547	501305.4	3232130.0
148	501989.4	3232563.8	348	490854.2	3218807.9	548	501537.1	3232472.0
149	501973.6	3232560.3	349	490839.9	3218811.7	549	501553.7	3232495.8
150	501957.7	3232557.5	350	490838.1	3218812.2	550	501610.8	3232575.7
151	501941.7	3232555.3	351	490837.0	3218808.4	551	501616.1	3232582.6
152	501925.6	3232553.7	352	490766.9	3218567.3	552	501622.0	3232589.0
153	501909.5	3232552.8	353	490747.5	3218500.6	553	501628.4	3232594.8
154	501893.3	3232552.5	354	490721.0	3218508.3	554	501635.2	3232600.2
155	501708.0	3232553.2	355	490811.1	3218816.0	555	501642.4	3232604.9
156	501699.3	3232552.9	356	490812.1	3218819.2	556	501650.0	3232609.1
157	501690.7	3232551.8	357	490817.0	3218836.1	557	501658.0	3232612.6
158	501682.3	3232550.0	358	490899.2	3219124.3	558	501666.2	3232615.4
159	501674.0	3232547.4	359	491452.2	3221146.9	559	501674.6	3232617.6
160	501665.9	3232544.1	360	491459.3	3221173.9	560	501683.1	3232619.0
161	501658.2	3232540.2	361	491465.0	3221198.2	561	501691.7	3232619.8
162	501650.9	3232535.6	362	491470.2	3221222.5	562	501700.4	3232619.8
163	501643.9	3232530.4	363	491474.8	3221247.0	563	501709.0	3232619.1
164	501637.5	3232524.5	364	491478.9	3221271.6	564	501717.6	3232617.7
165	501631.6	3232518.2	365	491482.4	3221296.3	565	501756.0	3232609.9
166	501626.3	3232511.4	366	491528.4	3221644.0	566	501769.7	3232607.4
167	501594.4	3232466.8	367	491532.5	3221672.8	567	501783.5	3232605.4

168	501578.5	3232443.9	368	491537.4	3221701.4	568	501797.4	3232604.0
169	501346.7	3232101.9	369	491543.0	3221729.9	569	501811.3	3232603.1
170	501330.5	3232077.2	370	491549.3	3221758.3	570	501825.2	3232602.8
171	501314.9	3232052.1	371	491556.3	3221786.5	571	501893.5	3232602.5
172	500887.3	3231343.5	372	491692.8	3222307.9	572	501910.0	3232602.9
173	500876.6	3231326.6	373	491900.6	3223101.8	573	501926.5	3232604.0
174	500865.5	3231310.0	374	491905.6	3223121.7	574	501942.9	3232605.8
175	500853.8	3231293.8	375	491910.3	3223141.7	575	501959.2	3232608.5
176	500841.5	3231278.1	376	492099.2	3223988.8	576	501975.3	3232611.9
177	500828.7	3231262.7	377	492105.0	3224013.3	577	501991.3	3232616.0
178	500815.4	3231247.8	378	492111.2	3224037.6	578	502042.0	3232630.4
179	500801.6	3231233.3	379	492169.8	3224255.6	579	502067.5	3232638.0
180	500623.7	3231052.9	380	492482.0	3225416.7	580	502092.9	3232646.2
181	500604.3	3231033.7	381	492565.0	3225725.6	581	502118.1	3232655.0
182	500584.5	3231015.0	382	492571.8	3225752.1	582	502143.1	3232664.4
183	500564.3	3230996.8	383	492577.9	3225778.7	583	502167.9	3232674.5
184	500543.7	3230979.0	384	492583.4	3225805.5	584	502205.2	3232690.1
185	500433.8	3230886.6	385	492588.3	3225832.4	585	502228.1	3232700.0
186	500417.1	3230873.1	386	492789.5	3227036.9	586	502250.7	3232710.3
187	500399.9	3230860.1	387	492793.3	3227057.3	587	502273.1	3232721.2
188	500382.2	3230847.8	388	492797.8	3227077.5	588	502332.5	3232750.9
189	500364.2	3230836.2	389	492803.0	3227097.6	589	502342.6	3232755.6
190	500272.3	3230779.3	390	492808.9	3227117.5	590	502353.0	3232759.5
191	500259.5	3230771.8	391	492815.5	3227137.2	591	502363.7	3232762.8
192	500246.3	3230764.9	392	492822.7	3227156.7	592	502374.5	3232765.5
193	500232.8	3230758.7	393	492830.7	3227175.9	593	502385.4	3232767.4
194	500219.1	3230753.1	394	492839.3	3227194.7	594	502396.5	3232768.6
195	500205.1	3230748.2	395	492848.6	3227213.3	595	502407.6	3232769.1
196	500190.8	3230744.0	396	492858.5	3227231.6	596	502418.7	3232768.8
197	500176.4	3230740.5	397	492869.1	3227249.4	597	502874.2	3232744.5
198	500161.9	3230737.6	398	492880.2	3227266.9	598	502897.3	3232743.5
199	500147.2	3230735.5	399	492891.2	3227282.8			
200	500132.4	3230734.1	400	492902.6	3227298.4			

Para el presente apartado es importante destacar que, si bien se presentan las coordenadas completas del proyecto de modernización de la carretera Nyco y las de tramo de libramiento norponiente, la presente MIA analiza y evalúa el área correspondiente al Tramo del Libramiento Norponiente, esto derivado a que las actividades de modernización de la carretera Nyco se desarrollarán dentro del derecho de vía de la misma y no intervendrá áreas nuevas, por lo que

la caracterización y análisis ambiental se presentan únicamente para el tramo nuevo correspondiente al Libramiento Norponiente.

Considerando lo anterior, a continuación, se presentan los mapas y tablas correspondientes al Sistema Ambiental Regional (SAR), Área de Influencia AI) y Área del Proyecto (AP) de la zona a intervenir y objeto del presente instrumento.

III.1.1. Delimitación del sistema ambiental regional.

Metodología utilizada para la delimitación del Sistema Ambiental Regional

Para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) se consideró un enfoque técnico de carácter multivariable, orientado a definir una unidad territorial ambientalmente funcional, coherente con la naturaleza lineal del proyecto y con la escala de los procesos físicos, bióticos y antrópicos presentes en su entorno. La delimitación se realizó a partir de la integración de criterios hidrológicos, topográficos, fisiográficos, ecológicos, urbanos y de uso del suelo, con el propósito de establecer un marco espacial que permitiera analizar la interacción del proyecto con los componentes ambientales regionales, sin sobredimensionar el área de estudio respecto al alcance real de sus impactos.

Como criterio principal se consideró la dinámica hidrológica superficial, debido a que los escurrimientos constituyen uno de los mecanismos más relevantes de conexión entre el Área del Proyecto y su entorno. Para ello se analizaron las unidades de drenaje, la dirección preferente del flujo superficial, la presencia de cauces intermitentes, arroyos, bajadas naturales, zonas de concentración de escurrimientos y posibles puntos de descarga. La delimitación del SAR incorporó la lógica de cuenca y subcuenca hidrológica en la medida en que estos elementos permiten interpretar la posible propagación de impactos asociados a modificación del patrón de drenaje, incremento de escurrimientos, erosión, transporte de sedimentos y calidad del agua.

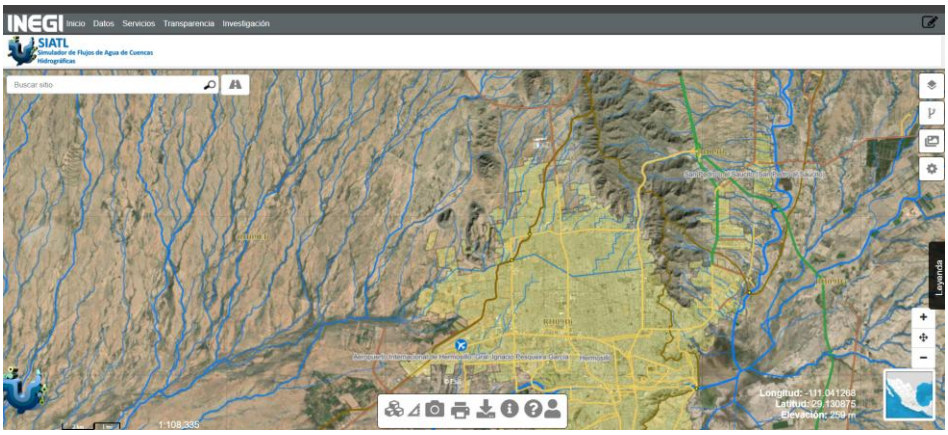


Figura III. 3 SIATL de INEGI para delimitación de escurrimientos y áreas de captación.

El relieve y la topografía también fueron utilizados como criterios de delimitación. Se consideraron divisorias topográficas, cambios de pendiente, lomeríos, planicies, bajadas, zonas de transición geomorfológica y áreas de acumulación, debido a que estos elementos condicionan la movilidad del agua, la susceptibilidad a erosión, el transporte de material sedimentario y la conectividad física entre unidades ambientales. Este análisis permitió identificar los límites naturales que estructuran el comportamiento del sistema y que resultan relevantes para evaluar la posible incidencia regional del proyecto.

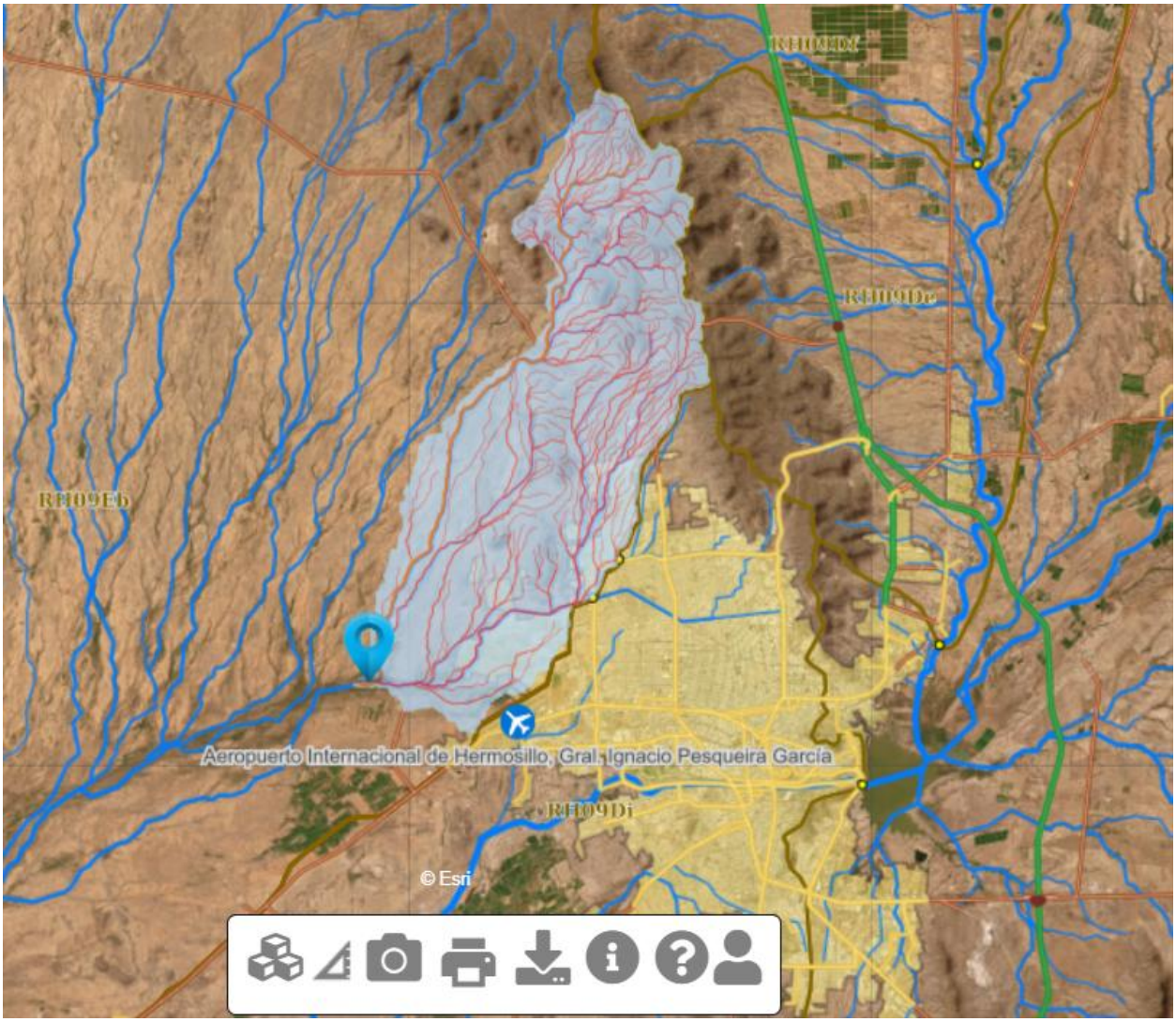


Figura III. 4 Delimitación de cuencas y escurrimientos para diferentes escenarios de delimitación del SAR.

Asimismo, se incorporó el análisis de vegetación y uso del suelo, considerando la distribución y continuidad de las coberturas naturales, áreas perturbadas, zonas con vegetación secundaria, caminos existentes, infraestructura y superficies con influencia urbana o periurbana. La vegetación fue considerada como un componente clave para la delimitación debido a su función

en la protección del suelo, regulación de escurrimientos, infiltración, hábitat para fauna, conectividad ecológica y calidad paisajística. Por ello, el SAR se definió procurando integrar las unidades de cobertura que mantienen relación funcional con el corredor del proyecto y que permiten valorar posibles efectos sobre continuidad vegetal, fragmentación local y funcionalidad ecológica.

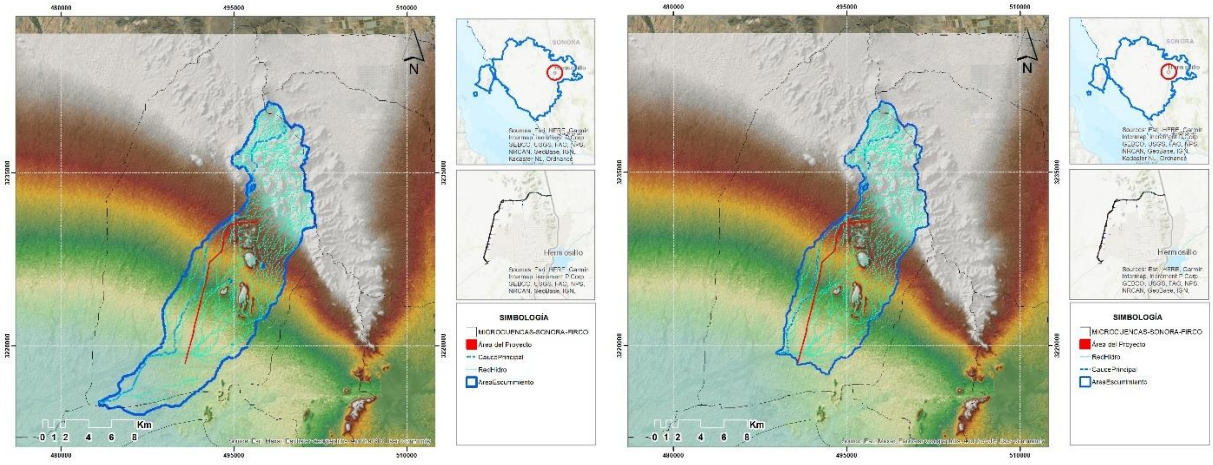


Figura III. 5 Ejemplo de escenarios analizados para delimitación del SAR.

La delimitación también consideró la relación del proyecto con el contexto urbano y territorial de Hermosillo. En este sentido, se analizaron límites urbanos, áreas de expansión, vialidades existentes, infraestructura regional, caminos, brechas y usos antrópicos que configuran el entorno del proyecto. Este criterio permitió reconocer que el libramiento se inserta en un espacio de transición entre zonas urbanas, periurbanas y áreas con cobertura natural o seminatural, por lo que el SAR debía reflejar tanto los procesos ambientales como las presiones territoriales preexistentes.

Adicionalmente, se evaluaron elementos de conectividad ecológica y territorial. Desde el punto de vista ambiental, se consideró la continuidad entre unidades de vegetación, cauces intermitentes, zonas de tránsito potencial de fauna y áreas con menor grado de perturbación. Desde el punto de vista territorial, se incorporaron vialidades, infraestructura y barreras físicas que delimitan o condicionan la dinámica del sistema. Esta integración permitió definir un SAR que no sólo responde a límites naturales, sino también a la configuración real del territorio donde interactúan componentes ambientales y actividades humanas.

La delimitación del SAR también tomó en cuenta la escala esperada de los impactos. Bajo este criterio, no todos los efectos identificados en el Área del Proyecto fueron considerados automáticamente como impactos regionales. Sólo se incorporaron como relevantes para el SAR aquellos procesos con capacidad de manifestarse más allá de la huella directa de intervención, tales como alteración de escurrimientos, erosión, transporte de sedimentos, pérdida de continuidad vegetal, perturbación de fauna, modificación paisajística y cambios en la funcionalidad territorial. Los impactos estrictamente locales, como compactación puntual,

remoción directa de vegetación o ruido temporal de maquinaria, fueron analizados principalmente en el Área del Proyecto y, en su caso, en el Área de Influencia.

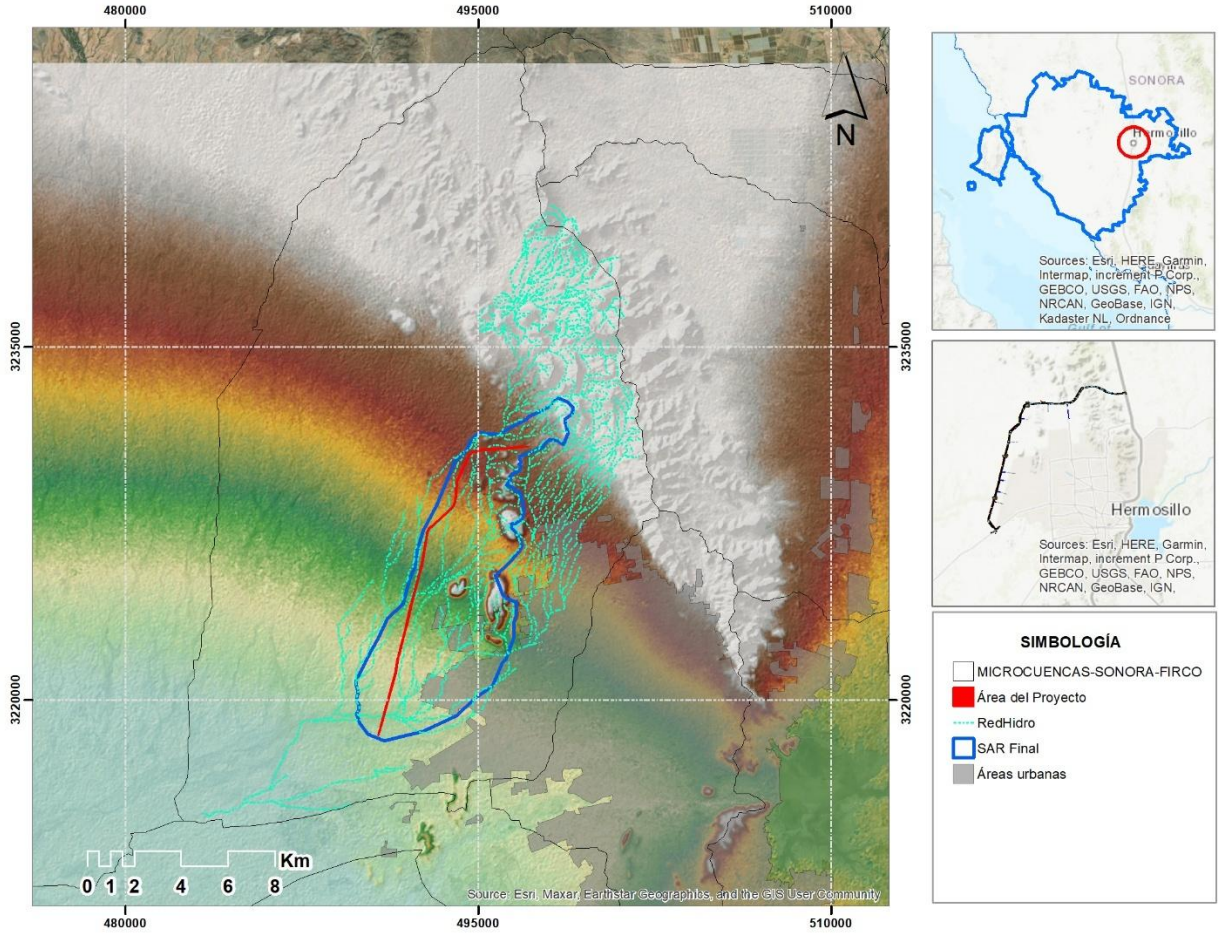


Figura III. 6 Integración de aspectos urbanos en la delimitación del SAR.

En conjunto, la delimitación del SAR se sustentó en la integración de criterios de cuenca hidrológica, dirección de escurrimientos, topografía, pendiente, fisiografía, vegetación, uso del suelo, límites urbanos, infraestructura existente, conectividad ecológica, paisaje y alcance potencial de los impactos. Esta aproximación permitió definir una unidad de análisis regional con coherencia ambiental y territorial, adecuada para caracterizar la línea base, evaluar impactos acumulativos y residuales, y establecer medidas orientadas a prevenir que los efectos locales del proyecto se amplifiquen hacia procesos de mayor escala.

De esta manera, el SAR quedó establecido como la unidad espacial de referencia para analizar la funcionalidad ambiental regional del proyecto, con una extensión total de **5,693.617 ha**. Su delimitación permitió contextualizar el Área del Proyecto y el Área de Influencia dentro de un sistema territorial más amplio, diferenciar impactos locales de impactos con posible expresión

regional, y proporcionar una base técnica para la caracterización ambiental, la evaluación de impactos y la definición de estrategias de prevención, mitigación y compensación.

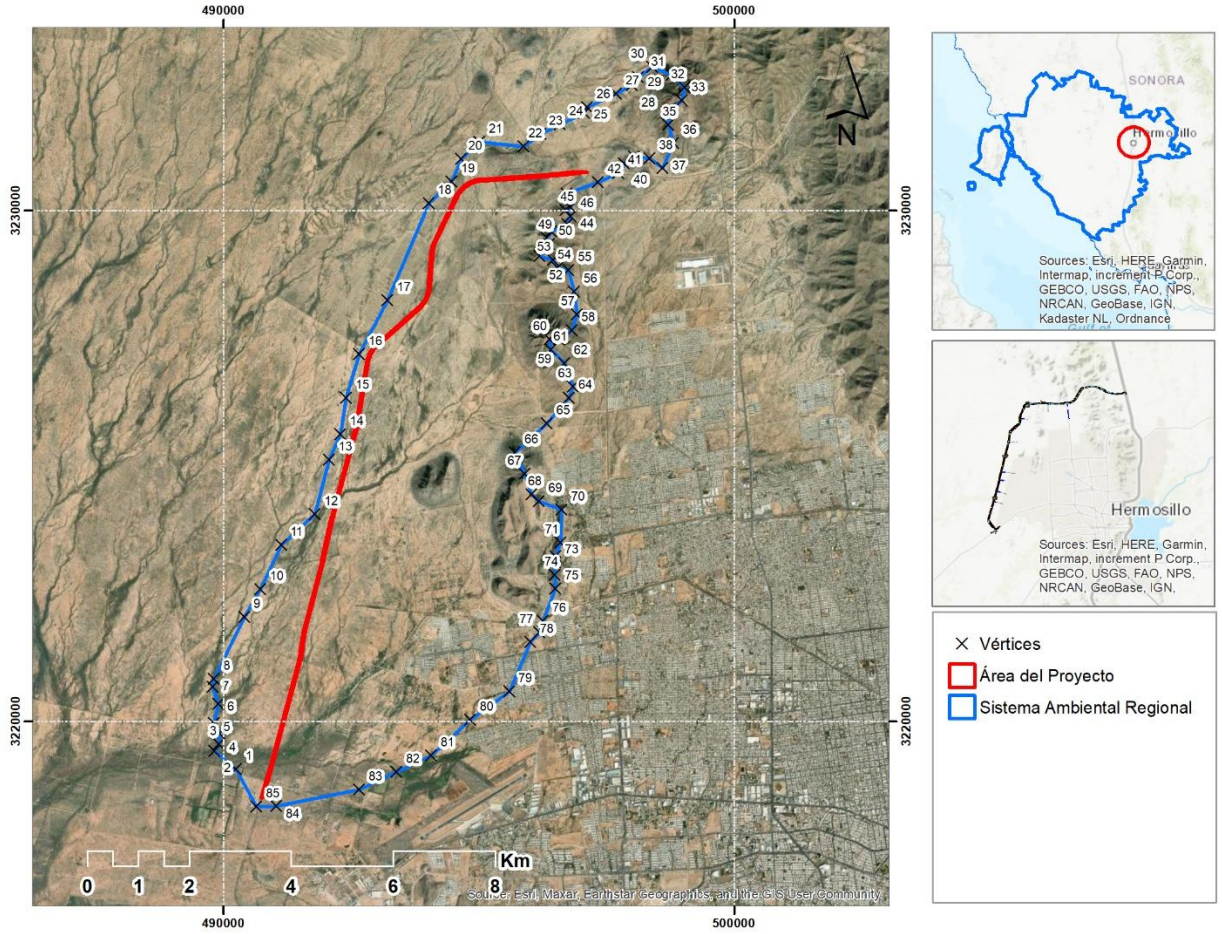


Figura III. 7 Mapa de ubicación del Sistema Ambiental Regional.

Tabla III. 3 Vértices del polígono del SAR en coordenadas UTM Zona 12 WGS84

VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y
1	490237.57	3219070.21	30	498395.04	3232814.79	59	496561.63	3227482.33
2	489815.16	3219420.71	31	498775.51	3232665.00	60	496387.88	3227479.33
3	489905.04	3219558.52	32	499027.15	3232419.35	61	496408.85	3227284.60
4	489917.02	3219768.22	33	498979.22	3232158.72	62	496669.48	3227014.99
5	489803.18	3219965.94	34	498691.62	3231934.04	63	496843.24	3226556.63
6	489887.06	3220343.41	35	498712.59	3231688.38	64	496763.57	3226334.88
7	489779.21	3220678.94	36	498808.46	3231325.90	65	496327.78	3225840.99
8	489803.18	3220828.72	37	498601.75	3230843.58	66	495704.84	3225271.45

9	490401.10	3222049.66	38	498341.12	3231026.32	67	495893.58	3224843.05
10	490720.68	3222587.13	39	498038.55	3231065.26	68	496028.39	3224444.62
11	491127.41	3223458.70	40	497840.83	3230924.46	69	496172.18	3224318.79
12	491783.38	3224061.16	41	497732.98	3230744.72	70	496621.55	3224151.03
13	492064.99	3225127.65	42	497329.42	3230560.07	71	496591.59	3223506.94
14	492286.67	3225627.94	43	496717.41	3230343.28	72	496492.73	3223240.32
15	492389.43	3226336.65	44	496792.31	3230070.67	73	496501.72	3223108.50
16	492646.17	3227193.88	45	496699.44	3230013.75	74	496486.74	3222871.84
17	493204.65	3228252.34	46	496801.29	3229896.91	75	496498.72	3222596.23
18	494012.23	3230148.56	47	496732.39	3229738.14	76	496256.06	3221967.12
19	494464.60	3230567.97	48	496417.84	3229597.34	77	496182.52	3221744.61
20	494653.33	3231014.34	49	496327.96	3229471.52	78	496010.41	3221553.70
21	495009.83	3231349.86	50	496372.90	3229351.68	79	495591.00	3220586.07
22	495875.60	3231262.98	51	496286.02	3229282.78	80	494824.09	3220037.84
23	496210.92	3231505.92	52	496184.17	3229112.02	81	494060.17	3219330.84
24	496582.60	3231697.37	53	496456.78	3229037.13	82	493378.97	3219013.69
25	497061.93	3231919.06	54	496543.66	3228881.35	83	492652.66	3218665.06
26	497121.84	3232026.90	55	496747.37	3228833.42	84	491025.93	3218344.42
27	497688.04	3232290.53	56	496864.21	3228414.01	85	490638.58	3218331.72
28	497996.61	3232461.29	57	496924.12	3227976.63			
29	498116.44	3232614.08	58	496816.27	3227662.07			

III.1.2. Delimitación del Área de Influencia.

Metodología utilizada para la delimitación del Área de Influencia

La delimitación del Área de Influencia (AI) del proyecto se realizó con base en un enfoque técnico de alcance espacial de impactos, considerando la naturaleza lineal de la obra carretera, la superficie de ocupación directa representada por el Área del Proyecto (AP), la presencia de vegetación natural y áreas perturbadas adyacentes, la dinámica de escurrimientos superficiales temporales, la susceptibilidad del suelo a procesos erosivos, la dispersión potencial de polvo, emisiones y ruido, así como la posible perturbación temporal sobre fauna terrestre durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Para efectos de esta MIA, el Área de Influencia se entendió como el espacio físico inmediato al Área del Proyecto donde podrían manifestarse impactos directos no ocupacionales e impactos indirectos de baja extensión espacial, sin alcanzar necesariamente una expresión regional. Bajo este criterio, el AI no se delimitó como una superficie arbitraria, sino como una franja técnica de análisis derivada de la interacción entre las obras del proyecto y los factores ambientales del entorno inmediato. Esta aproximación permitió diferenciar la superficie de ocupación directa del proyecto respecto de la zona donde podrían presentarse efectos por dispersión, perturbación, escurrimiento, erosión marginal, modificación visual o tránsito de maquinaria.

La delimitación del AI se sustentó en criterios de proyecto, ecológicos, hidrológicos, edáficos, atmosféricos, acústicos, faunísticos, paisajísticos y temporales. Estos criterios permitieron establecer una relación causal entre las actividades del proyecto y los posibles efectos ambientales fuera del AP, evitando tanto la subestimación de impactos en el entorno inmediato como la sobredelimitación de superficies del SAR que no recibirían efectos diferenciables atribuibles al proyecto.

Tabla III. 4 Criterios generales utilizados para la delimitación del AI

Criterio	Aplicación en el proyecto	Función dentro de la delimitación del AI
Criterio de ocupación física	Se identificó el polígono del Área del Proyecto, correspondiente a la superficie de intervención directa de las obras.	Permitió diferenciar el espacio donde ocurrirán los impactos por ocupación directa, desmonte, despalme, cortes, terracerías, obras de drenaje, pavimentación y obras complementarias.
Criterio de influencia inmediata	Se delimitó una franja exterior de 100 m alrededor del AP.	Permitió incorporar los efectos directos no ocupacionales que podrían manifestarse en el entorno inmediato, como polvo, ruido, tránsito de maquinaria, presencia humana, perturbación de fauna, erosión de borde y alteración visual.
Criterio atmosférico	Se consideró la posible dispersión de partículas, polvo fugitivo y emisiones derivadas de	Permitió establecer una distancia de análisis para impactos cuya intensidad disminuye progresivamente con la distancia respecto al frente de obra y al corredor vial.

	maquinaria, vehículos de carga y movimiento de tierras.	
Criterio acústico	Se consideró la generación de ruido y vibraciones durante las actividades de preparación del sitio, construcción y operación.	Permitió integrar la franja donde el ruido podría inducir molestias temporales, perturbación de fauna o modificación de la calidad ambiental local.
Criterio edáfico	Se consideró la exposición del suelo, compactación marginal, erosión de borde, deposición de partículas y arrastre de sedimentos.	Permitió evaluar cambios potenciales en estabilidad superficial, susceptibilidad erosiva y calidad del suelo en el entorno inmediato del proyecto.
Criterio hidrológico	Se consideraron escurrimientos superficiales temporales, obras de drenaje, zonas de concentración de flujo y áreas de descarga.	Permitió evaluar efectos locales sobre continuidad hidráulica, arrastre de sedimentos, erosión marginal y funcionamiento de obras hidráulicas.
Criterio biótico	Se consideraron unidades de vegetación colindante, hábitats inmediatos, movilidad de fauna, sitios de refugio y tránsito potencial.	Permitió valorar perturbación temporal, desplazamiento local, riesgo de atropellamiento, efecto de borde y conectividad ecológica inmediata.
Criterio paisajístico	Se consideró la visibilidad inmediata de la obra, la presencia de maquinaria, superficies expuestas, cortes, terraplenes, pavimento y señalamiento.	Permitió evaluar el cambio visual inmediato generado por la infraestructura y definir áreas donde podrían aplicarse medidas de integración paisajística.
Criterio temporal	Se diferenciaron impactos temporales de construcción e impactos permanentes de operación.	Permitió distinguir efectos reversibles de corto plazo, como polvo y ruido, de efectos permanentes asociados a la presencia de la infraestructura vial.

El criterio de ocupación física permitió establecer que el AP correspondió exclusivamente a la superficie donde se ejecutarían las obras y actividades materiales del proyecto. En esta unidad se concentrarían los impactos por intervención directa, incluyendo remoción de vegetación, despalme, compactación, excavaciones, cortes, terracerías, construcción del cuerpo carretero, obras de drenaje, pavimentación y señalamiento. Por ello, el AP no se consideró equivalente al AI, ya que el primero representa la huella directa de transformación, mientras que el segundo representa el entorno inmediato donde podrían manifestarse efectos derivados de la obra sin ocupación permanente.

A partir del límite exterior del AP se estableció un **buffer de 100 m** como Área de Influencia. Esta distancia se consideró adecuada para representar el alcance espacial razonable de los impactos directos no ocupacionales y de los efectos indirectos inmediatos del proyecto. La selección de

esta franja permitió incluir el entorno donde podrían presentarse con mayor probabilidad efectos como dispersión de polvos, emisiones de maquinaria, ruido, vibraciones, presencia de personal, tránsito de vehículos de obra, perturbación temporal de fauna, modificación visual inmediata, erosión marginal y posibles efectos locales sobre escurrimientos superficiales.

Desde el punto de vista hidrológico, el buffer de 100 m permitió incorporar los escurrimientos temporales, zonas de concentración de flujo y puntos de descarga más próximos al trazo. Esta escala fue suficiente para analizar la interacción inmediata entre la infraestructura carretera, las obras de drenaje y los terrenos colindantes, particularmente en relación con la continuidad hidráulica, el arrastre de sedimentos, la erosión en márgenes y la estabilidad de puntos de descarga. Los procesos hidrológicos de mayor alcance fueron reservados para el análisis del SAR, mientras que el AI permitió concentrar la evaluación en los efectos locales derivados del proyecto.

Desde el punto de vista edáfico, la franja de 100 m permitió evaluar la posible influencia del proyecto sobre suelos adyacentes al AP, particularmente por deposición de partículas, compactación marginal, erosión de borde, movimiento de materiales y escurrimientos inducidos desde la superficie de obra. Esta delimitación fue útil para diferenciar la pérdida de suelo por ocupación directa, correspondiente al AP, de los efectos secundarios que podrían presentarse en los márgenes inmediatos del proyecto.

En materia atmosférica y acústica, el AI permitió representar la zona de mayor probabilidad de exposición a polvos fugitivos, emisiones de combustión, ruido y vibraciones. Estos impactos tienden a disminuir con la distancia respecto al frente de obra o la fuente emisora, por lo que una franja de 100 m permitió incorporar el entorno inmediato donde podrían percibirse efectos temporales durante la preparación del sitio y construcción, así como efectos de menor intensidad durante la operación y mantenimiento.

En cuanto a vegetación y fauna, el AI permitió incorporar la vegetación colindante al AP, los hábitats inmediatos y las posibles áreas de tránsito de fauna terrestre. Esta delimitación permitió analizar la perturbación temporal por ruido, presencia humana, maquinaria y tránsito vehicular, así como el posible desplazamiento de fauna hacia áreas adyacentes durante las actividades de obra. También permitió identificar zonas donde podrían requerirse medidas como ahuyentamiento, rescate, señalización preventiva, control de velocidad, mantenimiento de obras de drenaje con función de paso y protección de vegetación colindante.

El criterio paisajístico permitió integrar la franja donde la obra sería visualmente perceptible con mayor intensidad. En esta escala se analizaron los cambios derivados de la apertura del trazo, remoción de vegetación, presencia de maquinaria, cortes, terraplenes, superficies expuestas, pavimentación, obras de drenaje y señalamiento. La delimitación de 100 m permitió reconocer el entorno visual inmediato y orientar medidas de limpieza, estabilización de taludes, revegetación, manejo de residuos e integración paisajística.

La delimitación del AI se realizó en ambiente de Sistemas de Información Geográfica, tomando como insumos el trazo georreferenciado del proyecto, el polígono del AP, el SAR, la red de drenaje superficial, la cartografía de vegetación, edafología, topografía e hidrología, así como la

información de campo disponible para flora, fauna y condiciones ambientales del sitio. A partir de estos insumos, se generó una franja de 100 m alrededor del AP, contenida dentro del SAR, con el propósito de representar el entorno inmediato donde podrían manifestarse impactos directos no ocupacionales e impactos indirectos de baja extensión.

Con base en lo anterior, el AI del proyecto quedó definido como una franja de **100 m alrededor del Área del Proyecto**. Esta regla espacial permitió distinguir entre la superficie de ocupación directa y el entorno inmediato de influencia ambiental, sin sustituir la función regional del SAR. En esta zona no se prevé ocupación física permanente fuera del AP; sin embargo, podrían manifestarse efectos temporales o localizados relacionados con polvo, ruido, tránsito de maquinaria, perturbación de fauna, modificación visual, erosión marginal, arrastre de sedimentos y funcionamiento de obras de drenaje.

Tabla III. 5 Criterios finales de delimitación del AI del proyecto

Unidad espacial	Definición metodológica	Distancia adoptada	Función en la evaluación ambiental
Área del Proyecto (AP)	Polígono de ocupación física directa correspondiente a las obras permanentes y temporales del proyecto.	Superficie de intervención directa del proyecto.	Superficie donde se concentran los impactos por ocupación, desmonte, despalme, terracerías, cortes, obras de drenaje, pavimentación y señalamiento.
Área de Influencia (AI)	Franja exterior inmediata al AP donde pueden manifestarse impactos directos no ocupacionales e impactos indirectos de baja extensión.	Buffer de 100 m alrededor del AP.	Zona de análisis para polvo, ruido, emisiones, tránsito de maquinaria, perturbación de fauna, erosión marginal, escurrimientos locales, arrastre de sedimentos y efecto visual inmediato.
Sistema Ambiental Regional (SAR)	Unidad regional de referencia que contiene al AP y al AI.	Polígono regional delimitado con criterios hidrológicos, topográficos, ecológicos, urbanos y territoriales.	Marco espacial para evaluar procesos regionales, impactos acumulativos, residuales y funcionalidad ambiental del sistema.

La comparación espacial entre el AP, AI y SAR permitió diferenciar la escala de intervención directa respecto al alcance inmediato de los impactos y al marco regional de análisis. Esta diferenciación resultó fundamental para evitar que los impactos propios de la ocupación física fueran atribuidos indebidamente al AI o al SAR, y para concentrar la evaluación regional sólo en aquellos procesos con capacidad real de propagarse o acumularse más allá del entorno inmediato del proyecto.

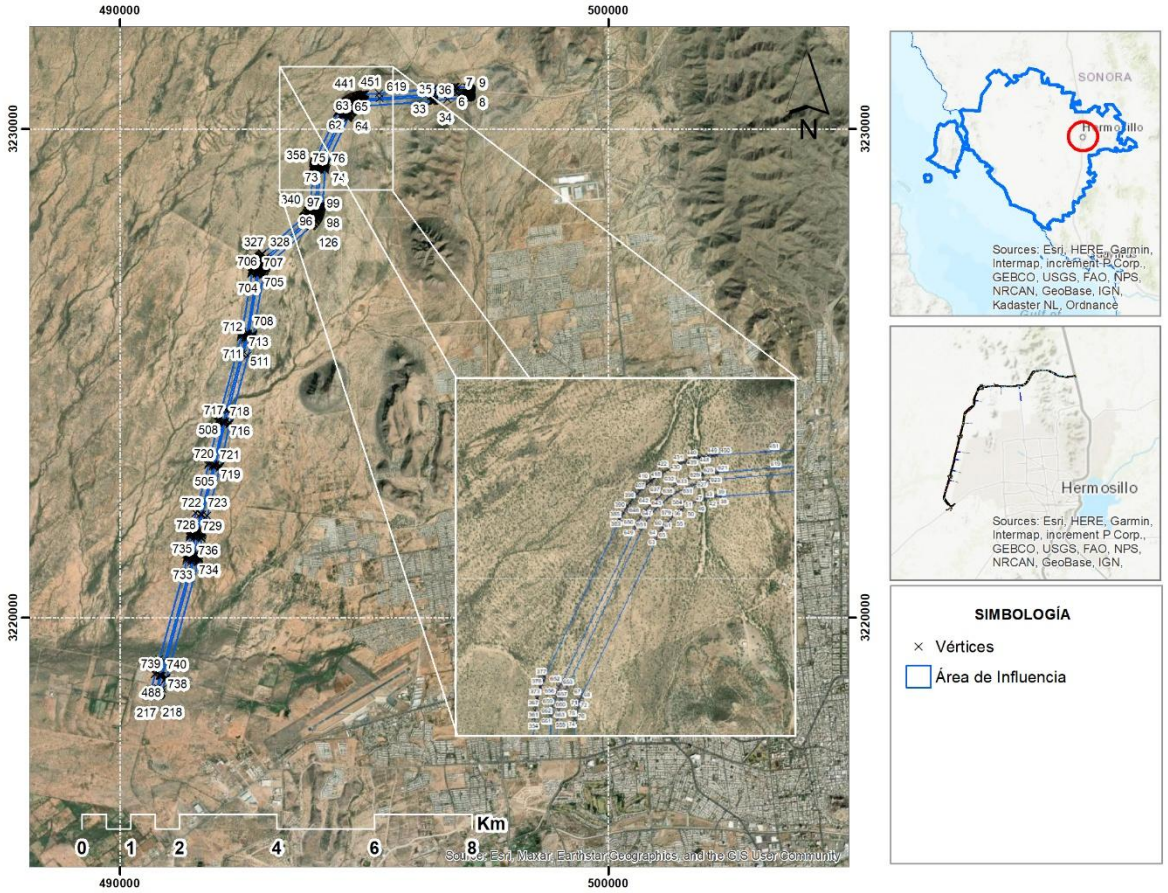


Figura III. 8 Mapa de ubicación del Área de Influencia.

Tabla III. 6 Vértices del polígono del AI en coordenadas UTM Zona 12 WGS84

VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y
1	497207.29	3230772.22	248	491380.08	3221287.20	495	491568.01	3221638.78
2	497208.30	3230763.58	249	491383.34	3221309.95	496	491572.03	3221666.55
3	497208.56	3230754.88	250	491429.22	3221657.12	497	491576.75	3221694.21
4	497208.41	3230749.96	251	491429.39	3221658.36	498	491582.15	3221721.75
5	497208.29	3230747.22	252	491433.55	3221687.12	499	491588.23	3221749.14
6	497207.58	3230738.52	253	491433.94	3221689.58	500	491595.00	3221776.37
7	497206.11	3230729.91	254	491438.82	3221718.22	501	491683.82	3222115.71
8	497203.90	3230721.46	255	491439.01	3221719.28	502	491684.20	3222117.18
9	497200.95	3230713.24	256	491439.27	3221720.67	503	491939.27	3223091.70
10	497197.30	3230705.31	257	491444.87	3221749.19	504	491944.47	3223112.32
11	497192.96	3230697.73	258	491445.38	3221751.63	505	491949.29	3223133.03
12	497187.98	3230690.56	259	491451.68	3221779.99	506	492138.28	3223980.10

13	497182.39	3230683.85	260	491452.25	3221782.42	507	492143.82	3224003.73
14	497176.24	3230677.66	261	491459.25	3221810.62	508	492149.87	3224027.23
15	497169.56	3230672.03	262	491459.56	3221811.82	509	492208.11	3224243.88
16	497162.42	3230667.00	263	491547.92	3222149.39	510	492208.24	3224244.34
17	497154.86	3230662.62	264	491548.33	3222150.95	511	492518.47	3225398.30
18	497146.96	3230658.92	265	491803.72	3223126.70	512	492603.67	3225715.22
19	497138.75	3230655.92	266	491808.41	3223145.30	513	492610.68	3225742.63
20	497130.32	3230653.66	267	491812.75	3223163.96	514	492617.03	3225770.21
21	497121.72	3230652.14	268	492001.64	3224010.59	515	492622.71	3225797.93
22	497113.02	3230651.37	269	492001.88	3224011.64	516	492627.71	3225825.78
23	497108.47	3230651.27	270	492007.62	3224036.11	517	492828.96	3227030.26
24	497096.67	3230651.28	271	492008.13	3224038.20	518	492832.79	3227050.81
25	497069.29	3230650.78	272	492014.40	3224062.54	519	492837.40	3227071.21
26	497042.23	3230649.57	273	492014.67	3224063.58	520	492842.78	3227091.41
27	497015.21	3230647.64	274	492073.15	3224281.12	521	492848.91	3227111.40
28	496987.60	3230644.94	275	492073.28	3224281.58	522	492855.80	3227131.14
29	496708.73	3230613.94	276	492385.44	3225442.70	523	492863.43	3227150.61
30	496436.30	3230583.65	277	492468.31	3225750.98	524	492871.79	3227169.77
31	496435.35	3230583.55	278	492474.64	3225775.69	525	492880.87	3227188.61
32	496413.25	3230581.31	279	492480.22	3225799.95	526	492890.65	3227207.08
33	496411.36	3230581.13	280	492485.22	3225824.35	527	492901.13	3227225.18
34	496389.22	3230579.31	281	492489.72	3225849.45	528	492912.28	3227242.86
35	496388.27	3230579.24	282	492690.87	3227053.33	529	492924.09	3227260.12
36	496367.00	3230577.69	283	492691.14	3227054.88	530	492936.55	3227276.91
37	495036.70	3230480.91	284	492694.95	3227075.47	531	492949.63	3227293.22
38	495018.78	3230479.26	285	492695.65	3227078.90	532	492963.32	3227309.02
39	495001.87	3230477.07	286	492700.14	3227099.17	533	492977.60	3227324.30
40	494985.05	3230474.24	287	492700.96	3227102.58	534	492992.45	3227339.02
41	494968.35	3230470.78	288	492706.16	3227122.68	535	493007.84	3227353.17
42	494951.79	3230466.69	289	492706.58	3227124.24	536	493835.89	3228086.18
43	494935.40	3230461.98	290	492707.09	3227126.05	537	493851.80	3228100.79
44	494919.20	3230456.66	291	492712.99	3227145.96	538	493867.16	3228115.97
45	494903.21	3230450.73	292	492714.05	3227149.30	539	493881.97	3228131.70
46	494887.45	3230444.20	293	492720.64	3227168.98	540	493896.19	3228147.96
47	494871.95	3230437.09	294	492721.81	3227172.28	541	493909.81	3228164.72
48	494856.73	3230429.39	295	492729.10	3227191.77	542	493922.81	3228181.97
49	494841.81	3230421.13	296	492730.37	3227194.99	543	493935.18	3228199.69
50	494827.21	3230412.31	297	492738.33	3227214.16	544	493946.89	3228217.84
51	494812.96	3230402.96	298	492739.72	3227217.37	545	493957.93	3228236.40
52	494799.06	3230393.06	299	492748.34	3227236.26	546	493968.29	3228255.36

53	494785.55	3230382.66	300	492749.22	3227238.13	547	493977.95	3228274.68
54	494772.44	3230371.75	301	492749.85	3227239.42	548	493986.90	3228294.34
55	494759.75	3230360.36	302	492759.13	3227257.99	549	493995.13	3228314.31
56	494747.50	3230348.49	303	492760.75	3227261.10	550	494002.62	3228334.57
57	494735.70	3230336.18	304	492770.67	3227279.34	551	494009.38	3228355.09
58	494724.37	3230323.43	305	492772.40	3227282.38	552	494015.38	3228375.84
59	494713.54	3230310.26	306	492783.09	3227300.49	553	494020.62	3228396.80
60	494703.20	3230296.69	307	492784.78	3227303.25	554	494025.09	3228417.93
61	494693.39	3230282.74	308	492795.96	3227320.75	555	494028.80	3228439.21
62	494684.10	3230268.44	309	492797.82	3227323.56	556	494031.72	3228460.61
63	494675.36	3230253.79	310	492808.75	3227339.47	557	494033.86	3228482.11
64	494667.18	3230238.83	311	492810.27	3227341.62	558	494090.23	3229175.26
65	494659.15	3230222.72	312	492810.64	3227342.13	559	494092.21	3229195.22
66	494232.68	3229325.76	313	492822.09	3227357.67	560	494094.92	3229215.09
67	494225.52	3229309.98	314	492824.06	3227360.26	561	494098.35	3229234.85
68	494219.29	3229294.78	315	492836.00	3227375.43	562	494102.50	3229254.47
69	494213.61	3229279.37	316	492838.06	3227377.95	563	494107.35	3229273.93
70	494208.49	3229263.76	317	492850.49	3227392.72	564	494112.90	3229293.20
71	494203.94	3229247.98	318	492851.69	3227394.12	565	494119.15	3229312.25
72	494199.96	3229232.04	319	492852.63	3227395.18	566	494126.09	3229331.07
73	494196.57	3229215.97	320	492865.53	3227409.53	567	494133.70	3229349.62
74	494193.76	3229199.78	321	492867.75	3227411.92	568	494141.98	3229367.89
75	494191.54	3229183.50	322	492881.12	3227425.85	569	494569.24	3230266.51
76	494189.82	3229166.25	323	492883.41	3227428.16	570	494578.54	3230285.15
77	494133.53	3228474.00	324	492897.22	3227441.65	571	494588.52	3230303.41
78	494133.46	3228473.15	325	492897.97	3227442.37	572	494599.19	3230321.29
79	494133.37	3228472.19	326	492899.59	3227443.88	573	494610.53	3230338.76
80	494131.23	3228450.70	327	492913.83	3227456.91	574	494622.51	3230355.79
81	494130.80	3228447.08	328	492915.04	3227458.00	575	494635.12	3230372.35
82	494127.88	3228425.67	329	493742.50	3228190.48	576	494648.36	3230388.43
83	494127.32	3228422.08	330	493753.68	3228200.70	577	494662.18	3230403.99
84	494123.62	3228400.79	331	493763.98	3228210.73	578	494676.58	3230419.03
85	494123.49	3228400.07	332	493773.94	3228221.07	579	494691.54	3230433.51
86	494122.93	3228397.22	333	493783.58	3228231.72	580	494707.03	3230447.42
87	494118.45	3228376.08	334	493792.87	3228242.68	581	494723.04	3230460.74
88	494117.63	3228372.53	335	493801.74	3228253.84	582	494739.54	3230473.44
89	494112.39	3228351.58	336	493811.50	3228266.99	583	494756.50	3230485.51
90	494111.78	3228349.24	337	493820.71	3228280.40	584	494773.90	3230496.94
91	494111.44	3228348.06	338	493829.44	3228294.13	585	494791.72	3230507.71
92	494105.44	3228327.31	339	493837.67	3228308.17	586	494809.94	3230517.79

93	494104.37	3228323.83	340	493845.38	3228322.50	587	494828.52	3230527.18
94	494097.61	3228303.31	341	493852.58	3228337.09	588	494847.44	3230535.87
95	494096.41	3228299.87	342	493859.25	3228351.93	589	494866.68	3230543.84
96	494088.83	3228279.39	343	493865.39	3228367.00	590	494886.20	3230551.07
97	494087.59	3228276.22	344	493870.97	3228382.28	591	494905.98	3230557.57
98	494079.36	3228256.25	345	493876.01	3228397.75	592	494925.99	3230563.32
99	494077.91	3228252.90	346	493880.49	3228413.39	593	494946.21	3230568.31
100	494068.96	3228233.24	347	493884.40	3228429.19	594	494966.59	3230572.54
101	494068.05	3228231.29	348	493887.74	3228445.11	595	494987.13	3230575.99
102	494067.39	3228229.96	349	493890.51	3228461.14	596	495007.77	3230578.67
103	494057.73	3228210.64	350	493892.70	3228477.27	597	495028.51	3230580.58
104	494056.04	3228207.41	351	493894.40	3228494.35	598	496359.75	3230677.42
105	494045.68	3228188.45	352	493950.69	3229186.61	599	496381.01	3230678.97
106	494043.88	3228185.29	353	493950.76	3229187.47	600	496403.15	3230680.79
107	494032.79	3228166.63	354	493950.84	3229188.29	601	496425.25	3230683.04
108	494030.92	3228163.62	355	493952.79	3229208.15	602	496712.29	3230714.95
109	494019.21	3228145.47	356	493953.18	3229211.50	603	496977.21	3230744.40
110	494017.18	3228142.45	357	493955.80	3229231.29	604	497006.79	3230747.30
111	494004.81	3228124.73	358	493956.30	3229234.62	605	497036.44	3230749.41
112	494003.72	3228123.19	359	493959.58	3229254.31	606	497066.14	3230750.74
113	494002.67	3228121.79	360	493959.82	3229255.71	607	497095.77	3230751.28
114	493989.67	3228104.54	361	493960.19	3229257.62	608	497096.75	3230751.28
115	493987.43	3228101.67	362	493964.14	3229277.19	609	497108.53	3230751.27
116	493973.81	3228084.90	363	493964.86	3229280.48	610	497108.60	3230756.19
117	493971.48	3228082.14	364	493969.46	3229299.90	611	496909.62	3230759.52
118	493957.24	3228065.86	365	493970.29	3229303.17	612	496855.26	3230771.09
119	493954.79	3228063.16	366	493975.58	3229322.57	613	496847.74	3230770.26
120	493939.98	3228047.43	367	493976.46	3229325.59	614	496807.12	3230765.74
121	493937.44	3228044.82	368	493982.08	3229343.79	615	496574.58	3230739.89
122	493922.07	3228029.64	369	493983.08	3229346.85	616	496420.83	3230722.79
123	493920.90	3228028.51	370	493989.27	3229364.86	617	496399.49	3230720.63
124	493919.43	3228027.13	371	493990.29	3229367.68	618	496378.11	3230718.87
125	493903.52	3228012.52	372	493997.14	3229385.70	619	495309.70	3230641.14
126	493902.17	3228011.30	373	493998.33	3229388.68	620	495025.60	3230620.47
127	493074.83	3227278.92	374	494005.68	3229406.26	621	495004.50	3230618.56
128	493061.53	3227266.69	375	494006.96	3229409.21	622	494983.47	3230615.89
129	493049.37	3227254.63	376	494014.87	3229426.54	623	494962.56	3230612.47
130	493037.67	3227242.12	377	494015.54	3229428.00	624	494941.78	3230608.31
131	493026.46	3227229.17	378	494442.91	3230326.85	625	494921.16	3230603.40
132	493015.74	3227215.81	379	494443.52	3230328.09	626	494900.73	3230597.77

133	493005.54	3227202.06	380	494452.09	3230345.39	627	494880.51	3230591.40
134	492995.86	3227187.92	381	494453.58	3230348.28	628	494860.54	3230584.32
135	492986.73	3227173.44	382	494462.71	3230365.29	629	494840.83	3230576.53
136	492978.15	3227158.62	383	494464.30	3230368.14	630	494821.41	3230568.04
137	492970.13	3227143.48	384	494473.98	3230384.84	631	494802.30	3230558.86
138	492962.69	3227128.05	385	494474.66	3230385.99	632	494783.54	3230549.00
139	492955.85	3227112.36	386	494475.66	3230387.63	633	494765.14	3230538.48
140	492949.60	3227096.41	387	494485.88	3230404.01	634	494747.13	3230527.31
141	492943.95	3227080.24	388	494487.64	3230406.74	635	494729.53	3230515.50
142	492938.93	3227063.87	389	494498.39	3230422.78	636	494712.37	3230503.08
143	492934.52	3227047.32	390	494500.25	3230425.45	637	494697.52	3230491.54
144	492930.75	3227030.61	391	494511.67	3230441.35	638	494683.04	3230479.54
145	492927.43	3227012.84	392	494513.45	3230443.74	639	494668.95	3230467.09
146	492726.34	3225809.30	393	494525.22	3230459.05	640	494655.27	3230454.20
147	492726.13	3225808.10	394	494527.24	3230461.60	641	494641.99	3230440.88
148	492721.12	3225780.16	395	494539.50	3230476.51	642	494629.15	3230427.14
149	492720.68	3225777.87	396	494541.51	3230478.88	643	494616.75	3230413.01
150	492715.00	3225750.15	397	494553.98	3230493.09	644	494604.49	3230398.10
151	492714.48	3225747.78	398	494556.11	3230495.44	645	494592.73	3230382.79
152	492708.14	3225720.20	399	494568.95	3230509.18	646	494581.46	3230367.11
153	492707.56	3225717.84	400	494571.15	3230511.46	647	494570.72	3230351.08
154	492700.55	3225690.43	401	494584.43	3230524.78	648	494560.50	3230334.70
155	492700.24	3225689.26	402	494586.16	3230526.48	649	494550.82	3230318.00
156	492615.04	3225372.34	403	494586.70	3230526.99	650	494541.69	3230300.99
157	492304.81	3224218.37	404	494600.39	3230539.88	651	494533.12	3230283.69
158	492304.68	3224217.91	405	494602.73	3230542.02	652	494105.86	3229385.06
159	492246.58	3224001.80	406	494616.82	3230554.47	653	494097.95	3229367.72
160	492240.93	3223979.85	407	494619.23	3230556.53	654	494090.61	3229350.14
161	492235.77	3223957.81	408	494633.70	3230568.53	655	494083.83	3229332.33
162	492046.89	3223111.26	409	494635.17	3230569.72	656	494077.64	3229314.32
163	492046.69	3223110.37	410	494636.17	3230570.52	657	494072.02	3229296.11
164	492041.87	3223089.66	411	494651.02	3230582.05	658	494066.77	3229276.85
165	492041.44	3223087.88	412	494653.72	3230584.08	659	494062.16	3229257.42
166	492036.24	3223067.26	413	494670.89	3230596.50	660	494058.22	3229237.85
167	492036.02	3223066.38	414	494673.82	3230598.55	661	494054.93	3229218.16
168	491780.94	3222091.86	415	494691.42	3230610.36	662	494052.31	3229198.37
169	491780.56	3222090.39	416	494692.04	3230610.77	663	494050.36	3229178.50
170	491691.90	3221751.66	417	494694.42	3230612.29	664	493993.99	3228485.35
171	491685.58	3221726.24	418	494712.44	3230623.46	665	493992.03	3228465.59
172	491680.04	3221701.28	419	494715.51	3230625.29	666	493989.36	3228445.90

173	491675.12	3221676.19	420	494733.90	3230635.81	667	493985.98	3228426.33
174	491670.82	3221650.98	421	494736.16	3230637.06	668	493981.90	3228406.89
175	491667.07	3221625.06	422	494737.04	3230637.53	669	493977.12	3228387.61
176	491621.20	3221277.96	423	494755.80	3230647.39	670	493971.66	3228368.51
177	491621.05	3221276.86	424	494758.99	3230648.99	671	493965.51	3228349.62
178	491617.39	3221251.34	425	494778.10	3230658.17	672	493958.69	3228330.97
179	491617.05	3221249.15	426	494781.35	3230659.66	673	493951.20	3228312.57
180	491612.83	3221223.71	427	494800.76	3230668.15	674	493943.06	3228294.45
181	491612.57	3221222.24	428	494801.52	3230668.48	675	493934.27	3228276.64
182	491612.44	3221221.54	429	494804.06	3230669.53	676	493924.84	3228259.15
183	491607.65	3221196.20	430	494823.77	3230677.32	677	493914.80	3228242.02
184	491607.22	3221194.03	431	494827.12	3230678.57	678	493904.15	3228225.25
185	491601.87	3221168.81	432	494847.10	3230685.65	679	493892.90	3228208.88
186	491601.67	3221167.87	433	494849.61	3230686.51	680	493881.07	3228192.92
187	491595.76	3221141.23	434	494850.49	3230686.79	681	493870.15	3228179.20
188	491594.59	3221136.52	435	494870.70	3230693.15	682	493858.81	3228165.83
189	490950.79	3218781.98	436	494874.13	3230694.16	683	493847.05	3228152.82
190	490950.62	3218781.38	437	494894.56	3230699.80	684	493834.88	3228140.19
191	490948.01	3218773.24	438	494898.02	3230700.69	685	493822.32	3228127.96
192	490944.71	3218765.35	439	494918.64	3230705.59	686	493809.37	3228116.13
193	490940.75	3218757.78	440	494919.52	3230705.80	687	492981.32	3227383.12
194	490936.14	3218750.57	441	494922.13	3230706.36	688	492967.08	3227370.09
195	490930.93	3218743.80	442	494942.91	3230710.52	689	492953.27	3227356.61
196	490925.16	3218737.49	443	494946.43	3230711.16	690	492939.90	3227342.68
197	490918.86	3218731.71	444	494967.34	3230714.58	691	492926.99	3227328.32
198	490862.88	3218539.40	445	494970.05	3230714.98	692	492914.56	3227313.55
199	490843.53	3218472.73	446	494970.88	3230715.09	693	492902.62	3227298.39
200	490840.74	3218464.47	447	494991.91	3230717.76	694	492891.17	3227282.84
201	490837.23	3218456.48	448	494995.46	3230718.15	695	492880.24	3227266.93
202	490833.04	3218448.82	449	495016.57	3230720.06	696	492869.07	3227249.43
203	490828.21	3218441.56	450	495018.35	3230720.21	697	492858.51	3227231.55
204	490822.75	3218434.76	451	495302.44	3230740.87	698	492848.59	3227213.31
205	490816.73	3218428.45	452	496370.38	3230818.57	699	492839.32	3227194.74
206	490810.17	3218422.69	453	496390.33	3230820.21	700	492830.70	3227175.85
207	490803.15	3218417.52	454	496410.26	3230822.23	701	492822.74	3227156.67
208	490795.69	3218412.99	455	496563.53	3230839.27	702	492815.46	3227137.23
209	490787.87	3218409.12	456	496707.66	3230855.30	703	492808.87	3227117.54
210	490779.75	3218405.95	457	496759.95	3230861.11	704	492802.97	3227097.64
211	490771.37	3218403.50	458	496796.07	3230865.13	705	492797.77	3227077.54
212	490762.82	3218401.79	459	496836.68	3230869.64	706	492793.28	3227057.27

213	490754.15	3218400.83	460	496844.21	3230870.48	707	492789.50	3227036.85
214	490745.43	3218400.63	461	496852.20	3230871.05	708	492588.26	3225832.37
215	490736.72	3218401.19	462	496860.21	3230870.97	709	492583.43	3225805.48
216	490728.10	3218402.51	463	496868.19	3230870.25	710	492577.94	3225778.71
217	490721.37	3218404.14	464	496876.08	3230868.90	711	492571.82	3225752.08
218	490719.62	3218404.57	465	496920.97	3230859.35	712	492565.04	3225725.60
219	490693.10	3218412.27	466	497104.11	3230856.19	713	492482.01	3225416.74
220	490684.83	3218415.07	467	497110.27	3230856.12	714	492169.85	3224255.61
221	490676.83	3218418.58	468	497118.96	3230855.61	715	492169.72	3224255.15
222	490669.16	3218422.78	469	497127.57	3230854.34	716	492111.24	3224037.62
223	490661.89	3218427.63	470	497136.04	3230852.33	717	492104.98	3224013.28
224	490655.08	3218433.09	471	497144.30	3230849.58	718	492099.24	3223988.81
225	490648.76	3218439.13	472	497152.28	3230846.13	719	491910.25	3223141.75
226	490643.00	3218445.70	473	497159.94	3230842.00	720	491905.60	3223121.74
227	490637.83	3218452.74	474	497167.21	3230837.21	721	491900.58	3223101.83
228	490633.30	3218460.21	475	497174.03	3230831.81	722	491645.07	3222125.63
229	490629.44	3218468.05	476	497180.36	3230825.83	723	491644.66	3222124.07
230	490626.27	3218476.19	477	497186.15	3230819.33	724	491556.30	3221786.50
231	490623.83	3218484.58	478	497191.34	3230812.35	725	491549.30	3221758.30
232	490622.13	3218493.15	479	497195.91	3230804.94	726	491543.00	3221729.94
233	490621.19	3218501.84	480	497199.82	3230797.17	727	491537.40	3221701.42
234	490621.00	3218510.57	481	497203.03	3230789.08	728	491532.52	3221672.78
235	490621.58	3218519.29	482	497205.53	3230780.74	729	491528.36	3221644.02
236	490622.92	3218527.93	483	490720.98	3218508.30	730	491482.41	3221296.30
237	490625.01	3218536.41	484	490747.50	3218500.61	731	491478.92	3221271.94
238	490715.12	3218844.07	485	490766.85	3218567.29	732	491474.89	3221247.66
239	490715.32	3218844.76	486	490837.02	3218808.36	733	491470.34	3221223.48
240	490716.18	3218847.62	487	490838.07	3218812.23	734	491465.27	3221199.41
241	490720.89	3218863.82	488	490854.19	3218807.87	735	491459.28	3221173.91
242	490802.92	3219151.16	489	491498.13	3221162.89	736	491452.25	3221146.85
243	491355.62	3221172.63	490	491504.05	3221189.53	737	490899.23	3219124.25
244	491362.20	3221197.92	491	491509.39	3221214.76	738	490816.98	3218836.13
245	491367.65	3221221.14	492	491514.18	3221240.10	739	490812.07	3218819.25
246	491372.27	3221243.05	493	491518.40	3221265.53	740	490811.08	3218815.97
247	491376.42	3221265.09	494	491522.06	3221291.06			

III.1.3. Delimitación del Área del Proyecto.

El polígono del área del proyecto se presenta en la imagen y tabla inferior.

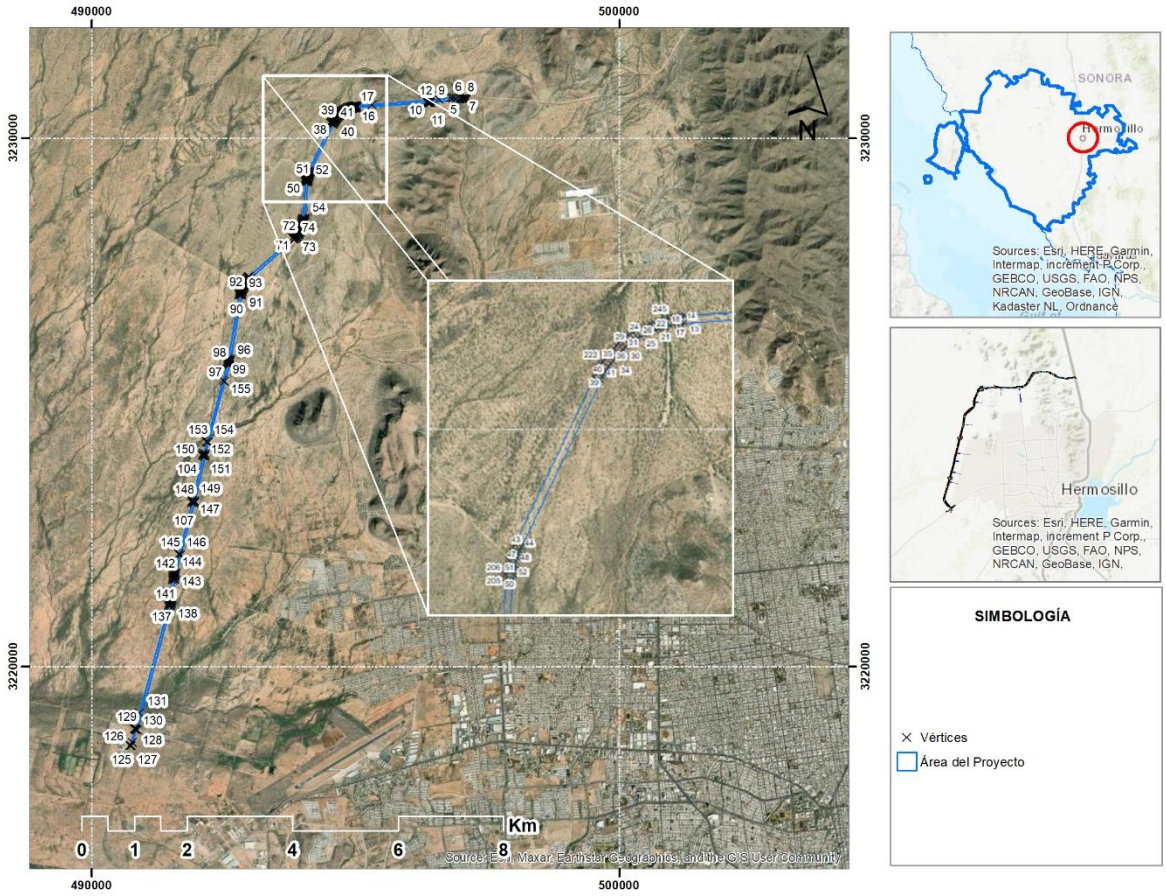


Figura III. 9 Mapa de ubicación del Área del Proyecto.

Tabla III. 7 Vértices del polígono del AP en coordenadas UTM Zona 12 WGS84

VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y	VERTICE	UTM X	UTM Y
1	497108.60	3230756.19	87	492863.43	3227150.61	173	492880.24	3227266.93
2	497108.53	3230751.27	88	492855.80	3227131.14	174	492891.17	3227282.84
3	497096.75	3230751.28	89	492848.91	3227111.40	175	492902.62	3227298.39
4	497095.77	3230751.28	90	492842.78	3227091.41	176	492914.56	3227313.55
5	497066.14	3230750.74	91	492837.40	3227071.21	177	492926.99	3227328.32
6	497036.44	3230749.41	92	492832.79	3227050.81	178	492939.90	3227342.68
7	497006.79	3230747.30	93	492828.96	3227030.26	179	492953.27	3227356.61
8	496977.21	3230744.40	94	492627.71	3225825.78	180	492967.08	3227370.09
9	496425.25	3230683.04	95	492622.71	3225797.93	181	492981.32	3227383.12

10	496403.15	3230680.79	96	492617.03	3225770.21	182	493809.37	3228116.13
11	496381.01	3230678.97	97	492610.68	3225742.63	183	493822.32	3228127.96
12	496359.75	3230677.42	98	492603.67	3225715.22	184	493834.88	3228140.19
13	495028.51	3230580.58	99	492518.47	3225398.30	185	493847.05	3228152.82
14	495007.77	3230578.67	100	492208.24	3224244.34	186	493858.81	3228165.83
15	494987.13	3230575.99	101	492208.11	3224243.88	187	493870.15	3228179.20
16	494966.59	3230572.54	102	492149.87	3224027.23	188	493881.07	3228192.92
17	494946.21	3230568.31	103	492143.82	3224003.73	189	493892.90	3228208.88
18	494925.99	3230563.32	104	492138.28	3223980.10	190	493904.15	3228225.25
19	494905.98	3230557.57	105	491949.29	3223133.03	191	493914.80	3228242.02
20	494886.20	3230551.07	106	491944.47	3223112.32	192	493924.84	3228259.15
21	494866.68	3230543.84	107	491939.27	3223091.70	193	493934.27	3228276.64
22	494847.44	3230535.87	108	491684.20	3222117.18	194	493943.06	3228294.45
23	494828.52	3230527.18	109	491683.82	3222115.71	195	493951.20	3228312.57
24	494809.94	3230517.79	110	491595.00	3221776.37	196	493958.69	3228330.97
25	494791.72	3230507.71	111	491588.23	3221749.14	197	493965.51	3228349.62
26	494773.90	3230496.94	112	491582.15	3221721.75	198	493971.66	3228368.51
27	494756.50	3230485.51	113	491576.75	3221694.21	199	493977.12	3228387.61
28	494739.54	3230473.44	114	491572.03	3221666.55	200	493981.90	3228406.89
29	494723.04	3230460.74	115	491568.01	3221638.78	201	493985.98	3228426.33
30	494707.03	3230447.42	116	491522.06	3221291.06	202	493989.36	3228445.90
31	494691.54	3230433.51	117	491518.40	3221265.53	203	493992.03	3228465.59
32	494676.58	3230419.03	118	491514.18	3221240.10	204	493993.99	3228485.35
33	494662.18	3230403.99	119	491509.39	3221214.76	205	494050.36	3229178.50
34	494648.36	3230388.43	120	491504.05	3221189.53	206	494052.31	3229198.37
35	494635.12	3230372.35	121	491498.13	3221162.89	207	494054.93	3229218.16
36	494622.51	3230355.79	122	490854.19	3218807.87	208	494058.22	3229237.85
37	494610.53	3230338.76	123	490838.07	3218812.23	209	494062.16	3229257.42
38	494599.19	3230321.29	124	490837.02	3218808.36	210	494066.77	3229276.85
39	494588.52	3230303.41	125	490766.85	3218567.29	211	494072.02	3229296.11
40	494578.54	3230285.15	126	490747.50	3218500.61	212	494077.64	3229314.32
41	494569.24	3230266.51	127	490720.98	3218508.30	213	494083.83	3229332.33
42	494141.98	3229367.89	128	490811.08	3218815.97	214	494090.61	3229350.14
43	494133.70	3229349.62	129	490812.07	3218819.25	215	494097.95	3229367.72
44	494126.09	3229331.07	130	490816.98	3218836.13	216	494105.86	3229385.06
45	494119.15	3229312.25	131	490899.23	3219124.25	217	494533.12	3230283.69
46	494112.90	3229293.20	132	491452.25	3221146.85	218	494541.69	3230300.99
47	494107.35	3229273.93	133	491459.28	3221173.91	219	494550.82	3230318.00
48	494102.50	3229254.47	134	491465.27	3221199.41	220	494560.50	3230334.70
49	494098.35	3229234.85	135	491470.34	3221223.48	221	494570.72	3230351.08

50	494094.92	3229215.09	136	491474.89	3221247.66	222	494581.46	3230367.11
51	494092.21	3229195.22	137	491478.92	3221271.94	223	494592.73	3230382.79
52	494090.23	3229175.26	138	491482.41	3221296.30	224	494604.49	3230398.10
53	494033.86	3228482.11	139	491528.36	3221644.02	225	494616.75	3230413.01
54	494031.72	3228460.61	140	491532.52	3221672.78	226	494629.15	3230427.14
55	494028.80	3228439.21	141	491537.40	3221701.42	227	494641.99	3230440.88
56	494025.09	3228417.93	142	491543.00	3221729.94	228	494655.27	3230454.20
57	494020.62	3228396.80	143	491549.30	3221758.30	229	494668.95	3230467.09
58	494015.38	3228375.84	144	491556.30	3221786.50	230	494683.04	3230479.54
59	494009.38	3228355.09	145	491644.66	3222124.07	231	494697.52	3230491.54
60	494002.62	3228334.57	146	491645.07	3222125.63	232	494712.37	3230503.08
61	493995.13	3228314.31	147	491900.58	3223101.83	233	494729.53	3230515.50
62	493986.90	3228294.34	148	491905.60	3223121.74	234	494747.13	3230527.31
63	493977.95	3228274.68	149	491910.25	3223141.75	235	494765.14	3230538.48
64	493968.29	3228255.36	150	492099.24	3223988.81	236	494783.54	3230549.00
65	493957.93	3228236.40	151	492104.98	3224013.28	237	494802.30	3230558.86
66	493946.89	3228217.84	152	492111.24	3224037.62	238	494821.41	3230568.04
67	493935.18	3228199.69	153	492169.72	3224255.15	239	494840.83	3230576.53
68	493922.81	3228181.97	154	492169.85	3224255.61	240	494860.54	3230584.32
69	493909.81	3228164.72	155	492482.01	3225416.74	241	494880.51	3230591.40
70	493896.19	3228147.96	156	492565.04	3225725.60	242	494900.73	3230597.77
71	493881.97	3228131.70	157	492571.82	3225752.08	243	494921.16	3230603.40
72	493867.16	3228115.97	158	492577.94	3225778.71	244	494941.78	3230608.31
73	493851.80	3228100.79	159	492583.43	3225805.48	245	494962.56	3230612.47
74	493835.89	3228086.18	160	492588.26	3225832.37	246	494983.47	3230615.89
75	493007.84	3227353.17	161	492789.50	3227036.85	247	495004.50	3230618.56
76	492992.45	3227339.02	162	492793.28	3227057.27	248	495025.60	3230620.47
77	492977.60	3227324.30	163	492797.77	3227077.54	249	495309.70	3230641.14
78	492963.32	3227309.02	164	492802.97	3227097.64	250	496378.11	3230718.87
79	492949.63	3227293.22	165	492808.87	3227117.54	251	496399.49	3230720.63
80	492936.55	3227276.91	166	492815.46	3227137.23	252	496420.83	3230722.79
81	492924.09	3227260.12	167	492822.74	3227156.67	253	496574.58	3230739.89
82	492912.28	3227242.86	168	492830.70	3227175.85	254	496807.12	3230765.74
83	492901.13	3227225.18	169	492839.32	3227194.74	255	496847.74	3230770.26
84	492890.65	3227207.08	170	492848.59	3227213.31	256	496855.26	3230771.09
85	492880.87	3227188.61	171	492858.51	3227231.55	257	496909.62	3230759.52
86	492871.79	3227169.77	172	492869.07	3227249.43			

III.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

III.2.1. ASPECTOS ABIÓTICOS

III.2.1.1. CLIMA Y FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

Clima.

En términos de meso escala, la región noroeste de México, cuenta con la influencia climática de la celda semipermanente de alta presión del Pacífico Nororiental y de la corriente oceanográfica fría de California; adicionalmente y debido a que se encuentra al norte del Trópico de Cáncer, también cuenta con la influencia del cinturón de altas presiones del hemisferio norte por lo que forma parte de las zonas áridas y semiáridas del planeta (Desierto Sonorense en esta región). Otros elementos climáticos de esta región son las tormentas extra tropicales, los eventos ciclónicos de origen tropical y lo que se conoce como circulación monzónica de verano; sin embargo, se ha descrito que los cambios del clima árido prevalecientes en esta región, se deben más a la influencia de los fenómenos meteorológicos de origen templado tales como las vaguadas y crestas polares, que a los fenómenos meteorológicos de origen tropical (Álvarez-Castañeda, et al., 1995).

El Estado de Sonora, por su ubicación, cuenta con un clima seco, siendo el clima para la microcuenca de interés, seco con régimen de lluvias de verano de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García, 1988.



Figura III. 10 Mapa climático de México donde se enmarca el estado de Sonora con contorno negro para resaltar el subtipo de clima presente (Seco muy árido).

Para la caracterización climática de la cuenca, subcuenca o microcuenca donde se pretende establecer el proyecto, se tomó como referencia la clasificación climática de Köppen modificada

por E. García (1981), la cual se fundamenta en las normales climatológicas registradas por estaciones meteorológicas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y difundidas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Para el presente estudio, la información climática fue integrada a partir de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas a la cuenca hidrográfica del proyecto, correspondientes a la estación 26040 Hermosillo (OBS) y la estación 26139 Hermosillo (DGE), las cuales resultan representativas de las condiciones atmosféricas regionales.

Bajo este esquema de clasificación, la zona donde se ubica la zona de estudio presenta un clima muy seco desértico, identificado como BW(h')w, característico del Desierto Sonorense y de la franja costera del noroeste del estado. Este tipo de clima se distingue por una precipitación anual baja, generalmente inferior a los 250 mm, con una marcada variabilidad interanual y una distribución irregular a lo largo del año.

El clima presente en el Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) correspondió al tipo **BWh(x')**, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García para las condiciones de la República Mexicana. Esta clave climática identifica un ambiente **muy árido, semicálido**, caracterizado por precipitación limitada, temperaturas elevadas, alta evapotranspiración potencial, marcada estacionalidad térmica e hidrológica, así como una disponibilidad natural de humedad restringida durante la mayor parte del año. Esta condición climática fue común a las tres unidades de análisis, por lo que el SAR, AI y AP compartieron el mismo régimen climático general, aunque sus efectos ambientales se expresaron de manera diferenciada según la escala espacial y el grado de intervención del terreno.

Para la caracterización climática se utilizó como referencia la **Normal Climatológica 1991-2020** de la estación **26139 Hermosillo II (DGE)**, ubicada en el municipio de Hermosillo, Sonora, en las coordenadas **29.09888889° de latitud norte** y **-110.9541667° de longitud oeste**, a una altitud de **221 msnm**. La estación se reportó en situación operativa y la información fue emitida por la Comisión Nacional del Agua, a través de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, con datos disponibles en la Base de Datos Climatológica Nacional a enero de 2026.

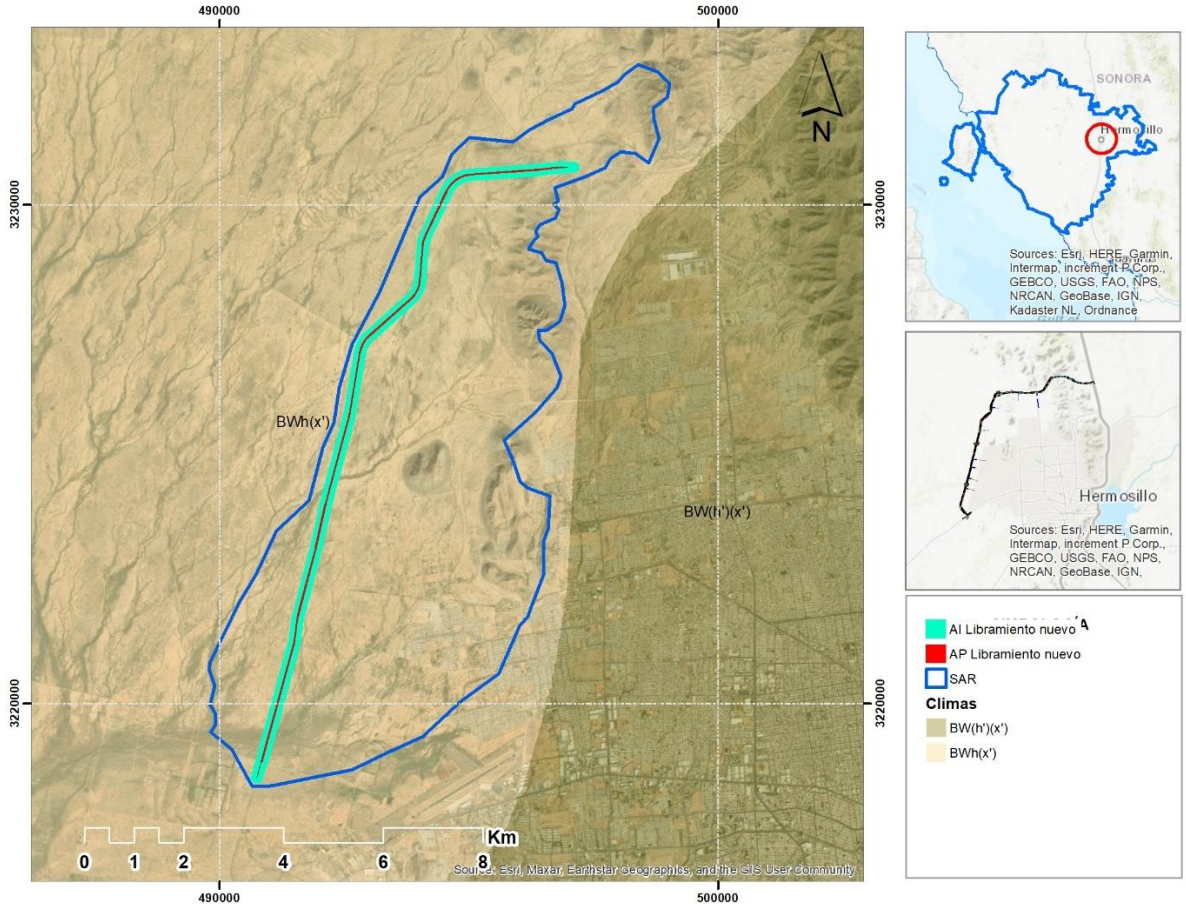


Figura III. 11 Mapa de climas presentes en el SAR, AI, AP del proyecto.

La temperatura media anual registrada por la estación fue de **25.5 °C**, valor que reflejó el carácter semicálido del área de estudio. El régimen térmico mostró una marcada variación estacional, con temperaturas medias relativamente menores durante el invierno y un incremento sostenido hacia la primavera y el verano. Las temperaturas medias mensuales más bajas se presentaron en **diciembre** y **enero**, con **17.4 °C** y **17.8 °C**, respectivamente. En contraste, los valores medios más elevados se registraron en **junio**, **julio** y **agosto**, con **32.2 °C**, **32.7 °C** y **32.3 °C**. Esta distribución térmica indicó la existencia de un periodo cálido prolongado, que incidió directamente en la evaporación del agua superficial, la pérdida de humedad del suelo y la rápida desecación de materiales expuestos.

Tabla III. 8 Temperatura media anual de la estación climatológica 26139 Hermosillo (DGE).

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	17.8	18.9	21.6	24.4	28	32.2	32.7	32.3	31.2	27.5	22	17.4	25.5
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Las temperaturas máximas normales confirmaron la intensidad térmica regional. La estación reportó una **temperatura máxima media anual de 32.8 °C**, con valores superiores a **36 °C** entre mayo y septiembre. Los máximos normales más altos se registraron en **junio** con **40.1 °C**, **julio** con **39.4 °C**, **agosto** con **38.7 °C** y **septiembre** con **37.6 °C**. Este comportamiento resultó relevante para la evaluación ambiental del proyecto, ya que las temperaturas elevadas favorecieron la desecación superficial del suelo, incrementaron la susceptibilidad a la erosión eólica y potenciaron la emisión de polvos fugitivos durante actividades como desmonte, despalme, cortes, terracerías, tránsito de maquinaria y transporte de materiales.

Tabla III. 9 Temperatura máxima de la estación climatológica 26139 Hermosillo (DGE).

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	24.9	26.1	29.4	32.6	36.3	40.1	39.4	38.7	37.6	34.5	29.2	24.2	32.8
MÁXIMA MENSUAL	29.3	31.2	32.8	35.2	39.2	41.5	41.1	41.6	40.5	38.1	33.5	26.9	
AÑO DE MÁXIMA	2018	2016	2017	1996	1996	2014	1995	2020	2020	1999	2017	1995	
MÁXIMA DIARIA	34.5	38	40	41.5	45.5	48.5	47.5	46	45	44	41	33	
FECHA MÁX DIARIA	31/2003	23/2009	20/2004	27/1992	nov-96	mar-14	ene-11	feb-11	abr-20	24/2017	may-20	nov-95	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Los registros extremos de temperatura reforzaron la condición de estrés térmico del área. La estación Hermosillo II (DGE) presentó máximas diarias históricas de **48.5 °C en junio**, **47.5 °C en julio**, **46.0 °C en agosto** y **45.0 °C en septiembre**. Aunque estos valores correspondieron a eventos extremos y no a condiciones medias, fueron indicativos del potencial de exposición térmica del sitio. En términos ambientales, estos episodios pudieron intensificar la pérdida de humedad en suelos desnudos, reducir la permanencia de humedad después de eventos de lluvia y aumentar la necesidad de medidas de control de polvo, humectación temporal, estabilización superficial y manejo adecuado de materiales terrígenos durante la ejecución de la obra.

Las temperaturas mínimas normales presentaron una media anual de **18.2 °C**. Los valores más bajos ocurrieron durante el periodo invernal, particularmente en **diciembre** con **10.6 °C**, **enero** con **10.7 °C** y **febrero** con **11.7 °C**. En cambio, durante el verano las mínimas normales fueron elevadas, con **24.3 °C en junio**, **26.0 °C en julio**, **25.9 °C en agosto** y **24.8 °C en septiembre**. Esto indicó que durante la temporada cálida no sólo se presentaron temperaturas máximas altas durante el día, sino también noches cálidas, condición que redujo la recuperación térmica nocturna del suelo y mantuvo tasas elevadas de pérdida de humedad ambiental.

Tabla III. 10 Temperatura mínima de la estación climatológica 26139 Hermosillo (DGE).

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	10.7	11.7	13.8	16.2	19.7	24.3	26	25.9	24.8	20.4	14.8	10.6	18.2
MÍNIMA MENSUAL	8.1	9.4	10.9	13.3	17	21.4	24.9	24.6	23.4	18	11.6	8.6	
AÑO DE MÍNIMA	2007	2004	1991	1995	1991	1991	2003	2000	1993	2002	1992	1997	
MÍNIMA DIARIA	0	0	5.5	8	11.5	16	18	18.5	15.5	9	5.5	2	
FECHA MÍN DIARIA	15/2013	mar-11	mar-02	oct-99	ene-99	may-99	31/2000	ene-00	sep-12	29/2009	29/2001	26/1997	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

La precipitación media anual registrada fue de **389.1 mm**, lo que confirmó el carácter árido del área, aunque con un pulso de lluvias de verano claramente definido. La precipitación se distribuyó de manera estacional, con una fuerte concentración entre **julio, agosto y septiembre**, meses que registraron **97.7 mm**, **100.8 mm** y **79.3 mm**, respectivamente. En conjunto, estos tres meses acumularon **277.8 mm**, equivalentes a aproximadamente **71.4 % de la precipitación anual**. Este patrón evidenció la influencia del régimen de lluvias de verano asociado al monzón de Norteamérica, el cual constituye el principal periodo de recarga hídrica, escurrimiento superficial y activación de procesos erosivos en la región.

Tabla III. 11 Precipitación de la estación climatológica 26139 Hermosillo (DGE).

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	12.9	16.6	8.6	3.2	2.3	7.3	97.7	100.8	79.3	18.5	22.1	19.8	389.1
MÁXIMA MENSUAL	58.8	76.7	70.8	51.7	30.3	94.4	193.9	239.2	199.7	235	171.5	132.3	
AÑO DE MÁXIMA	1993	1991	2020	1993	2005	2015	2006	1992	2014	2000	1994	1994	
MÁXIMA DIARIA	25.2	61.1	27.6	51.7	20	38.5	73	142	117	125.5	152.6	69.1	
FECHA MÁX DIARIA	25/2013	15/1995	jun-00	13/1993	dic-19	25/2015	27/2006	23/1992	17/2014	ago-00	nov-94	may-94	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

En contraste, el periodo de menor precipitación se presentó durante la primavera y el inicio del verano. Los valores más bajos ocurrieron en **abril** con **3.2 mm**, **mayo** con **2.3 mm** y **junio** con **7.3 mm**. Esta condición definió un periodo seco previo a la temporada de lluvias, durante el cual los suelos pueden presentar baja humedad, escasa cohesión superficial y mayor susceptibilidad al arrastre eólico de partículas. Desde el punto de vista ambiental, esta temporalidad resultó relevante porque, si las actividades de desmonte, despalme o terracerías se desarrollaran durante la época seca, se incrementaría la posibilidad de generación de polvo y pérdida de suelo por viento; mientras que si las superficies expuestas permanecieran sin estabilización al inicio de las lluvias de verano, aumentaría el riesgo de erosión hídrica y arrastre de sedimentos.

El número de días con lluvia permitió precisar la naturaleza episódica del régimen pluvial. La estación reportó un promedio anual de **49.9 días con lluvia**, con máximos mensuales en **julio** con **11.9 días**, **agosto** con **10.9 días** y **septiembre** con **7.5 días**. Por el contrario, durante **abril** y **mayo** se presentaron apenas **0.6** y **0.8 días con lluvia**, respectivamente. Esto indicó que, aunque la precipitación anual fue limitada, los eventos pluviales se concentraron en un número reducido de días, principalmente durante el verano. Esta condición favoreció escurrimientos superficiales de corta duración, pero potencialmente intensos, especialmente sobre superficies desnudas, compactadas, caminos, taludes, terracerías y zonas donde se concentre el flujo.

Tabla III. 12 Días con lluvia de la estación climatológica 26139 Hermosillo (DGE).

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	3.1	3.1	2	0.6	0.8	2.2	11.9	10.9	7.5	2.2	2.2	3.4	49.9
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

Desde el punto de vista hidrológico, el clima BWh(x') condicionó la dinámica del SAR, AI y AP mediante una baja disponibilidad hídrica efectiva, elevada pérdida de humedad por evapotranspiración y escurrimientos principalmente intermitentes. La mayor parte del año prevalecieron condiciones secas, mientras que durante la temporada de lluvias pudieron activarse arroyos, bajadas, escurrimientos laminares y concentrados. Esta dinámica fue relevante para el diseño y evaluación de obras de drenaje, cunetas, lavaderos, alcantarillas y medidas de control de sedimentos, ya que los procesos de erosión hídrica se asociaron principalmente a eventos pluviales concentrados, no a flujos permanentes.

En el SAR, el régimen climático determinó un sistema ambiental regional dominado por condiciones de aridez, vegetación xerófila y procesos superficiales dependientes de lluvias episódicas. La baja precipitación anual y la elevada temperatura favorecieron una cobertura vegetal adaptada al estrés hídrico, con funciones importantes en la protección del suelo, regulación del escurrimiento, infiltración localizada y provisión de hábitat para fauna. En esta escala, la pérdida de cobertura vegetal o la exposición de suelo pueden incrementar la vulnerabilidad a la erosión, aunque los efectos regionales dependen de la superficie intervenida y de su conexión con escurrimientos o unidades de drenaje.

En el AI, el clima explicó la posible manifestación de impactos indirectos inmediatos. Durante la época seca, la baja humedad del suelo pudo favorecer la dispersión de polvos desde el AP hacia el entorno próximo, particularmente durante el tránsito de maquinaria, transporte de materiales, cortes y terracerías. Durante la temporada de lluvias, el AI pudo recibir escurrimientos derivados de la superficie intervenida, con potencial de transportar sedimentos hacia zonas colindantes. Por ello, la delimitación de esta unidad resultó útil para analizar procesos de borde asociados a polvo, erosión marginal, deposición de partículas, arrastre de sedimentos, perturbación de vegetación inmediata y modificación local de escurrimientos.

En el AP, el clima tuvo implicaciones directas sobre la planeación y ejecución de las obras. La combinación de temperaturas elevadas, baja humedad ambiental, escasa precipitación anual y lluvias concentradas en verano exigió medidas diferenciadas por temporada. Durante los meses secos, las medidas prioritarias correspondieron al control de polvo mediante riego, manejo de velocidad de vehículos, cobertura de materiales sueltos y mantenimiento de maquinaria. Durante los meses lluviosos, la prioridad correspondió al control de erosión hídrica, estabilización de taludes, protección de superficies desnudas, construcción oportuna de obras de drenaje y manejo de sedimentos.

La condición climática también fue relevante para interpretar los resultados de erosión e infiltración. La baja precipitación anual limitó el volumen total de agua disponible para infiltración; sin embargo, la concentración de lluvias en verano generó un potencial de escurrimiento durante eventos específicos. En suelos con cobertura vegetal, la rugosidad superficial, las raíces y la materia orgánica favorecieron la retención e infiltración del agua. En cambio, en superficies desmontadas, compactadas o desprovistas de vegetación, el régimen climático pudo traducirse en menor infiltración efectiva, mayor escurrimiento superficial y mayor susceptibilidad a erosión, principalmente durante el periodo crítico de transición entre el desmonte y la estabilización definitiva del terreno.

En materia de vegetación y fauna, el clima muy árido semicálido determinó comunidades adaptadas a estrés hídrico, altas temperaturas y variabilidad estacional de recursos. La vegetación presente en el SAR, AI y AP cumplió funciones ambientales relevantes como protección del suelo, regulación microclimática, retención de humedad, reducción de velocidad del viento, aporte de materia orgánica y provisión de refugio y alimento para fauna. Por ello, la remoción de vegetación en el AP no sólo representa pérdida de cobertura, sino también disminución temporal de funciones ecológicas asociadas a la regulación hídrica y edáfica en un ambiente climáticamente restrictivo.

La caracterización climática permitió identificar periodos críticos para la vigilancia ambiental. El periodo seco previo al verano fue relevante para el control de emisiones de polvo y erosión eólica; mientras que el periodo de lluvias de julio a septiembre fue crítico para verificar la funcionalidad de obras de drenaje, el control de sedimentos, la estabilidad de taludes, la protección de superficies desnudas y la respuesta de áreas revegetadas. Esta temporalidad deberá incorporarse al programa de seguimiento ambiental, estableciendo inspecciones diferenciadas antes, durante y después de eventos de lluvia, así como supervisión continua de frentes de obra durante las fases de mayor exposición del suelo.

El SAR, AI y AP se localizaron en una región con clima **BWh(x'), muy árido y semicálido**, con temperatura media anual de **25.5 °C**, temperatura máxima media anual de **32.8 °C**, temperatura mínima media anual de **18.2 °C**, precipitación media anual de **389.1 mm** y un régimen de lluvias concentrado principalmente entre julio y septiembre. Estas condiciones climáticas condicionaron

la disponibilidad hídrica, la susceptibilidad a erosión, la infiltración, la estabilidad de suelos, la generación de polvo, la dinámica de escurrimientos y la funcionalidad de la vegetación. Por ello, el proyecto deberá mantener medidas específicas de control de polvo, manejo de suelos expuestos, estabilización de taludes, control de sedimentos, obras de drenaje funcionales, revegetación y seguimiento ambiental estacional, con énfasis en la época seca y en la temporada de lluvias.

Fenómenos meteorológicos.

La caracterización de fenómenos hidrometeorológicos para el SAR, AI y AP se desarrolló considerando el régimen climático regional, la información de normales climatológicas de la estación 26139 Hermosillo II (DGE), la distribución estacional de lluvias, la ocurrencia potencial de eventos extremos y la relación funcional entre precipitación, escurrimiento, erosión, transporte de sedimentos y exposición de infraestructura. El área se ubica en un contexto climático **BWh(x'), muy árido semicálido**, por lo que los fenómenos hidrometeorológicos relevantes no se expresan como flujos permanentes o lluvias frecuentes, sino como eventos episódicos de alta temperatura, sequía, tormentas convectivas de verano, escurrimientos súbitos y, de manera menos frecuente, influencia indirecta de ciclones tropicales del Pacífico.

La estación 26139 Hermosillo II (DGE) reporta una precipitación media anual de **389.1 mm**, con una marcada concentración en julio, agosto y septiembre, meses que acumulan **277.8 mm**, equivalentes a aproximadamente **71.4 %** de la lluvia anual. Esta concentración estacional es relevante porque indica que la mayor parte del escurrimiento superficial, la erosión hídrica y el arrastre de sedimentos se asocian a un periodo corto del año. Además, la estación registra máximas diarias de precipitación relevantes, como **142.0 mm en agosto**, **117.0 mm en septiembre**, **125.5 mm en octubre** y **152.6 mm en noviembre**, lo que confirma la posibilidad de eventos pluviales intensos capaces de activar escurrimientos súbitos aun dentro de un régimen climático árido.

Ciclones tropicales, tormentas tropicales y lluvias asociadas

El estado de Sonora se encuentra dentro del ámbito de influencia de los ciclones tropicales del Pacífico nororiental, aunque la incidencia directa sobre la porción centro-norte de la entidad suele ser menor que en las zonas costeras del sur y sureste del estado. La temporada oficial de ciclones tropicales en el Pacífico nororiental inicia el **15 de mayo** y concluye el **30 de noviembre**, periodo durante el cual pueden formarse tormentas tropicales, huracanes y remanentes de sistemas que aportan humedad al noroeste de México.

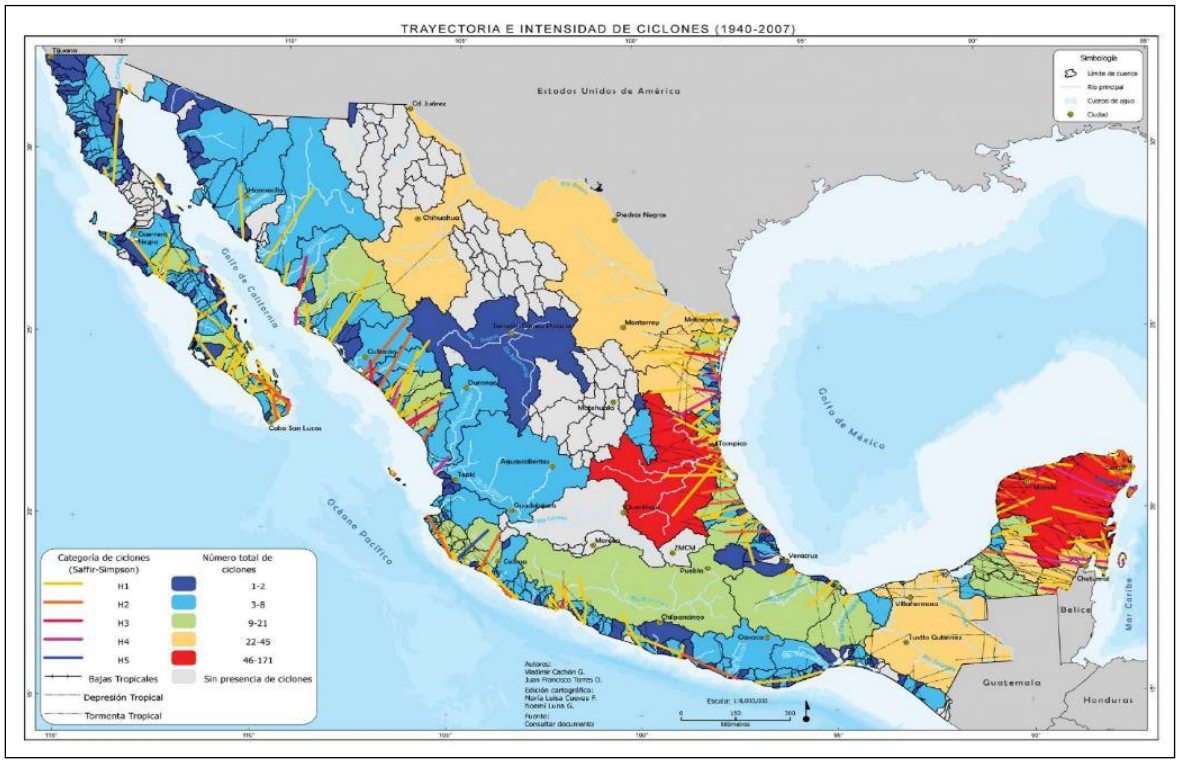


Figura III. 12 Mapa de trayectoria e intensidad de ciclones (1940 – 2007).

Para el SAR, AI y AP, la importancia ambiental de estos sistemas no radica necesariamente en el impacto directo del ojo de un huracán sobre el sitio, sino en la posibilidad de lluvias intensas asociadas a bandas nubosas, remanentes tropicales o interacción con sistemas regionales de humedad. Este tipo de eventos puede incrementar temporalmente la precipitación, activar escurrimientos superficiales, generar erosión hídrica en superficies desnudas y favorecer el transporte de sedimentos hacia cauces, depresiones, cunetas u obras de drenaje. En el contexto del proyecto, estos eventos justifican la necesidad de mantener funcionales las obras hidráulicas, prever disipación de energía en puntos de descarga y evitar acopios de materiales en zonas de escurrimiento.

La susceptibilidad del área ante ciclones tropicales se considera **indirecta a moderada**, debido a su ubicación interior respecto a la línea de costa y a la tendencia de los sistemas tropicales a debilitarse al avanzar tierra adentro. No obstante, las lluvias extraordinarias registradas en la estación Hermosillo II muestran que eventos puntuales pueden superar ampliamente los promedios mensuales normales, lo que hace necesario considerar escenarios de lluvia intensa en el diseño y mantenimiento de drenajes, taludes, bordillos, lavaderos, alcantarillas y medidas de control de sedimentos.

Lluvias intensas, escurrimientos súbitos e inundación localizada

Aunque el clima regional es árido, la concentración de lluvias de verano puede generar escurrimientos súbitos de corta duración. El promedio anual de días con lluvia registrado en la estación Hermosillo II es de **49.9 días**, con mayor frecuencia en julio, agosto y septiembre. En estos meses se registran **11.9**, **10.9** y **7.5 días con lluvia**, respectivamente, lo que confirma que los eventos pluviales se concentran temporalmente y pueden presentarse como tormentas convectivas intensas.

En el SAR, estos eventos pueden activar cauces intermitentes, arroyos temporales, bajadas naturales y zonas de concentración de flujo. En el AI, los escurrimientos pueden interactuar con márgenes del proyecto, cunetas, puntos de descarga y superficies colindantes. En el AP, la remoción de vegetación, el despalme, la compactación y la construcción de terraplenes pueden modificar temporalmente la relación infiltración–escurrimiento, aumentando la velocidad del flujo superficial en zonas sin estabilización. Por ello, los fenómenos de lluvia intensa deben considerarse como detonadores de erosión hídrica, arrastre de sedimentos, socavación marginal, azolve de obras de drenaje y afectación a superficies expuestas.

El riesgo de inundación en este contexto debe entenderse principalmente como **encharcamiento, concentración de flujo o escurrimiento rápido en zonas bajas o puntos hidráulicamente restringidos**, más que como inundación prolongada por cuerpos de agua permanentes. La infraestructura carretera puede modificar localmente la circulación del agua si las obras de drenaje no conservan la continuidad hidráulica o si las descargas se concentran sin disipación de energía. Por ello, la caracterización hidrometeorológica se vincula directamente con la necesidad de revisar la capacidad y funcionalidad de alcantarillas, cunetas, lavaderos y estructuras de salida antes y después de la temporada de lluvias.

Ondas de calor y temperaturas extremas

Las ondas de calor constituyen uno de los fenómenos hidrometeorológicos más relevantes para la región de Hermosillo, debido a la recurrencia de temperaturas elevadas durante primavera y verano. La estación 26139 Hermosillo II reporta una temperatura máxima media anual de **32.8 °C**, con máximas normales de **40.1 °C en junio**, **39.4 °C en julio**, **38.7 °C en agosto** y **37.6 °C en septiembre**. Además, los registros de temperatura máxima diaria alcanzan **48.5 °C en junio**, **47.5 °C en julio**, **46.0 °C en agosto** y **45.0 °C en septiembre**.

Estas condiciones térmicas tienen implicaciones ambientales y operativas. En el suelo, las altas temperaturas favorecen la pérdida rápida de humedad, disminuyen la cohesión superficial y aumentan la susceptibilidad a la erosión eólica y a la generación de polvo. En la vegetación, incrementan el estrés hídrico, especialmente en individuos reubicados, reforestados o sometidos

a perturbación por obra. En la fauna, pueden intensificar la presión térmica y modificar patrones de actividad, refugio y desplazamiento. Para el personal de obra, las temperaturas extremas también representan una condición de riesgo ocupacional que debe considerarse en la planeación de jornadas y medidas de seguridad.

En el AP, las ondas de calor pueden intensificar los efectos de desmonte, despalme, cortes, terracerías y tránsito de maquinaria, particularmente durante los meses secos. En el AI, pueden favorecer la dispersión de polvo hacia áreas colindantes. En el SAR, forman parte del régimen climático regional que explica la presencia de vegetación xerófila, baja disponibilidad hídrica y alta sensibilidad de suelos desnudos. El Servicio Meteorológico Nacional mantiene el monitoreo operativo de ondas de calor y temperaturas máximas, incluyendo avisos para entidades del noroeste del país, por lo que el seguimiento de pronósticos oficiales debe incorporarse como insumo preventivo durante la ejecución de obra.

Sequía y estrés hídrico

La sequía es un fenómeno recurrente en ambientes áridos y semiáridos del noroeste de México. En el área del proyecto, su importancia ambiental se relaciona con la baja disponibilidad de humedad, la limitada recarga por precipitación, la reducción de humedad edáfica, el estrés fisiológico de la vegetación y la mayor susceptibilidad del suelo a erosión eólica. El Monitor de Sequía en México del Servicio Meteorológico Nacional constituye la referencia oficial para el seguimiento de la condición de sequía en el país, con reportes periódicos que describen la severidad y extensión de las condiciones secas.

En el SAR, la sequía condiciona la estructura y funcionalidad de la vegetación xerófila, la baja productividad primaria y la respuesta hidrológica episódica. En el AI, puede incrementar la sensibilidad de áreas colindantes a polvo, erosión marginal y pérdida temporal de cobertura herbácea. En el AP, la sequía o los periodos prolongados sin lluvia pueden reducir la humedad del suelo, dificultar el establecimiento de revegetación y aumentar la necesidad de riego de apoyo en plantas rescatadas, reubicadas o reforestadas.

La presencia de sequía o estrés hídrico no impide la ejecución del proyecto, pero sí incrementa la importancia de las medidas de conservación de suelo y agua. Las acciones de revegetación, manejo de suelo fértil, riego de establecimiento, terrazas individuales, zanjas bordo, estabilización de taludes y protección de superficies no selladas deben evaluarse considerando que la recuperación vegetal en zonas áridas es gradual y depende de la disponibilidad de humedad posterior a las lluvias.

Tormentas eléctricas, vientos y tormentas de polvo

En regiones áridas, las tormentas convectivas de verano pueden estar acompañadas por vientos fuertes, actividad eléctrica y ráfagas que remueven partículas finas del suelo. El Atlas Nacional de Riesgos reconoce dentro de los peligros hidrometeorológicos fenómenos como ciclones tropicales, inundaciones, sequías, tormentas eléctricas, granizo, ondas cálidas y bajas temperaturas, además de metodologías que incluyen ondas de calor, sequías y tormentas de polvo como fenómenos de interés para el análisis de riesgos.

En el AP, los vientos y tormentas de polvo pueden intensificarse cuando existen superficies desnudas, material suelto, acopios sin cubrir o caminos de obra sin humectación. En el AI, la dispersión secundaria puede depositar partículas sobre vegetación adyacente, caminos, predios colindantes o infraestructura cercana. En el SAR, estos fenómenos forman parte del comportamiento natural de ambientes áridos, aunque su intensidad puede aumentar localmente cuando se remueve la cobertura vegetal y se deja suelo expuesto.

La ocurrencia de tormentas eléctricas y vientos asociados también tiene implicaciones para la seguridad en obra, la estabilidad de señalamiento temporal, el manejo de materiales, el control de polvos y la protección de trabajadores. Por ello, durante la construcción deberán considerarse medidas de control de partículas, cobertura de materiales transportados, límites de velocidad, humectación de caminos internos y suspensión preventiva de actividades cuando existan condiciones meteorológicas adversas.

Homogeneidad climática entre SAR, AI y AP

Las características hidrometeorológicas identificadas para el SAR se mantienen de manera homogénea en el AI y el AP, debido a que estas unidades se encuentran contenidas en el mismo contexto climático regional y no presentan diferencias altitudinales, fisiográficas o de exposición suficientes para generar variaciones climáticas locales relevantes. Por ello, el régimen muy árido semicálido **BWh(x')**, la concentración estacional de lluvias, la recurrencia de altas temperaturas, el estrés hídrico y la ocurrencia de escurrimientos temporales se consideran comunes para las tres escalas de análisis.

No obstante, la forma en que estos fenómenos se vinculan con el proyecto varía por escala. En el **SAR**, los fenómenos hidrometeorológicos se interpretan como condiciones regionales que determinan la funcionalidad del sistema, la vegetación xerófila, los escurrimientos intermitentes y la susceptibilidad natural a erosión. En el **AI**, se expresan como factores que pueden propagar efectos indirectos inmediatos, como polvo, arrastre de sedimentos, escurrimientos de borde o perturbación de vegetación y fauna colindante. En el **AP**, estos fenómenos interactúan

directamente con las obras, especialmente durante el desmonte, despalme, terracerías, compactación, construcción de drenajes, pavimentación y estabilización de superficies.

Los fenómenos hidrometeorológicos más relevantes para el proyecto son las **lluvias intensas de verano**, la **influencia indirecta de ciclones tropicales**, las **ondas de calor**, la **sequía y estrés hídrico**, así como los **vientos y tormentas de polvo**. Su consideración técnica permite orientar el diseño de medidas de prevención, mitigación y seguimiento, particularmente en materia de control de polvos, estabilización de suelos, conservación de escurrimientos, mantenimiento de obras de drenaje, control de sedimentos, revegetación, protección de fauna y seguridad operativa durante condiciones meteorológicas extremas.

Vinculación del clima con el proyecto

El clima identificado para el SAR, AI y AP corresponde al tipo **BWh(x')**, clasificado como **muy árido, semicálido**, conforme al sistema de Köppen modificado por García. Esta condición climática constituye un factor ambiental determinante para la planeación y ejecución del proyecto, debido a que combina temperaturas elevadas, baja disponibilidad hídrica efectiva, periodos prolongados de sequedad y lluvias concentradas en verano. De acuerdo con la estación climatológica **26139 Hermosillo II (DGE)**, la temperatura media anual es de **25.5 °C**, la temperatura máxima media anual de **32.8 °C**, la temperatura mínima media anual de **18.2 °C** y la precipitación media anual de **389.1 mm**; además, julio, agosto y septiembre concentran **277.8 mm**, equivalentes a aproximadamente **71.4 %** de la precipitación anual.

La vinculación del clima con el proyecto se expresa principalmente en dos periodos críticos. Durante la época seca, las altas temperaturas y la baja humedad superficial incrementan la susceptibilidad a generación de polvo, erosión eólica y desecación de suelos expuestos durante desmonte, despalme, cortes, terracerías y transporte de materiales. Durante la temporada de lluvias, la concentración de eventos pluviales favorece la activación de escurrimientos temporales, erosión hídrica, arrastre de sedimentos y posible azolve o concentración de flujos en obras de drenaje. Por ello, las medidas de prevención, mitigación y cumplimiento deberán diferenciarse estacionalmente: control de polvos y manejo de suelos durante la época seca; estabilización, drenaje, control de sedimentos e inspección posterior a lluvias durante el periodo húmedo.

Tabla III. 13 Análisis de vinculación del clima con el proyecto.

Unidad de análisis	Características climáticas	Vinculación con el proyecto, medidas y cumplimiento
SAR	El Sistema Ambiental Regional presenta clima **BWh(x'), muy árido, semicálido**, compartido por el entorno del proyecto. La estación 26139 Hermosillo II (DGE) registra una temperatura media	En el SAR, el clima condiciona la baja disponibilidad hídrica regional, la presencia de vegetación xerófila, la ocurrencia de escurrimientos temporales y la susceptibilidad

	anual de **25.5 °C**, con máximas normales elevadas durante primavera-verano y una precipitación media anual de **389.1 mm**. Las lluvias se concentran en julio, agosto y septiembre, con **97.7 mm**, **100.8 mm** y **79.3 mm**, respectivamente; en conjunto, estos meses concentran la mayor proporción de la lluvia anual. El número medio anual de días con lluvia es de **49.9**, con mayor frecuencia entre julio y septiembre.	natural a erosión cuando se pierde cobertura vegetal. El proyecto no modificará el régimen climático regional; sin embargo, deberá evitar que los impactos locales por erosión, arrastre de sedimentos o alteración de escurrimientos se propaguen hacia procesos funcionales del SAR. El proyecto dará cumplimiento mediante la conservación de la continuidad hidráulica, la construcción y mantenimiento de obras de drenaje, el control de sedimentos, la estabilización de superficies expuestas, la protección de suelos, la revegetación de áreas intervenidas y la inspección de escurrimientos antes, durante y después de la temporada de lluvias.
AI	El Área de Influencia comparte el régimen climático del SAR, con condiciones de aridez, temperaturas elevadas y lluvias estacionales. Durante los meses secos, especialmente abril, mayo y junio, se registran precipitaciones normales bajas de **3.2 mm**, **2.3 mm** y **7.3 mm**, respectivamente; esta condición favorece la baja humedad superficial del suelo. Durante verano, el incremento de precipitación genera condiciones propicias para escurrimientos de corta duración y transporte de sedimentos desde superficies expuestas.	En el AI, el clima se vincula con la manifestación de impactos indirectos inmediatos del proyecto. En época seca, la baja humedad del suelo puede favorecer la dispersión de polvos desde el AP hacia vegetación, caminos y predios colindantes; en época de lluvias, pueden presentarse arrastres de sedimentos, erosión marginal y concentración local de escurrimientos en márgenes, cunetas, lavaderos o puntos de descarga. El proyecto dará cumplimiento mediante riego de control en frentes de obra, cobertura de materiales sueltos, control de velocidad, limpieza de cunetas, estabilización de puntos de descarga, instalación de barreras de sedimentos, revisión de obras hidráulicas y seguimiento posterior a eventos de lluvia.
AP	En el Área del Proyecto, el clima **muy árido, semicálido BWh(x')** incide directamente sobre las actividades de obra. Las temperaturas máximas normales alcanzan **40.1 °C en junio**, **39.4 °C en julio**, **38.7 °C en agosto** y **37.6 °C en septiembre**, mientras que las máximas diarias históricas han alcanzado valores de hasta **48.5 °C en junio** y **47.5 °C en julio**. La precipitación anual es baja, pero concentrada en verano, lo que genera alternancia entre suelos secos y eventos pluviales capaces de activar escurrimientos.	En el AP se concentrarán las actividades más sensibles al clima: desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación, conformación de terraplenes, construcción de drenajes, pavimentación y transporte de materiales. Durante la época seca, las superficies expuestas pueden generar polvo y presentar mayor susceptibilidad a erosión eólica; durante la temporada de lluvias, los suelos desnudos o compactados pueden incrementar escurrimiento, erosión hídrica y transporte de sedimentos. El proyecto dará cumplimiento mediante la delimitación estricta de frentes de obra, humectación de superficies expuestas, manejo de acopios, cobertura de camiones, control de velocidad, estabilización de taludes, construcción oportuna de drenajes, protección de puntos de descarga, rescate de suelo fértil y revegetación de áreas no selladas.

III.2.1.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Geología

La caracterización geológica y geomorfológica del Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) se desarrolló a partir de la distribución espacial de las unidades litológicas presentes en cada escala de análisis, considerando su origen, edad geológica, tipo de material, grado de consolidación, relación con las formas del relieve y función dentro de los procesos ambientales del sitio. Esta información permite interpretar la estabilidad superficial del terreno, la susceptibilidad a erosión, la infiltración, la generación y transporte de sedimentos, así como la relación entre el trazo del proyecto y los escurrimientos intermitentes asociados al relieve regional.

En términos generales, las tres unidades de análisis presentan una clara dominancia de materiales aluviales del Cenozoico-Cuaternario, condición que define el comportamiento geomorfológico principal del territorio. Estos materiales corresponden a depósitos no consolidados asociados a procesos de transporte y acumulación fluvial, integrados por proporciones variables de gravas, arenas, limos y arcillas. En ambientes áridos y semiáridos, como el norponiente de Hermosillo, estos depósitos suelen relacionarse con bajadas, abanicos aluviales, cauces temporales y superficies de acumulación, por lo que su estabilidad depende en gran medida de la cobertura vegetal, la pendiente local, la intensidad de los eventos pluviales y el grado de intervención del terreno.

Geología del Sistema Ambiental Regional

El Sistema Ambiental Regional presenta una superficie total aproximada de 5,693.52 ha. La unidad geológica dominante corresponde al Aluvial del Cenozoico-Cuaternario, con una superficie de 4,745.58 ha, que representa aproximadamente 83.35 % del SAR. Esta predominancia indica que el sistema regional se desarrolla principalmente sobre superficies de acumulación sedimentaria reciente, asociadas a escurrimientos intermitentes, bajadas y zonas de depósito.

La segunda unidad en importancia corresponde a la Riolita del Cenozoico-Terciario, con una superficie de 571.23 ha, que representa aproximadamente 10.03 % del SAR. Esta unidad, de origen ígneo extrusivo, presenta mayor competencia mecánica que los depósitos aluviales y se

asocia principalmente con lomeríos, afloramientos y elevaciones locales que estructuran el relieve y condicionan la dirección de los escurrimientos superficiales.

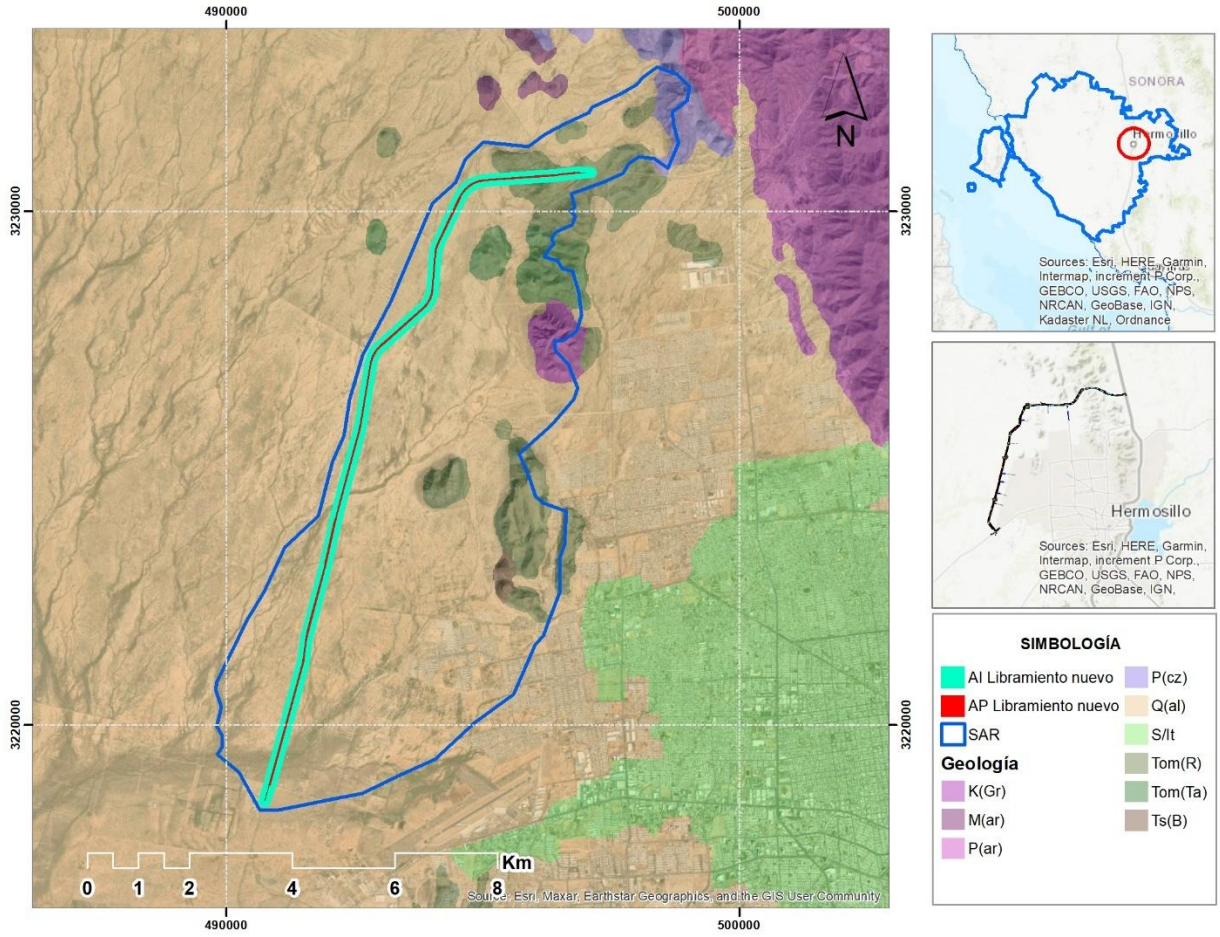


Figura III. 13 Geología en el SAR, AI, AP.

La Toba ácida del Cenozoico-Terciario ocupa 180.51 ha, lo que representa aproximadamente 3.17 % del SAR. Esta unidad corresponde a materiales volcánicos piroclásticos, cuyo comportamiento frente a erosión y meteorización depende de su grado de compactación, fracturamiento y exposición superficial. Aunque su cobertura es menor que la de los depósitos aluviales y riolíticos, contribuye a la heterogeneidad litológica regional.

El Granito del Mesozoico-Cretácico se presenta 101.43 ha, con una cobertura aproximada de 1.78 % del SAR. Esta unidad corresponde a roca ígnea intrusiva de mayor resistencia estructural, generalmente asociada con afloramientos o lomeríos de mayor estabilidad relativa. Por su parte, la Caliza del Paleozoico ocupa 64.00 ha, lo que representa 1.12 % del SAR; mientras que el

Basalto del Cenozoico-Neógeno se distribuye en 30.76 ha, con una cobertura aproximada de 0.54 %.

Tabla III. 14 Geología en el SAR.

Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Unidad geológica	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Cobertura del SAR (%)
K(Gr)	Ígnea intrusiva	Granito	Mesozoico	Cretácico	Granito del Mesozoico	1,014,329.18	101.43	1.78
P(cz)	Sedimentaria	Caliza	Paleozoico	N/D	Caliza del Paleozoico	640,016.44	64.00	1.12
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Aluvial del Cenozoico	47,455,813.07	4,745.58	83.35
Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	Riolita del Cenozoico	5,712,289.45	571.23	10.03
Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	Toba ácida del Cenozoico	1,805,064.44	180.51	3.17
Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	Basalto del Cenozoico	307,644.06	30.76	0.54
Total						**56,935,156.64**	**5,693.52**	**100.00**

La distribución anterior muestra que el SAR está dominado por una matriz aluvial, con presencia secundaria de rocas volcánicas e intrusivas que estructuran lomeríos, elevaciones y afloramientos locales. Esta configuración genera una relación geomorfológica clara: las unidades rocosas más competentes conforman áreas de relieve positivo o mayor resistencia relativa, mientras que los depósitos aluviales integran las superficies de bajada, conducción temporal de escurrimientos y acumulación de sedimentos.

Geología del Área de Influencia

El Área de Influencia presenta una superficie total aproximada de 309.75 ha. En esta unidad sólo se identifican dos unidades geológicas: Aluvial del Cenozoico-Cuaternario y Riolita del Cenozoico-Terciario.

La unidad dominante corresponde al Aluvial del Cenozoico-Cuaternario, con una superficie de 275.20 ha, que representa aproximadamente 88.84 % del AI. Esta proporción confirma que la franja inmediata al proyecto se desarrolla principalmente sobre materiales no consolidados, asociados a bajadas, zonas de acumulación y escurrimientos temporales.

La Riolita del Cenozoico-Terciario ocupa 34.56 ha, que representa aproximadamente 11.16 % del AI. Esta unidad aporta sectores de mayor competencia mecánica y puede relacionarse con lomeríos o afloramientos que condicionan localmente la pendiente, el drenaje superficial y la estabilidad del terreno.

Tabla III. 15 Geología en el AI.

Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Unidad geológica	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Cobertura del AI (%)
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Aluvial del Cenozoico	2,751,979.53	275.20	88.84
Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	Riolita del Cenozoico	345,559.16	34.56	11.16
Total						**3,097,538.69**	**309.75**	**100.00**

Desde el punto de vista ambiental, la dominancia de depósitos aluviales en el AI es relevante porque esta unidad representa la franja donde pueden manifestarse efectos indirectos del proyecto, como erosión marginal, arrastre de sedimentos, deposición de partículas, concentración de escurrimientos y cambios puntuales en la estabilidad superficial. Aunque el AI no corresponde a la superficie de ocupación permanente del proyecto, su composición geológica indica que las medidas de control de sedimentos, estabilización de puntos de descarga y manejo de escurrimientos deberán considerar la sensibilidad de estos materiales no consolidados.

Geología del Área del Proyecto

El Área del Proyecto presenta una superficie total aproximada de 60.28 ha. Al igual que el AI, está integrada por dos unidades geológicas principales: Aluvial del Cenozoico-Cuaternario y Riolita del Cenozoico-Terciario.

La unidad dominante corresponde al Aluvial del Cenozoico-Cuaternario, con una superficie de 54.38 ha, que representa aproximadamente 90.21 % del AP. Esta condición indica que la mayor parte de la superficie donde se ejecutarán las obras se encuentra sobre materiales sedimentarios no consolidados, asociados a procesos recientes de depósito aluvial.

La Riolita del Cenozoico-Terciario ocupa 5.90 ha, que representa aproximadamente 9.79 % del AP. Aunque su proporción es menor, esta unidad puede presentar mayor resistencia mecánica, lo cual puede ser relevante en zonas específicas de cortes, excavaciones, conformación de taludes o adecuación del terreno.

Tabla III. 16 Geología en el AP.

Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Unidad geológica	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Cobertura del AP (%)
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	Aluvial del Cenozoico	543,808.47	54.38	90.21
Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	Riolita del Cenozoico	58,992.73	5.90	9.79
Total						**602,801.20**	**60.28**	**100.00**

La dominancia de depósitos aluviales dentro del AP tiene implicaciones directas para el proyecto, ya que estos materiales pueden ser susceptibles a compactación, remoción superficial, erosión laminar, generación de polvo y arrastre de sedimentos cuando se elimina la cobertura vegetal o

se modifica la superficie natural. Durante las actividades de preparación del sitio y construcción, principalmente desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación y conformación del cuerpo carretero, estos materiales quedarán temporalmente expuestos, por lo que será necesario aplicar medidas de estabilización y control de erosión.

La presencia de riolita en sectores específicos del AP introduce condiciones geotécnicas y geomorfológicas diferenciadas. A diferencia de los depósitos aluviales, la riolita presenta mayor consolidación y resistencia relativa, aunque su comportamiento dependerá del grado de fracturamiento, meteorización y pendiente local. En estos sectores, las actividades constructivas pueden requerir un manejo específico en cortes, excavaciones y estabilización de taludes.

Geomorfología del SAR, AI y AP

Geomorfológicamente, las tres unidades de análisis se insertan en un sistema de bajadas con lomeríos, caracterizado por superficies de pendiente suave a moderada que descienden desde elevaciones locales hacia zonas de acumulación. Esta configuración es típica de ambientes áridos y semiáridos, donde los escurrimientos son principalmente intermitentes y transportan sedimentos desde los lomeríos o afloramientos rocosos hacia superficies aluviales de menor pendiente.

En el SAR, la geomorfología presenta mayor heterogeneidad debido a la presencia de unidades aluviales, riolíticas, tobáceas, graníticas, calcáreas y basálticas. Las unidades más resistentes forman lomeríos y elevaciones locales, mientras que los depósitos aluviales integran la matriz dominante de bajadas y superficies de acumulación. Esta relación controla la dirección general de los escurrimientos superficiales y la distribución de sedimentos dentro del sistema ambiental regional.

En el AI, la geomorfología funciona como una franja de transición entre el AP y el SAR. La predominancia de materiales aluviales, equivalente a 88.84 %, indica que esta unidad puede recibir y transmitir efectos derivados de la obra, principalmente cuando existan escurrimientos concentrados, arrastre de sedimentos o descargas desde obras de drenaje. Por ello, el AI es relevante para evaluar procesos de borde y verificar que la intervención del AP no genere erosión marginal o sedimentación en terrenos colindantes.

En el AP, la geomorfología tiene relación directa con la ejecución de las obras. La predominancia de depósitos aluviales, equivalente a 90.21 %, indica que la mayor parte del trazo se ubica sobre superficies de acumulación y conducción temporal de escurrimientos. Esta condición no implica por sí misma una restricción para el desarrollo del proyecto, pero sí requiere medidas específicas de manejo de suelo, control de erosión, estabilización de superficies expuestas y conservación de la continuidad hidráulica.

La pendiente general del terreno es suave a moderada, lo que reduce la probabilidad de deslizamientos o movimientos de masa de gran magnitud. Sin embargo, la baja pendiente no elimina la posibilidad de erosión laminar, arrastre de partículas finas o concentración de flujo en puntos específicos, particularmente durante lluvias intensas. En materiales aluviales, la erosión puede incrementarse cuando se remueve la vegetación, se compacta el suelo o se concentran descargas sin obras adecuadas de disipación de energía.

La red de drenaje superficial asociada a estas unidades geomorfológicas es de tipo intermitente. Los cauces y escurrimientos permanecen secos durante la mayor parte del año y se activan durante eventos de precipitación intensa, principalmente en temporada de lluvias. Por esta razón, la relación entre geología, geomorfología e hidrología superficial resulta fundamental para el diseño de obras de drenaje, cunetas, alcantarillas, lavaderos, disipadores y medidas de control de sedimentos.

Interpretación comparativa SAR-AI-AP

La comparación entre las tres unidades de análisis muestra una tendencia clara: conforme se reduce la escala espacial hacia el área directamente intervenida, aumenta la proporción de depósitos aluviales. En el SAR, el aluvial representa 83.35 %; en el AI, 88.84 %; y en el AP, 90.21 %. Esta condición indica que el proyecto se desarrollará principalmente sobre materiales no consolidados, por lo que los impactos potenciales más relevantes se relacionan con erosión, compactación, modificación superficial del terreno, generación de sedimentos y alteración local de escurrimientos.

La Riolita del Cenozoico-Terciario constituye la segunda unidad en importancia en las tres escalas, con 10.03 % en el SAR, 11.16 % en el AI y 9.79 % en el AP. Su presencia aporta estabilidad relativa y heterogeneidad geomorfológica, especialmente en sectores de lomeríos o afloramientos. Las demás unidades geológicas —granito, caliza, toba ácida y basalto— sólo se presentan en el SAR, por lo que forman parte del contexto regional, pero no serán intervenidas directamente por las obras ni se ubican dentro de la franja inmediata de influencia.

La geología y geomorfología del SAR, AI y AP muestran un sistema dominado por depósitos aluviales y bajadas con lomeríos, con presencia secundaria de unidades volcánicas y rocosas de mayor competencia. Esta configuración implica que el proyecto deberá concentrar sus medidas ambientales en la estabilidad de suelos aluviales, manejo de materiales sueltos, control de erosión hídrica y eólica, conservación del drenaje natural, estabilización de taludes, revegetación de áreas no selladas y mantenimiento de obras hidráulicas. Bajo este enfoque, la intervención directa se concentrará en el AP, los efectos indirectos deberán controlarse dentro del AI y la funcionalidad geomorfológica regional del SAR deberá mantenerse mediante la conservación de escurrimientos, control de sedimentos y prevención de procesos erosivos inducidos.

Fisiografía.

La caracterización fisiográfica del Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP) se desarrolló considerando la distribución de las unidades de topoformas presentes en cada escala de análisis, con énfasis en la relación entre relieve, pendiente, escurrimientos superficiales, acumulación sedimentaria, susceptibilidad a erosión y estabilidad del terreno. Para las tres unidades de análisis, la fisiografía está dominada por superficies de bajada con lomerío, lo que indica un ambiente de transición entre elevaciones locales y zonas de acumulación, típico del paisaje árido del norponiente de Hermosillo.

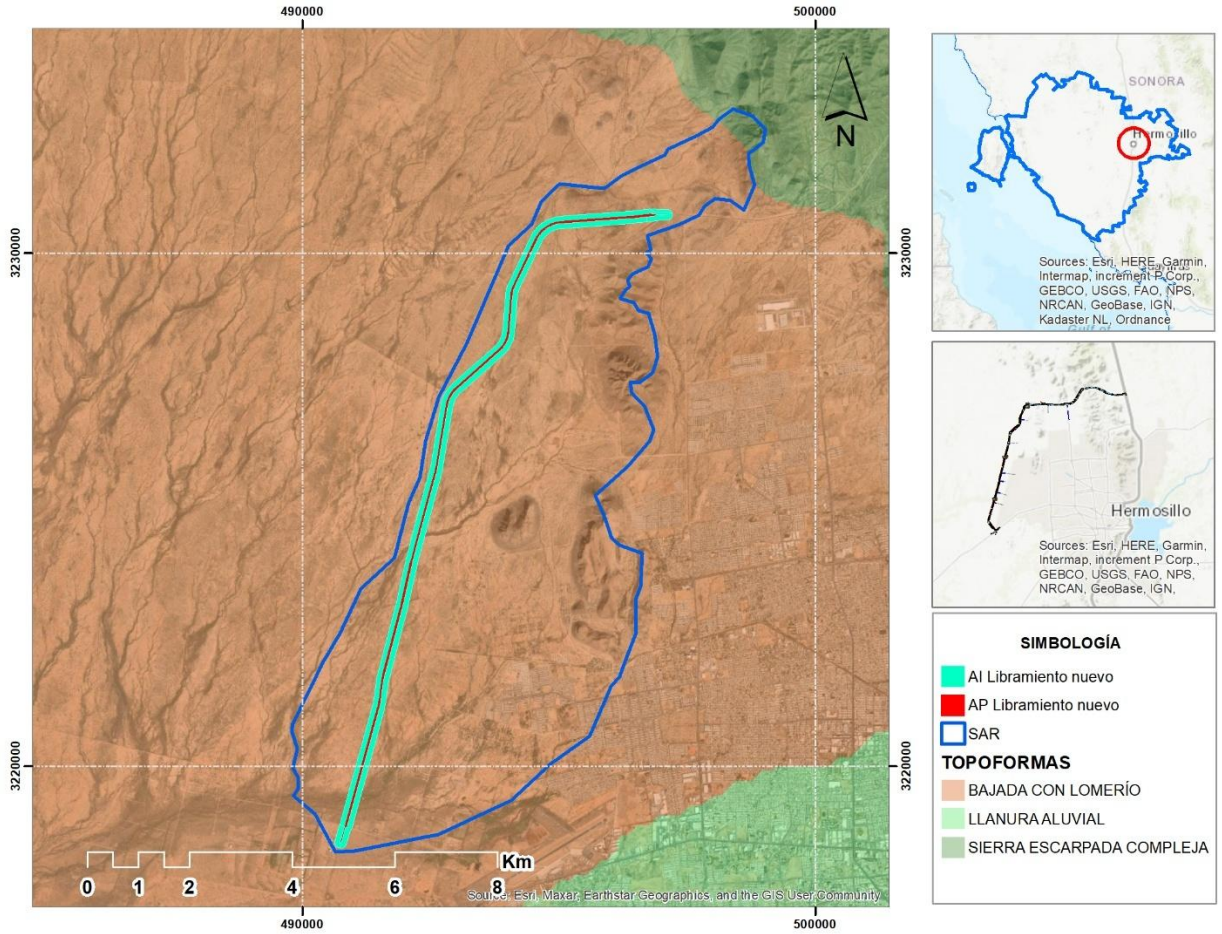


Figura III. 14 Mapa de fisiografía en el SAR, AI, AP.

En términos generales, la fisiografía del área corresponde a un relieve de baja a moderada energía, donde predominan superficies inclinadas de pendiente suave a moderada, asociadas a procesos de transporte y depósito de materiales aluviales. Estas superficies reciben aportes de

escurrimientos intermitentes provenientes de lomeríos y elevaciones locales, por lo que tienen una función importante en la conducción temporal de flujos, la redistribución de sedimentos y la formación de suelos sobre materiales aluviales. La presencia minoritaria de sierra escarpada compleja dentro del SAR aporta heterogeneidad fisiográfica regional, aunque no se presenta dentro del AI ni del AP.

Sistema Ambiental Regional

En el SAR se identificaron dos unidades fisiográficas: Bajada con lomerío y Sierra escarpada compleja. La unidad dominante corresponde a Bajada con lomerío, con una superficie de 5,651.44 ha, que representa aproximadamente 99.26 % del SAR. La segunda unidad corresponde a Sierra escarpada compleja, con 42.17 ha, que representa aproximadamente 0.74 % de la superficie regional.

Tabla III. 17 Fisiografía en el SAR.

Unidad fisiográfica	Descripción	Superficie (m²)	Superficie (ha)	Cobertura del SAR (%)
Bajada	Bajada con lomerío	56,514,424.02	5,651.44	99.26
Sierra	Sierra escarpada compleja	421,741.05	42.17	0.74
Total		**56,936,165.07**	**5,693.62**	**100.00**

La Bajada con lomerío constituye la matriz fisiográfica regional. Esta unidad se caracteriza por superficies de transición que descienden gradualmente desde elevaciones locales hacia zonas de menor pendiente, con presencia de lomeríos bajos, relieve ondulado y depósitos de origen aluvial o coluvio-aluvial. En este tipo de topoforma, los escurrimientos superficiales suelen ser intermitentes y de respuesta rápida durante lluvias intensas, especialmente en ambientes áridos donde la precipitación se concentra en eventos estacionales.

Desde el punto de vista ambiental, la predominancia de bajada con lomerío en el SAR indica que los procesos geomorfológicos regionales están controlados principalmente por la relación entre escurrimiento superficial, infiltración limitada, transporte de sedimentos y acumulación en zonas bajas. La pendiente general suave a moderada reduce la probabilidad de movimientos de masa de gran magnitud; sin embargo, la exposición de suelos, la pérdida de cobertura vegetal o la concentración artificial de escurrimientos pueden favorecer erosión laminar, formación de surcos localizados y transporte de sedimentos.

La Sierra escarpada compleja, aunque representa una proporción reducida del SAR, tiene importancia fisiográfica porque introduce zonas de mayor pendiente, relieve más abrupto y mayor control topográfico sobre el drenaje local. Estas áreas pueden funcionar como zonas de generación de escurrimientos hacia las superficies de bajada, aportando sedimentos y controlando parcialmente la dirección de los flujos. Su baja representación superficial indica que

no constituye la condición dominante del sistema, pero sí aporta heterogeneidad al relieve regional.

Área de Influencia

El Área de Influencia se localiza en su totalidad sobre la unidad fisiográfica de Bajada con lomerío. Esto significa que el entorno inmediato del proyecto presenta un relieve de transición, con pendientes suaves a moderadas, lomeríos bajos y superficies de acumulación aluvial. Esta condición es coherente con la función del AI como franja de análisis de impactos indirectos inmediatos, ya que en este tipo de relieve pueden manifestarse procesos de borde asociados a escurrimientos, erosión marginal, deposición de sedimentos y dispersión de partículas provenientes del AP.

La ausencia de unidades de sierra dentro del AI indica que la franja inmediata al proyecto no presenta condiciones fisiográficas abruptas ni pendientes dominantes que incrementen significativamente la susceptibilidad a deslizamientos o derrumbes. No obstante, al estar asociada a bajadas y materiales aluviales, la estabilidad superficial depende de la conservación de la cobertura vegetal, del manejo adecuado de escurrimientos y del control de sedimentos en puntos de descarga.

En el AI, la fisiografía de bajada con lomerío favorece escurrimientos superficiales de carácter temporal, generalmente activados durante lluvias intensas. Estos escurrimientos pueden desplazarse de manera laminar o concentrarse localmente en cauces menores, cunetas naturales o depresiones del terreno. Por ello, aunque el AI no corresponde a la superficie de ocupación directa, debe considerarse como una unidad sensible a posibles efectos secundarios derivados de la construcción, principalmente si se generan descargas concentradas, arrastre de materiales finos o erosión en márgenes.

Área del Proyecto

El Área del Proyecto también se ubica completamente dentro de la unidad fisiográfica de Bajada con lomerío. Esta condición implica que la superficie donde se desarrollarán las obras presenta un relieve de baja a moderada pendiente, con una configuración favorable para la construcción de infraestructura lineal, siempre que se mantenga la continuidad natural de los escurrimientos y se implementen medidas de estabilización superficial.

La fisiografía del AP tiene una relación directa con las actividades de preparación del sitio y construcción. Las obras de desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación,

conformación de terraplenes, pavimentación y obras de drenaje modificarán de manera puntual la superficie de bajada. Aunque no se trata de una unidad fisiográfica de alta inestabilidad, la remoción de vegetación y exposición temporal del suelo puede incrementar la susceptibilidad a erosión hídrica y eólica, especialmente durante el periodo comprendido entre el despalme y la estabilización final de las superficies intervenidas.

En esta escala, la bajada con lomerío condiciona el patrón de escurrimiento superficial del proyecto. Los flujos tienden a desplazarse siguiendo la pendiente natural hacia zonas de menor elevación, por lo que el diseño de cunetas, alcantarillas, lavaderos, obras de drenaje transversal y puntos de descarga deberá evitar la concentración erosiva del flujo. La construcción del camino deberá respetar la continuidad hidráulica de los escurrimientos intermitentes, reduciendo el riesgo de socavación, azolve o erosión localizada.

La condición fisiográfica del AP también tiene implicaciones para la restauración y revegetación. Al tratarse de superficies de bajada con suelos asociados a materiales aluviales, las áreas no selladas pueden recuperar parcialmente funciones de protección superficial mediante revegetación, estabilización de taludes, manejo de suelo fértil y obras de conservación de suelo y agua. Estas acciones serán relevantes para reducir la pérdida de suelo y favorecer la integración ambiental del proyecto.

Interpretación integrada SAR-AI-AP

La comparación entre las tres unidades de análisis muestra una alta continuidad fisiográfica. El SAR está dominado por Bajada con lomerío en 99.26 % de su superficie, mientras que el AI y el AP se ubican en su totalidad dentro de esta misma unidad. La Sierra escarpada compleja aparece únicamente como una unidad marginal dentro del SAR, con 0.74 %, por lo que forma parte del contexto regional, pero no condiciona directamente la superficie de influencia inmediata ni la huella del proyecto.

Esta continuidad fisiográfica permite interpretar que los procesos dominantes en las tres escalas están relacionados con superficies de pendiente suave a moderada, escurrimientos intermitentes, transporte y acumulación de sedimentos, así como susceptibilidad a erosión cuando se pierde cobertura vegetal. En consecuencia, los impactos potenciales del proyecto no se asocian a inestabilidad de laderas abruptas, sino a la modificación local de superficies de bajada, exposición de suelo, compactación, concentración de escurrimientos y arrastre de sedimentos.

En síntesis, la fisiografía del SAR, AI y AP indica que el proyecto se inserta en un paisaje de bajada con lomerío, con relieve predominantemente suave, dominancia de procesos aluviales y escurrimientos temporales. Esta condición permite prever que las medidas ambientales más

relevantes deberán enfocarse en el control de erosión, conservación del patrón natural de drenaje, estabilización de taludes, manejo de suelos expuestos, protección de puntos de descarga y revegetación de superficies no selladas.

Vinculación de la geología y geomorfología con el proyecto

La geología y geomorfología del SAR, AI y AP muestran una condición territorial dominada por **depósitos aluviales del Cenozoico-Cuaternario** y por una fisiografía de **bajada con lomerío**, lo cual resulta directamente relevante para la planeación ambiental del proyecto. Esta configuración indica que la mayor parte del trazo se desarrollará sobre materiales no consolidados, asociados a superficies de acumulación, escurrimientos intermitentes y pendientes suaves a moderadas. En este contexto, los impactos potenciales del proyecto no se relacionan principalmente con inestabilidad geológica profunda o procesos de remoción en masa de gran magnitud, sino con la modificación superficial del terreno, la remoción de cobertura vegetal, la compactación, la exposición temporal del suelo, la erosión hídrica y eólica, así como el arrastre de sedimentos durante eventos de lluvia.

La vinculación con el proyecto se expresa de manera diferenciada en las tres unidades de análisis. En el **SAR**, la geología y geomorfología funcionan como marco regional para interpretar la continuidad de bajadas, lomeríos, escurrimientos temporales y zonas de acumulación sedimentaria. En el **AI**, estas condiciones permiten identificar la zona donde podrían manifestarse efectos indirectos inmediatos, como erosión marginal, deposición de sedimentos o concentración de escurrimientos desde el AP. En el **AP**, la dominancia de materiales aluviales y la condición de bajada con lomerío se vinculan directamente con las actividades de desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación, conformación del cuerpo carretero, pavimentación y construcción de obras de drenaje, por lo que las medidas de cumplimiento deberán enfocarse en el manejo del suelo, estabilidad superficial, control de erosión y conservación de la continuidad hidráulica.

Tabla III. 18 Vinculación de la geología y geomorfología con el proyecto.

Unidad de análisis	Características de geología y geomorfología	Vinculación con el proyecto, medidas y cumplimiento
SAR	El SAR presenta una superficie aproximada de **5,693.52 ha**. La unidad geológica dominante corresponde al **Aluvial del Cenozoico-Cuaternario**, con **4,745.58 ha**, equivalente a **83.35 %** del sistema. En segundo término se presenta la **Riolita del Cenozoico-Terciario**, con **571.23 ha** (**10.03 %**). De forma secundaria se identifican **Toba ácida del**	En el SAR, la geología y geomorfología permiten interpretar el contexto regional donde se insertará el proyecto. La dominancia de depósitos aluviales indica una matriz territorial susceptible a procesos de erosión, transporte de sedimentos e infiltración variable, especialmente cuando se pierde cobertura

	Cenozoico-Terciario con **180.51 ha** (**3.17 %**), **Granito del Mesozoico-Cretácico** con **101.43 ha** (**1.78 %**), **Caliza del Paleozoico** con **64.00 ha** (**1.12 %**) y **Basalto del Cenozoico-Neógeno** con **30.76 ha** (**0.54 %**). Geomorfológicamente, el SAR corresponde principalmente a una unidad de **bajada con lomerío**, con presencia menor de sectores serranos o de afloramientos rocosos de mayor competencia.	vegetal o se concentran escurrimientos. El proyecto no modificará la estructura geológica regional ni la configuración fisiográfica general del SAR; sin embargo, dará cumplimiento mediante la conservación de la continuidad de los escurrimientos superficiales, la construcción y mantenimiento de obras de drenaje, el control de sedimentos, la estabilización de superficies expuestas, la revegetación de áreas intervenidas y la prevención de procesos erosivos inducidos que pudieran propagarse desde el AP hacia el sistema regional.
AI	El AI presenta una superficie aproximada de **309.75 ha**. Está integrada por dos unidades geológicas: **Aluvial del Cenozoico-Cuaternario**, con **275.20 ha**, equivalente a **88.84 %** del AI, y **Riolita del Cenozoico-Terciario**, con **34.56 ha**, equivalente a **11.16 %**. Toda el AI se ubica dentro de la fisiografía de **bajada con lomerío**, lo que indica superficies de pendiente suave a moderada, con lomeríos bajos, escurrimientos temporales y zonas de acumulación aluvial.	En el AI pueden manifestarse los efectos indirectos inmediatos derivados de las actividades constructivas del AP. La dominancia de materiales aluviales implica sensibilidad a erosión marginal, arrastre de sedimentos, deposición de partículas, modificación puntual de escurrimientos y afectación de bordes si las descargas hidráulicas no se manejan adecuadamente. El proyecto dará cumplimiento mediante la estabilización de márgenes y puntos de descarga, la instalación de controles temporales de sedimentos, la limpieza y mantenimiento de cunetas y alcantarillas, el manejo adecuado de materiales sueltos, la delimitación de frentes de obra para evitar afectaciones fuera del AP y el seguimiento de procesos erosivos o acumulación de sedimentos después de eventos de lluvia.
AP	El AP presenta una superficie aproximada de **60.28 ha**. La unidad dominante corresponde al **Aluvial del Cenozoico-Cuaternario**, con **54.38 ha**, equivalente a **90.21 %** del área. La **Riolita del Cenozoico-Terciario** ocupa **5.90 ha**, equivalente a **9.79 %**. Toda el AP se localiza sobre **bajada con lomerío**, con relieve de pendiente suave a moderada y materiales superficiales asociados a procesos de acumulación y conducción temporal de escurrimientos.	En el AP se concentrarán las modificaciones directas sobre el componente geológico-geomorfológico, debido a las actividades de desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación, conformación de terraplenes, pavimentación, obras de drenaje y señalamiento. La presencia dominante de depósitos aluviales implica que el suelo expuesto puede ser susceptible a erosión hídrica y eólica, compactación, pérdida de estabilidad superficial, generación de polvo y arrastre de sedimentos. El proyecto dará cumplimiento mediante la delimitación estricta del área de intervención, rescate y manejo del suelo fértil, estabilización temporal y definitiva

		de taludes, control de erosión en superficies desnudas, construcción oportuna de drenajes transversales, protección de puntos de descarga, manejo de acopios, revegetación de áreas no selladas y mantenimiento periódico de las obras hidráulicas y superficies estabilizadas.

En conjunto, la geología y geomorfología no representan una restricción técnica insalvable para el desarrollo del proyecto, pero sí establecen condiciones ambientales que deberán ser atendidas durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. La dominancia de materiales aluviales en las tres escalas confirma que la prevención de erosión, el manejo de sedimentos, la estabilidad de superficies intervenidas y la continuidad hidráulica constituyen los ejes principales de cumplimiento ambiental para este componente.

Susceptibilidad de la zona a: sismicidad, deslizamiento, derrumbes, inundaciones, otros movimientos de roca y posible actividad volcánica.

Sismicidad

Sonora está considerada entre las ocho primeras entidades a nivel nacional con mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos y se considera como una zona de sismicidad intermedia en función a las zonas sísmicas establecidas por el Sistema Sismológico Nacional, (Ley de Protección Civil para el Estado de Sonora, 2009).

En las zonas costeras del estado de Sonora el riesgo aún es mayor, ya que además de que existe una interacción entre los procesos exógenos de carácter continental y marino, los procesos de carácter endógeno, como es el caso de los tectónicos, hacen a ésta zona aún más vulnerable, dada la cercanía que se tiene con el sistema de fallas de San Andrés.

En el 2013, se elaboró el Atlas de Riesgos del Municipio de Hermosillo. Este trabajo aborda los diferentes tipos de riesgos geológicos e hidrometeorológicos a los que se encuentra la ciudad de Hermosillo.

Si bien es cierto que los fenómenos hidrometeorológicos son los de mayor recurrencia y los que han producido mayor afectación tanto en la ciudades y zonas rurales de las costas sonorense (SEDESOL, 2011), no se debe dejar de lado los de origen geológicos. La región costera del Estado de Sonora se considera como una zona sísmica activa, registrándose una cantidad de sismos en un radio menor de 100 Km. Para el caso de la región de Guaymas-Bahía de Kino, se tiene que, en un rango de 66 a 68 km, se presentan sismos con magnitudes no mayores a los 7°

en la escala de Richter, considerándose ambas regiones en el sexto y séptimo lugar respectivamente dentro del grado de peligrosidad sísmica de las Ciudades del noroeste de México (López-Pineda L., 2010).

La sismicidad es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que ha estado presente en la historia geológica de nuestro planeta, y que seguirá manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado. (CENAPRED, 2004). Los sismos no pueden predecirse, es decir, no existe un procedimiento que hasta el momento establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Para conocer el grado de peligro sísmico en la región de Hemosillo Sonora, se recurrió a la Regionalización Sísmica de CFE, la cual se generó empleando los registros históricos de los grandes sismos en México. Con los catálogos de sismicidad y de aceleración del terreno se establecieron 4 zonas sísmicas.

La república mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas: A, B, C, D. La zona A no se tienen registros históricos de sismos; no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. Las zonas B y C son intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentes o son zonas afectadas por altas aceleraciones, que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad. En la zona D, se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con la información proporcionada Hermosillo, Sonora se encuentra dentro de la región sísmica B, que es una zona intermedia donde los sismos son poco frecuentes; lo que indica que el grado de peligro es medio-bajo.

La región de Hermosillo, está ubicada en un área de actividad sísmica moderada, según los datos sísmicos disponibles, aproximadamente de 1918 hasta 2015 (Servicio Sismológico Nacional y U.S. Geological Survey, 2015), indican que este tipo de actividad está relacionada con la extensión al sur del sistema de Fallas de San Andrés. Este sistema dentro del Golfo de California, consiste en un conjunto de fallas transformantes de tipo lateral derecho, con rumbo aproximado NW 50°, siendo una de las zonas sísmicas más activas a nivel mundial y entra a tierra cerca de Mexicali y se liga más al norte con la Falla San Andrés, en su extensión hacia el sur, dentro del Mar de Cortés, esta zona presenta menor actividad, pero sin dejar de presentarse sismos con magnitudes mayores o igual a 7° en escala de Richter.



Figura III. 15 Regionalización de la República Mexicana en base a su sismicidad y la ubicación del sitio del proyecto

Aunque los terremotos de un grado considerable no son tan comunes en Sonora, ya se han presentado algunos, el más grave ocurrió en Bavispe, el 3 de mayo de 1887, el cual llegó a 7.2 grados en la escala de Richter, mismo que causó la muerte de 44 personas, durante el sismo y daños físicos posteriores.

El último sismo de grado considerable que haya ocurrido en algún Municipio de Sonora, se presentó en 1945 en el puerto de Guaymas, el cual alcanzó una escala de 6.8 grados.

En el estado de Sonora se han registrado sismos leves y algunos casi imperceptibles, con epicentro en las profundidades del mar de Cortés o golfo de California, frente al puerto de Guaymas, algunos de estos se han sentido el 20 de noviembre de 1977, 10 de febrero de 1984, 5 de septiembre de 1986, 2, 3 y 11 de octubre de 1992. El 7 y 8 de octubre de 1993 se registraron movimientos terrestres en los municipios de Granados y Huásabas, que pusieron en alerta a la población. Entre junio y julio del 2001, se registraron algunos sismos en Granados, descartándose que hayan sido causados por la falla de Bavispe.

De acuerdo con datos del Servicio Geológico de Estados Unidos, el día viernes 23 de febrero del 2007 se presentaron tres sismos; el primero de ellos de una magnitud de 4.3 grados en la escala de Richter y los otros dos de 4.7 grados, con epicentro junto a la costa del estado de Baja California Sur. El siguiente día 24 de febrero, a las 18:18 horas, pudo registrarse otro sismo con

una magnitud también de 4.7 grados Richter, y el día 25 ocurrieron otros dos temblores más: a las 08:00 horas y a las 08:03 con magnitud de 5.3 y 5.1 grados en la escala de Richter, de manera respectiva.

El 12 de abril del 2012 según datos proporcionados por el Servicio Sismológico Nacional, siendo las 12:05 Hrs, se registró un Sismo de 6.0° Escala Richter a 150 km aproximadamente al oeste de Hermosillo, con epicentro a 111 km al Noroeste de Guerrero Negro en Baja California Sur. Posteriormente a las 12:15 horas, se registró un segundo sismo con escala Richter de 6.8°, también a 150 km al Oeste de Hermosillo y con epicentro a 111 km al Noroeste de Guerrero Negro. Ambos movimientos telúricos se sintieron con firmeza y cierta intensidad en varios municipios del estado, desde el norte, centro y sur, no se tiene registro de personas lesionadas; sin embargo, se realizó una inspección física en cada uno de las localidades para determinar posibles afectaciones o daños materiales en casas o edificios.

En el 2017 se presentó un sismo que tuvo afectaciones en algunas localidades del estado de Sonora, siendo de los de más afectación en los últimos años, en infraestructura educativa, agua potable, drenaje, algunas situaciones colapsadas, sí sufrió daños el Estado en algunos municipios como Obregón, Álamos y Navojoa.

Por lo que, debido a esta frecuencia, pudiera parecer que estos siniestros están alejados de toda posibilidad, la realidad es que anualmente se presentan varios sismos, de bajas intensidades. Durante el 2020 se presentaron nueve terremotos en el Estado de Sonora, de entre 3 y 4 grados en la escala de Richter, dos en Cananea, tres en Magdalena, tres en Santa Ana y uno en Nacozari de García. El último fue el 8 de agosto del 2020 en Cananea, con una intensidad de 3.5 grados. En esa ocasión no hubo pérdidas humanas que lamentar, ni tampoco personas lesionadas, pero sí hubo daños económicos, debido a la afectación de diversa infraestructura en municipios del Sur de la entidad.

En resumen, la región donde se localiza el Libramiento Norponiente Hermosillo, está ubicada en un área de actividad sísmica moderada, según los datos sísmicos disponibles, aproximadamente de 1918 hasta 2015 (Servicio Sismológico Nacional y U.S. Geological Survey, 2015), indican que este tipo de actividad está relacionada con la extensión al sur del sistema de Fallas de San Andrés. Este sistema dentro del Golfo de California, consiste en un conjunto de fallas transformantes de tipo lateral derecho, con rumbo aproximado NW 50°, siendo una de las zonas sísmicas más activas a nivel mundial y entra a tierra cerca de Mexicali y se liga más al norte con la Falla San Andrés, en su extensión hacia el sur, dentro del Mar de Cortés, esta zona presenta menor actividad, pero sin dejar de presentarse sismos con magnitudes mayores o igual a 7°en escala de Richter. (Martínez Marmolejo, 2018).

De acuerdo a información documentada por este autor, con datos del Servicio Sismológico Nacional, la mayor parte de sismos en el estado de sonora se localizan al noroeste, oeste y suroeste del estado en el mar de Cortés y algunos en el noreste, así como algunos distribuidos

en el sur del estado. En los últimos 41 años se han registrado alrededor de 10 sismos mayores de 6°.

Tsunamis.

Los Tsunamis son eventos complejos donde una serie de olas de gran energía y tamaño variable se producen en los bordes de las placas tectónicas, debido al deslizamiento vertical de una placa, generando el desplazamiento vertical de una gran masa de agua. Este tipo e olas remueven una cantidad de agua superior a las olas superficiales producidas por el viento. De acuerdo con el catálogo de tsunamis ocurridos en México a partir del S. XVIII, se han registrado el arribo de 60 tsunamis a la costa occidental de México en los últimos 250 años. Los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 m. de altura y los de origen local han tenido olas de 5 m. en promedio y excepcionalmente hasta 10 m. de altura, causando pérdida de vidas y bienes con la consecuente destrucción de comunidades. En la historia reciente no se tiene conocimiento de que en México hayan ocurrido tsunamis tan destructivos.(tomado de Marmolejo Martínez, 2018). Para este tipo de eventos estamos muy alejados de la costa y por lo tanto no se consideran algún tipo de efecto en el proyecto.

Los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, están expuestos a tsunamis locales y lejanos, mientras que Baja California, Sonora y Sinaloa, están expuestos a tsunamis lejanos y regionales.

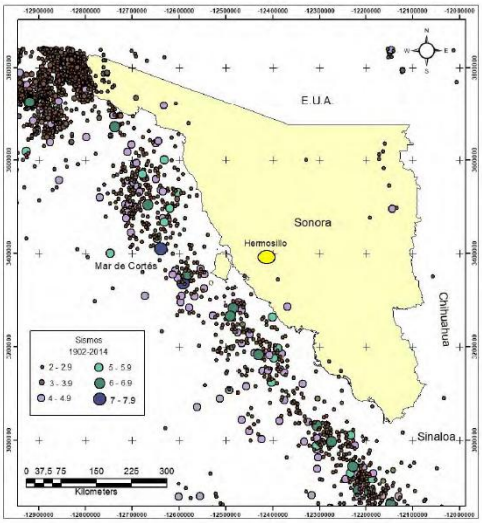


Figura III. 16 Esta imagen muestra la sismicidad de Sonora y la distribución de focos sísmicos con sus respectivas magnitudes. Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2015 y U.S.Geological Survey, 2015. (Tomado de Martinez Marmolejo, 2018)

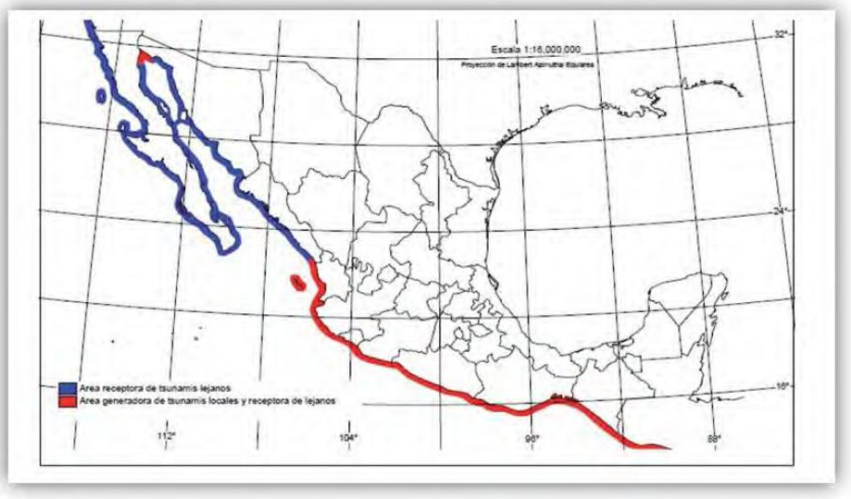


Figura III. 17 Áreas de la Republica expuesta a tsunamis lejanos (noroeste) y a locales y lejanos (sureste del país).

Vinculación de la susceptibilidad geológica y geodinámica con el proyecto

La susceptibilidad de la zona a fenómenos geológicos y geodinámicos se vincula con el proyecto principalmente a partir de la sismicidad regional, la estabilidad del relieve, la posible ocurrencia de movimientos de tierra o roca, la ausencia de efectos relevantes por tsunamis debido a la distancia del sitio respecto a la costa, y la baja probabilidad de actividad volcánica directa. La región de Hermosillo se ubica dentro de la zona sísmica B, considerada una zona intermedia donde los sismos son poco frecuentes y el grado de peligro se interpreta como medio-bajo; no obstante, la actividad sísmica regional está relacionada con la extensión meridional del sistema de fallas asociado al Golfo de California y al sistema de San Andrés, por lo que no debe descartarse la ocurrencia de sismos de baja a moderada intensidad durante la vida útil del proyecto.

Para el proyecto, esta condición no representa una restricción ambiental o técnica insalvable, pero sí debe incorporarse como criterio de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura carretera. En el SAR, la sismicidad se interpreta como una condición regional de amenaza moderada; en el AI, su relevancia se concentra en la estabilidad de márgenes, taludes, escurrimientos y obras hidráulicas cercanas al trazo; y en el AP, se vincula directamente con la estabilidad del cuerpo carretero, cortes, terraplenes, alcantarillas, obras de drenaje, pavimento y señalamiento. En cuanto a tsunamis, el sitio se encuentra alejado de la costa, por lo que no se prevén efectos directos sobre el proyecto; mientras que los deslizamientos, derrumbes y otros movimientos de tierra se consideran de baja probabilidad debido al predominio

de bajadas con lomerío y pendientes suaves a moderadas, aunque deberán prevenirse procesos locales de erosión, socavación o inestabilidad inducida por obras mal drenadas.

Tabla III. 19 Vinculación de susceptibilidad geológica y geodinámica con el proyecto.

Unidad de análisis	Características de susceptibilidad geológica y geodinámica	Vinculación con el proyecto, medidas y cumplimiento
SAR	El SAR se ubica en la región de Hermosillo, dentro de una zona de **sismicidad intermedia**, clasificada como **zona B**, donde los sismos son poco frecuentes y el peligro se considera **medio-bajo**. La actividad sísmica regional se relaciona con la extensión hacia el sur del sistema de fallas asociado al Golfo de California y al sistema de San Andrés. En el estado de Sonora se han registrado eventos sísmicos históricos relevantes, aunque la mayor concentración se localiza hacia el Golfo de California, el noroeste, oeste, suroeste y algunas zonas del noreste y sur del estado. En cuanto a tsunamis, Sonora puede estar expuesto a eventos lejanos o regionales en su franja costera; sin embargo, el proyecto se localiza alejado de la costa, por lo que este fenómeno no representa una condición de afectación directa para el SAR del proyecto.	El proyecto no modificará la condición sísmica regional ni incrementará la amenaza geodinámica del SAR. Sin embargo, dará cumplimiento mediante la incorporación de criterios de diseño estructural y constructivo acordes con la sismicidad regional, la conservación de la estabilidad geomorfológica, el control de erosión, la adecuada conducción de escurrimientos y el mantenimiento de obras de drenaje. A escala regional, las medidas deberán orientarse a evitar que la infraestructura genere procesos inducidos de socavación, erosión concentrada, inestabilidad de superficies o alteración de escurrimientos que pudieran amplificarse hacia el sistema ambiental.
AI	El AI corresponde a la franja inmediata al AP, ubicada en una zona donde predominan bajadas con lomerío, materiales aluviales y escurrimientos intermitentes. La susceptibilidad a deslizamientos, derrumbes o movimientos de roca se considera baja, debido a que no predominan sierras escarpadas ni laderas abruptas dentro de esta unidad. No obstante, la ocurrencia de sismos regionales, lluvias intensas o escurrimientos concentrados puede favorecer procesos locales de inestabilidad superficial, erosión marginal, socavación en puntos de descarga o afectación de taludes y márgenes si no se aplican medidas de control.	En el AI podrían manifestarse efectos indirectos asociados a la estabilidad del terreno, especialmente en márgenes del camino, obras de drenaje, taludes, cunetas, lavaderos, alcantarillas y puntos de descarga. El proyecto dará cumplimiento mediante la estabilización de márgenes, protección de puntos de salida hidráulica, disipación de energía, control de sedimentos, limpieza de obras de drenaje, revegetación de superficies alteradas y revisión posterior a lluvias intensas o eventos sísmicos perceptibles. Estas acciones permitirán evitar erosión marginal, socavación localizada, acumulación de sedimentos o inestabilidad inducida fuera del AP.
AP	En el AP se concentrará la intervención directa del proyecto mediante desmonte, despalme, cortes,	En el AP, la vinculación principal se relaciona con la estabilidad del cuerpo carretero, cortes,

	terracerías, compactación, conformación del cuerpo carretero, construcción de obras de drenaje, pavimentación y señalamiento. La zona se encuentra dentro de una región sísmica de peligro medio-bajo, por lo que los sismos no constituyen una limitante para la ejecución del proyecto, pero sí deben considerarse en el diseño y estabilidad de la infraestructura. La susceptibilidad a deslizamientos o derrumbes naturales es baja por el predominio de pendientes suaves a moderadas; sin embargo, las obras pueden generar taludes, superficies expuestas o puntos de concentración de escurrimientos que requieren manejo preventivo.	terraplenes, taludes, obras hidráulicas y superficies compactadas. El proyecto dará cumplimiento mediante diseño geométrico y estructural adecuado, compactación conforme a especificaciones, estabilización de taludes, construcción de drenaje transversal y longitudinal, protección contra socavación, manejo de escurrimientos, control de erosión, revegetación de áreas no selladas y mantenimiento periódico de la infraestructura. Después de lluvias extraordinarias o sismos perceptibles, se deberán revisar taludes, alcantarillas, cunetas, lavaderos, terraplenes y superficie de rodamiento para detectar asentamientos, grietas, erosión, obstrucciones o daños estructurales.

En síntesis, la susceptibilidad geológica y geodinámica del sitio no limita la viabilidad ambiental del proyecto, pero sí establece criterios preventivos de diseño, construcción y mantenimiento. La sismicidad regional obliga a considerar estabilidad estructural y revisión posterior a eventos perceptibles; la baja susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes reduce el riesgo de procesos de remoción en masa, aunque no elimina la necesidad de estabilizar taludes y controlar escurrimientos; y la distancia respecto a la costa permite descartar efectos directos por tsunamis sobre el proyecto.

III.2.1.3. EDAFOLOGÍA

A. Tipo de Suelos

La caracterización edafológica del **Sistema Ambiental Regional (SAR)**, **Área de Influencia (AI)** y **Área del Proyecto (AP)** se desarrolló con base en las unidades de suelo identificadas bajo la clasificación **WRB**, considerando el grupo edáfico dominante, tipo asociado, clase textural y superficie ocupada en cada unidad de análisis. La distribución de suelos muestra una composición dominada por **Regosoles (RG)**, **Calcisoles (CL)**, **Cambisoles (CM)**, **Leptosoles (LP)** y **Vertisoles (VR)**, con diferencias proporcionales entre las escalas de análisis.

En términos generales, la distribución edafológica guarda correspondencia con la condición fisiográfica y geológica del área, dominada por **bajadas con lomerío**, materiales aluviales y superficies de acumulación. La presencia de Regosoles y Calcisoles indica suelos típicos de ambientes áridos y semiáridos, con desarrollo limitado a moderado, acumulación de carbonatos en algunos casos, baja disponibilidad natural de humedad y sensibilidad a procesos de erosión cuando se elimina la cobertura vegetal. Los Cambisoles reflejan suelos con desarrollo incipiente a moderado; los Leptosoles se asocian a sectores someros o con limitaciones por material

parental cercano; y los Vertisoles representan suelos arcillosos con comportamiento expansivo, relevantes para la estabilidad física y el comportamiento frente a cambios de humedad.

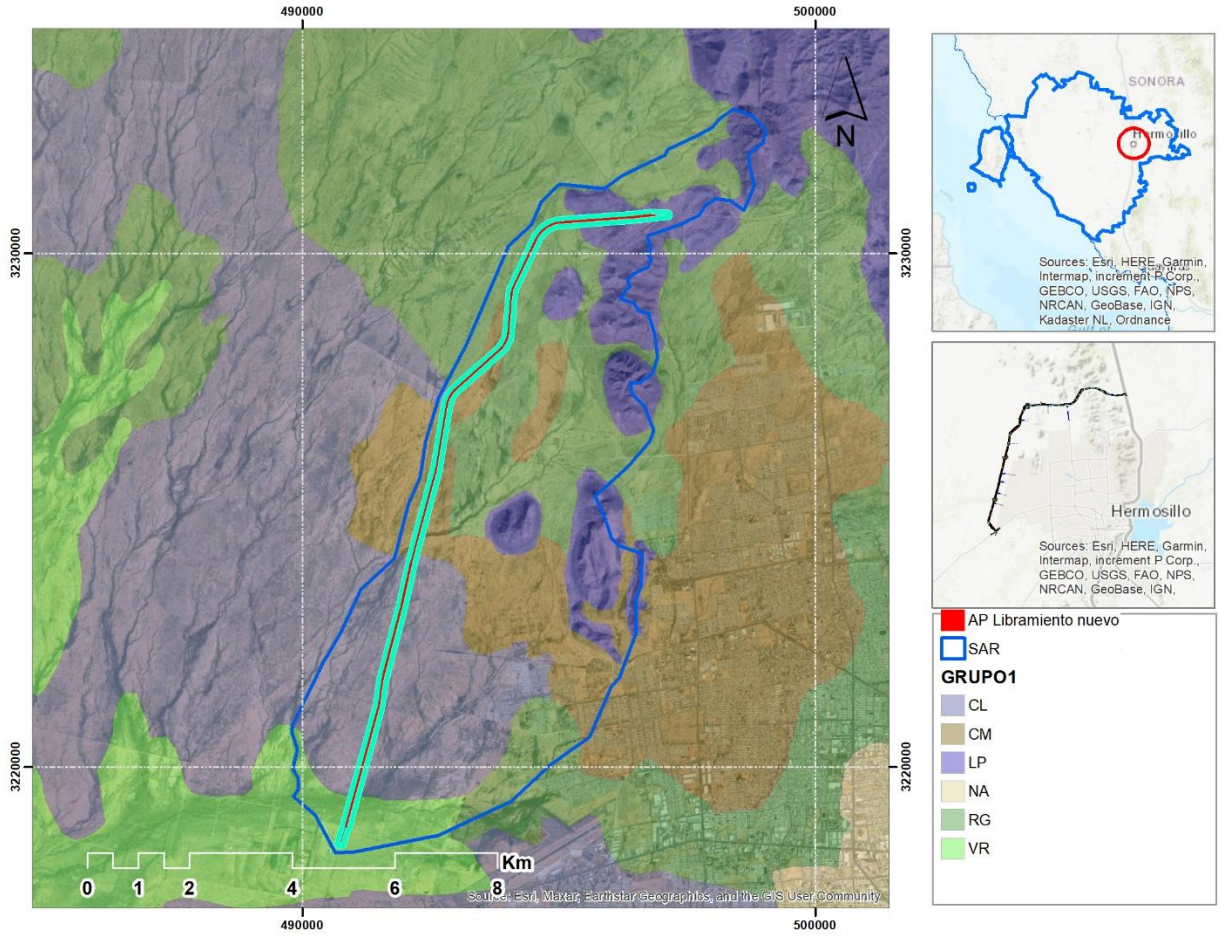


Figura III. 18 Mapa de edafología en el SAR, AI, AP.

Edafología del Sistema Ambiental Regional

En el **SAR** se identificaron once unidades edafológicas, con una superficie total aproximada de **5,693.62 ha**. El grupo de suelo con mayor representación corresponde a **Regosol (RG)**, con **1,698.73 ha**, equivalente a **29.84 %** del SAR. Le sigue el grupo **Calcisol (CL)**, con **1,536.94 ha**, equivalente a **26.99 %**. En tercer término se presentan los **Cambisoles (CM)**, con **1,107.90 ha**, equivalentes a **19.46 %**; posteriormente los **Leptosoles (LP)**, con **1,058.04 ha**, equivalentes a **18.58 %**; y finalmente los **Vertisoles (VR)**, con **292.01 ha**, que representan **5.13 %**.

Tabla III. 20 Tipos de suelo en el SAR

Clave WRB	Grupo edafológico	Tipo	Clase textural	Superficie (ha)	Cobertura del SAR (%)
CLha+CMca/2	CL	NO	2	1,536.94	26.99
CMeu+LVha/2	CM	NO	2	240.71	4.23
CMsowad+PLeusow+RGsowad/2	CM	sow	2	867.19	15.23
LPcali+RGcalep/2R	LP	ca	2	103.54	1.82
LPeuli+RGeulep/1R	LP	eu	1	393.28	6.91
LPeusk+RGeuskp/2R	LP	eu	2	84.56	1.49
LPskli+RGeulep/1R	LP	sk	1	476.66	8.37
RGeu+CMeu/2r	RG	NO	2	437.69	7.69
RGeu+CMeu+CMeuskp/2r	RG	NO	2	202.00	3.55
RGeulep+LPskli/2	RG	eu	2	1,059.04	18.60
VRcrca+CLlv/2	VR	cr	2	292.01	5.13
Total				**5,693.62**	**100.00**

La presencia dominante de **Regosoles** dentro del SAR indica una amplia distribución de suelos jóvenes, poco desarrollados y asociados a materiales no consolidados o de acumulación reciente. Estos suelos suelen presentar limitada diferenciación de horizontes, textura variable y susceptibilidad a erosión cuando se remueve la vegetación o se incrementa el escurrimiento superficial. En el contexto del SAR, los Regosoles se relacionan funcionalmente con bajadas, depósitos aluviales, superficies de transición y áreas donde los procesos de acumulación y redistribución de sedimentos son relevantes.

Los **Calcisoles** representan el segundo grupo más importante del SAR. Estos suelos son característicos de ambientes áridos y semiáridos, donde la evapotranspiración elevada y la baja precipitación favorecen la acumulación secundaria de carbonatos. Su presencia es consistente con el clima muy árido semicálido del área. Desde el punto de vista ambiental, pueden presentar buena estabilidad en condiciones naturales, pero su estructura superficial puede degradarse cuando se elimina la cubierta vegetal o se compacta el terreno.

Los **Cambisoles** ocupan una proporción importante del SAR y representan suelos con desarrollo pedogenético incipiente a moderado. Su presencia indica zonas donde los procesos de formación de suelo han avanzado más que en Regosoles, aunque sin alcanzar un desarrollo edáfico complejo. En función de su textura y posición fisiográfica, pueden presentar comportamiento variable frente a infiltración, erosión y compactación.

Los **Leptosoles** se distribuyen en aproximadamente una quinta parte del SAR. Estos suelos suelen ser someros, con profundidad limitada por roca, gravas o material parental cercano, por lo que tienen baja capacidad de almacenamiento de humedad y mayor sensibilidad a la pérdida de cobertura vegetal. En sectores con pendiente o lomeríos, los Leptosoles pueden ser más susceptibles a erosión superficial.

Los **Vertisoles**, aunque tienen menor cobertura dentro del SAR, son relevantes por su comportamiento físico. Se caracterizan por contenidos elevados de arcillas expansivas, lo que puede generar contracción en época seca y expansión durante periodos húmedos. Esta dinámica puede incidir en la estabilidad de superficies, agrietamiento, cambios volumétricos y comportamiento diferencial del suelo ante humedad.

Edafología del Área de Influencia

En el **AI** se identificaron siete unidades edafológicas, con una superficie total aproximada de **309.76 ha**. El grupo de mayor representación corresponde a **Calcisol (CL)**, con **101.19 ha**, equivalente a **32.67 %** del AI. Le siguen los **Cambisoles (CM)**, con **89.87 ha**, equivalentes a **29.01 %**; los **Regosoles (RG)**, con **60.17 ha**, equivalentes a **19.42 %**; los **Leptosoles (LP)**, con **37.20 ha**, equivalentes a **12.01 %**; y los **Vertisoles (VR)**, con **21.33 ha**, equivalentes a **6.89 %**.

Tabla III. 21 Tipos de suelo en el AI.

Clave WRB	Grupo edafológico	Tipo	Clase textural	Superficie (ha)	Cobertura del AI (%)
CLha+CMca/2	CL	NO	2	101.19	32.67
CMeu+LVha/2	CM	NO	2	36.05	11.64
CMsowad+PLeusow+RGsowad/2	CM	sow	2	53.82	17.37
LPeusk+RGeuskp/2R	LP	eu	2	13.66	4.41
LPskli+RGeulep/1R	LP	sk	1	23.54	7.60
RGeulep+LPskli/2	RG	eu	2	60.17	19.42
VRcrca+CLlv/2	VR	cr	2	21.33	6.89
Total				**309.76**	**100.00**

La distribución edafológica del AI muestra una mayor proporción relativa de **Calcisoles** y **Cambisoles** respecto al SAR, lo que indica que la franja inmediata al proyecto se desarrolla sobre suelos de ambientes áridos con acumulación de carbonatos y desarrollo pedogenético incipiente a moderado. Esta condición es relevante porque el AI representa la zona donde pueden manifestarse efectos indirectos del proyecto, tales como deposición de polvo, arrastre de sedimentos, erosión marginal y compactación localizada en áreas de apoyo o tránsito temporal.

Los **Regosoles** del AI, con cerca de una quinta parte de la superficie, representan los sectores más sensibles a erosión superficial y transporte de sedimentos, principalmente cuando se presentan lluvias intensas o escurrimientos concentrados provenientes del AP. Los **Leptosoles**, aunque menos extensos, indican áreas con suelos someros y menor capacidad de amortiguamiento frente a pérdida de cobertura o alteración superficial. Los **Vertisoles** aportan una condición física particular por su comportamiento expansivo, relevante para el análisis de estabilidad local, drenaje y respuesta ante cambios de humedad.

En conjunto, el AI presenta una mezcla de suelos de textura principalmente clase **2**, con presencia menor de clase **1** en unidades asociadas a Leptosoles. La clase textural influye en la infiltración, retención de humedad, compactación y erodabilidad, por lo que su consideración es importante para interpretar la posible propagación de impactos desde el AP hacia terrenos colindantes.

Edafología del Área del Proyecto

En el **AP** se identificaron siete unidades edafológicas, con una superficie total aproximada de **60.28 ha**. La unidad dominante corresponde a **Calcisol (CL)**, con **19.86 ha**, equivalente a **32.95 %** del AP. Le siguen los **Cambisoles (CM)**, con **18.22 ha**, equivalentes a **30.23 %**; los **Regosoles (RG)**, con **12.17 ha**, equivalentes a **20.19 %**; los **Leptosoles (LP)**, con **6.50 ha**, equivalentes a **10.78 %**; y los **Vertisoles (VR)**, con **3.53 ha**, equivalentes a **5.86 %**.

Tabla III. 22 Tipos de suelo en el AP.

Clave WRB	Grupo edafológico	Tipo	Clase textural	Superficie (ha)	Cobertura del AP (%)
CLha+CMca/2	CL	NO	2	19.86	32.95
CMeu+LVha/2	CM	NO	2	7.39	12.26
CMsowad+PLeusow+RGsowad/2	CM	sow	2	10.83	17.97
LPeusk+RGeuskp/2R	LP	eu	2	1.80	2.99
LPskli+RGeulep/1R	LP	sk	1	4.70	7.80
RGeulep+LPskli/2	RG	eu	2	12.17	20.19
VRcrca+CLlv/2	VR	cr	2	3.53	5.86
Total				**60.28**	**100.00**

La distribución del AP muestra que la superficie directamente intervenida por el proyecto se concentra principalmente sobre **Calcisoles**, **Cambisoles** y **Regosoles**, que en conjunto representan aproximadamente **83.37 %** del área. Esta composición es relevante debido a que las actividades de desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación y conformación del cuerpo carretero modificarán directamente la capa superficial de estos suelos.

Los **Calcisoles** del AP reflejan condiciones edáficas propias de ambientes secos, con acumulación de carbonatos y limitada humedad disponible. Durante la construcción, estos suelos pueden presentar pérdida de estructura superficial, compactación y generación de polvo cuando son removidos o transitados por maquinaria. Los **Cambisoles**, por su desarrollo moderado, pueden presentar mejor estructura relativa, pero también son susceptibles a degradación física si se elimina la cobertura vegetal y se exponen a escurrimientos o tránsito intenso.

Los **Regosoles** representan una proporción importante del AP y constituyen una de las unidades más sensibles a procesos de erosión hídrica y eólica, debido a su bajo desarrollo y relación con materiales sueltos o poco consolidados. Los **Leptosoles** implican suelos someros, con menor

profundidad efectiva y menor capacidad de almacenamiento de humedad; por ello, en estas áreas la recuperación de cobertura vegetal puede ser más lenta y requerir mayor cuidado en actividades de revegetación. Los **Vertisoles** se presentan en proporción menor, pero su comportamiento expansivo puede incidir en el diseño y mantenimiento de superficies estabilizadas, cunetas o zonas de contacto con infraestructura.

Interpretación comparativa SAR-AI-AP

La comparación entre las tres unidades de análisis muestra que los grupos edafológicos dominantes se mantienen entre escalas, aunque con cambios en su proporción. En el **SAR**, el grupo más representativo es el **Regosol**, con **29.84 %**, seguido por **Calcisol**, con **26.99 %**. En el **AI** y el **AP**, el grupo dominante pasa a ser **Calcisol**, con **32.67 %** y **32.95 %**, respectivamente, seguido por **Cambisol**, con **29.01 %** en AI y **30.23 %** en AP.

Esta variación indica que, aunque el SAR contiene una matriz edáfica más heterogénea, el corredor de influencia y la superficie del proyecto se concentran sobre suelos de ambientes áridos con acumulación de carbonatos y desarrollo incipiente a moderado. La proporción de **Regosoles** sigue siendo relevante en las tres escalas, especialmente por su sensibilidad a erosión y transporte de sedimentos. Los **Leptosoles** y **Vertisoles** tienen menor cobertura, pero aportan condiciones específicas de manejo: someridad y baja retención de humedad en el caso de Leptosoles, y comportamiento expansivo en el caso de Vertisoles.

Tabla III. 23 Análisis comparativo por tipo de suelo en el SAR, AI, AP.

Grupo edafológico	SAR ha	SAR %	AI ha	AI %	AP ha	AP %
Calcisol (CL)	1,536.94	26.99	101.19	32.67	19.86	32.95
Cambisol (CM)	1,107.90	19.46	89.87	29.01	18.22	30.23
Leptosol (LP)	1,058.04	18.58	37.20	12.01	6.50	10.78
Regosol (RG)	1,698.73	29.84	60.17	19.42	12.17	20.19
Vertisol (VR)	292.01	5.13	21.33	6.89	3.53	5.86
Total	**5,693.62**	**100.00**	**309.76**	**100.00**	**60.28**	**100.00**

Desde el punto de vista ambiental, la edafología del SAR, AI y AP indica que el proyecto se desarrollará sobre suelos típicos de ambientes áridos, con sensibilidad a la pérdida de cobertura vegetal, compactación, erosión hídrica y eólica, y reducción de infiltración cuando se modifica la superficie natural. En el **SAR**, la función principal del análisis edafológico es contextualizar la estabilidad y variabilidad del suelo regional. En el **AI**, permite identificar el entorno donde podrían manifestarse impactos indirectos por erosión marginal o depósito de sedimentos. En el **AP**, define la superficie donde se concentrarán las modificaciones directas y donde deberán aplicarse las medidas de manejo de suelo, conservación, estabilización y restauración.

En síntesis, los suelos presentes no representan una limitante absoluta para el desarrollo del proyecto, pero sí establecen condiciones de manejo ambiental específicas. La remoción de vegetación y el despalme deberán ejecutarse con delimitación precisa; el suelo fértil deberá

rescatarse y manejarse adecuadamente; las superficies expuestas deberán estabilizarse de manera temporal o definitiva; y las áreas no selladas deberán revegetarse para reducir erosión, favorecer infiltración y restituir parcialmente la función protectora del suelo.

B. Estimación de la erosión en el área del proyecto.

i. Análisis de la perdida de suelo

La erosión es un proceso geomorfológico que implica el desgaste y remoción de partículas del suelo por la acción de agentes naturales o por la intervención humana. El término erosión proviene del latín *erosio*, que hace referencia al desgaste progresivo que ocurre en la superficie del suelo debido a la acción de factores externos como el viento y el agua, procesos que pueden intensificarse cuando las actividades humanas modifican la cobertura vegetal y las características naturales del terreno (INEGI, 2014a).

De acuerdo con la cartografía nacional de erosión del suelo elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, este proceso se manifiesta a través de distintos tipos, los cuales se clasifican según el agente predominante que origina la pérdida de suelo.

- **La erosión antrópica** ocurre cuando el agente causal directo es la actividad humana, particularmente mediante la modificación del paisaje natural derivada de obras de infraestructura o cambios en el uso del suelo, como la construcción de carreteras, presas, asentamientos urbanos, líneas de transmisión o ductos.

- **La erosión hídrica** se produce cuando el agua actúa como agente erosivo, ya sea a través de la precipitación, escurrimientos superficiales, arroyadas, avenidas de ríos, granizadas o prácticas de riego en áreas agrícolas. El agua constituye uno de los agentes con mayor capacidad de movilización de partículas del suelo, por lo que su incidencia territorial es considerable.

- **La erosión eólica** ocurre cuando el viento actúa como agente de transporte y remoción de partículas del suelo, particularmente en regiones donde la cobertura vegetal es escasa y predominan materiales sueltos o de textura fina. Este proceso se manifiesta mediante fenómenos como tolvaneras, remolinos o tormentas de polvo.

ii. Erosion hídrica

La estimación de la erosión hídrica correspondiente al **escenario 1** (condición actual del sitio) y al **escenario 2** (condición sin cobertura vegetal) fue desarrollada en el Capítulo IV del presente

estudio, mediante la aplicación de la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

En este apartado se presentan y analizan de manera comparativa los resultados obtenidos para ambos escenarios, con el propósito de identificar las variaciones en la pérdida potencial de suelo derivadas de la remoción de la cobertura vegetal en el área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Se utilizo la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o EUPS (SAGARPA, 2005); a continuación, se muestra la memoria de cálculo del fenómeno erosivo ocasionado por el agua:

$$\boldsymbol{A = R * K * LS * C * P}$$

Los valores de cada factor se conservan de acuerdo con los cálculos realizados en el capítulo IV del presente documento.

Escenario 1

La erosión hídrica del suelo en el área del proyecto con Mezquital xerófilo y Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquita Xerófilo se estima que es de **15.5431** toneladas por hectárea por año, extrapolando los valores obtenidos al área total que estaría sujeta a cambio de uso del suelo en el terreno del proyecto (59.398 ha), esto nos da un total de **923.230 ton/ha/año**.

$$\boldsymbol{A = 2{,}855.366 * 0.0651 * 0.3997 * 0.65}$$

$$\boldsymbol{A = 15.5431\ ton/ha\ año}$$

Tabla III. 24 Estimación de la erosión hídrica en condiciones actuales del terreno.

Tipo de cobertura	Índice de erosión hídrica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión actual (ton/ha/año)
Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	48.2918	59.398	2,868.43

Escenario 2

Para el escenario 2, correspondiente a la condición en la que se realiza la remoción de la cobertura vegetal en el área del proyecto, se adoptó un valor del factor C igual a 1, el cual representa una superficie sin protección vegetal y, por lo tanto, con mayor susceptibilidad a los procesos erosivos. Bajo estas condiciones, la pérdida potencial de suelo por erosión hídrica se estimó en **74.295 ton/ha/año.**

$$\boldsymbol{E = 2{,}855.366 * 0.0651 * 0.3997 * 1}$$

$$\boldsymbol{E = 74.2950\ ton/ha\ año}$$

La erosión hídrica del suelo en el área del proyecto sin cobertura vegetal se estimó en 23.912 ton/ha año, lo que indica que para las 59.398 ha del área CUSTF se tendrá una pérdida del suelo estimada en **1,420.3541 ton/ha año**.

Tabla III. 25 Perdida de suelo en condiciones de la remoción total de la vegetación en el área CUSTF.

Tipo de cobertura	Índice de erosión hídrica (ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión del predio (ton/ha/año)
Sin vegetación	74.295	59.398	4,412.97

iii. Erosión eólica

La estimación de la erosión eólica correspondiente al **escenario 1** (condición actual del sitio) y al **escenario 2** (condición sin cobertura vegetal) fue desarrollada en el Capítulo IV del presente estudio, mediante la aplicación de la metodología de la Ecuación de Predicción de Erosión Eólica (EPEE).

En este apartado se presentan y analizan de manera comparativa los resultados obtenidos para ambos escenarios, con el propósito de identificar las variaciones en la pérdida potencial de suelo derivadas de la remoción de la cobertura vegetal en el área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Se utilizo la ecuación de la erosión eólica conservando los valores evaluados en el capítulo IV por cada tipo de vegetación.

$$\boldsymbol{E = I * K * C * L * V}$$

Escenario 1

Bajo las condiciones actuales del área CUSTF, donde se mantiene la cobertura vegetal, se estimó la pérdida de suelo por erosión eólica para cada tipo de vegetación presente. Para las áreas con vegetación de mezquital xerófilo, la pérdida estimada fue de **7.1138 ton/ha/año**.

$$E = I * K * C * L * V$$
$$E = 138.376 * 0.75 * 8.3 * 0.0100 * 0.83$$
$$\boldsymbol{E = 7.1138\ ton/ha/año}$$

Por su parte, en las zonas donde se presenta vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo, la erosión eólica estimada fue de **7.2603 ton/ha/año**.

$$E = I * K * C * L * V$$
$$E = 138.376 * 0.75 * 8.3 * 0.0100 * 0.0.84$$
$$\boldsymbol{E = 7.2603\ ton/ha/año}$$

Al considerar la proporción de superficie ocupada por cada tipo de vegetación dentro del área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), se obtiene una pérdida total estimada por erosión eólica de **425.254 toneladas por año** en el área del proyecto.

Tabla III. 26 Valores de erosión eólica actual en las áreas de los diferentes tipos de vegetación.

Tipo de vegetación	Erosión actual (ton/ha año)	Area CUSTF (ha)	Erosión actual del proyecto (ton/año)
Mezquital xerófilo	7.1139	40.928	291.1559
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo	7.2603	18.47	134.0980
	Total	**59.398**	**425.254**

Escenario 2

En virtud de que, al realizarse actividades de desmonte en el área del proyecto, el suelo quedará desprotegido por la cubierta vegetal en un 100% lo cual provocará un desprendimiento y arrastre de material edáfico por acción del viento. Así, en el área del proyecto, se puede asumir que el grado de erosión o pérdida de suelo por la acción del viento se incrementará en forma significativa.

Para calcular la erosión eólica en condiciones de desmonte, el parámetro K de la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión eólica adquiere el valor de 1.0, mientras que el factor V no se toma cuenta en la ecuación, ya que no existe una cubierta vegetal protector del suelo.

Así pues, substituyendo valores en la ecuación universal de pérdida del suelo por erosión eólica (E = I*K*C*L) para el caso del área del proyecto en todos sus tipos de vegetación después del desmonte se tiene que:

$$E = 138.376 * 1 * 8.3 * 0.0100$$
$$\boldsymbol{E = 11.4852\ ton/ha/año}$$

Considerando las tasas de erosión eólica estimadas para los diferentes tipos de vegetación existentes en el área propuesta para CUSTF, se tiene que en condiciones de suelo desnudo se pierden 220.063 toneladas de suelo en el área del proyecto al año (Tabla VI.4).

Tabla III. 27 Perdida de suelo por acción eólica en el área del proyecto después del CUSTF.

Tipo de vegetación	Erosión con desmonte (ton/ha año)	Area CUSTF (ha)	Erosión del predio (ton/año)
Sin vegetación	11.4852	59.389	682.1976

iv. Análisis comparativo de las tasas de erosión

Para el análisis comparativo se presentan los valores estimados para cada tipo de erosión evaluado, considerando las condiciones del área del proyecto y los escenarios analizados en los apartados previos.

Tabla III. 28 Tasas de erosión bajo el escenario actual y con CUSTF.

Tipo de erosión	Escenario 1 (ton/predio/año)	Escenario 2 (ton/predio/año)	Incremento (ton/predio/año)	Incremento (ton/predio/6meses)
Hídrica	2,868.434	4,412.976	1,544.541	772.270
Eólica	425.254	682.198	256.944	128.472
Total	3,293.688	5,095.174	1,801.485	900.742

El análisis de los resultados obtenidos para el predio, con una superficie de 59.389 ha, indica que durante el periodo en que el suelo permanecerá temporalmente sin cobertura vegetal pueden presentarse incrementos en las tasas de erosión tanto hídrica como eólica. La evaluación se realizó considerando un periodo anual de referencia y posteriormente ajustando los resultados al tiempo efectivo de exposición del suelo, estimado en seis meses durante la ejecución de las actividades del proyecto.

En el caso de la erosión hídrica, bajo el escenario 1, correspondiente a la condición actual con presencia de cobertura vegetal, se estimó una pérdida total de 2,868.434 toneladas de suelo al año. Para el escenario 2, asociado a la remoción temporal de la vegetación, la pérdida potencial se incrementa a 4,412.976 toneladas anuales, lo que representa una diferencia de 1,544.541 toneladas respecto a la condición actual. Considerando que el suelo permanecerá expuesto únicamente durante seis meses, la pérdida atribuible a este periodo se estima en aproximadamente **772.270 toneladas**.

Por otra parte, la erosión eólica presenta valores menores en comparación con la erosión hídrica, aunque también muestra incrementos entre escenarios. Bajo el escenario 1 se estimó una pérdida de 425.254 toneladas por año, mientras que en el escenario 2 la pérdida potencial asciende a 682.198 toneladas anuales, lo que representa una diferencia de 256.944 toneladas. De este incremento, aproximadamente **128.472 toneladas** corresponden al periodo de seis meses en que el suelo permanecerá descubierto.

De manera conjunta, la pérdida total de suelo estimada alcanza 3,293.688 toneladas anuales en el escenario 1 y 5,095.174 toneladas en el escenario 2. La diferencia entre ambos escenarios

corresponde a 1,801.485 toneladas al año; de este volumen, aproximadamente **900.742 toneladas** se asocian al periodo de seis meses de exposición del suelo.

v. Aplicación de medidas de mitigación para la erosión

De acuerdo con las estimaciones de pérdida de suelo derivadas de la remoción de la vegetación, se determinó que en un periodo de seis meses la erosión hídrica se incrementa en 772.270 toneladas, mientras que la erosión eólica aumenta en 128.472 toneladas, lo que representa un incremento conjunto de **900.742 toneladas**. En este contexto, se contempla la implementación de obras mecánicas de conservación de suelos, consistentes en zanjas bordo a curvas de nivel y cordones de vegetación muerta (Anexo 6.3 Programa de conservación de suelos y agua).

Las zanjas bordo corresponden a estructuras excavadas de forma longitudinal, dispuestas perpendicularmente a la pendiente, cuya función es interceptar el escurrimiento superficial, disminuir su velocidad, favorecer la infiltración y retener sedimentos. Para el presente proyecto, se definió que cada zanja tendrá dimensiones promedio de 100 m de longitud, 0.60 m de ancho y 0.40 m de profundidad, lo que representa un volumen de almacenamiento por estructura de 24 m^3:

Considerando una densidad aparente del suelo de 1.3 ton/m^3 (valor típico para suelos de textura media en zonas áridas), la capacidad de retención de sedimentos por zanja se estima en:

$$24\ m^3 \times 1.3\ ton/m^3 = \mathbf{31.2\ ton}$$

Con base en el dimensionamiento previo, se contempla la construcción de 25 zanjas bordo, lo que equivale a una capacidad total de retención de:

$$31.2 \times 25 = \mathbf{780\ ton}$$

Por su parte, los cordones de vegetación muerta se conforman mediante la colocación de material vegetal (ramas, troncos y residuos de desmonte) dispuesto en franjas sobre el terreno, siguiendo las curvas de nivel. Estas estructuras actúan como barreras físicas que incrementan la rugosidad superficial, reducen la velocidad del viento, atrapan sedimentos y favorecen la acumulación de materia orgánica. Para el proyecto, se definió una longitud promedio de 50 m por cordón, con una sección transversal aproximada de 0.50 m de ancho por 0.30 m de altura, lo que genera un volumen por estructura de:

$$V = 50 \times 0.50 \times 0.30 = 7.5\ m^3$$

Aplicando la misma densidad aparente del suelo, la capacidad de retención por cordón se estima en:

$$7.5\ m^3 \times 1.3\ ton/m^3 = 9.75\ ton$$

Considerando la instalación de 43 cordones de vegetación, la capacidad total de retención corresponde a:

$$9.75 \times 43 = 419.25\ ton$$

En conjunto, ambas obras alcanzan una capacidad total de retención estimada de:

$$780 + 419.25 = \mathbf{1,199.25\ ton}$$

La capacidad total de retención estimada (**1,199.25 ton**) supera la pérdida de suelo calculada para el escenario 2 (**900.742 ton en seis meses**), lo que permite establecer que las obras propuestas son suficientes para mitigar los procesos erosivos inducidos por el desmonte. Asimismo, estas acciones contribuyen a la estabilización del suelo, el incremento de la infiltración y la recuperación progresiva de la cobertura vegetal, manteniendo la funcionalidad del sistema en el área del proyecto.

Tabla III. 29 Tabla comparativa de retención de suelos por tipo de estructura.

TIPO DE OBRA	NÚMERO DE ESTRUCTURAS	DIMENSIONES PROMEDIO	VOLUMEN POR UNIDAD (M^3)	CAPACIDAD POR UNIDAD (TON)	CAPACIDAD TOTAL (TON)
Zanjas bordo	25	100 m × 0.60 m × 0.40 m	24.0	31.2	780.0
Cordones de vegetación	43	50 m × 0.50 m × 0.30 m	7.5	9.75	419.25
Total	—	—	—	—	**1,199.25**

vi. Estimación de la erosión posterior a la ejecución del proyecto

El área total propuesta para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) corresponde a 59.398 ha. No obstante, derivado de las características del proyecto, que contempla el tendido de carpeta asfáltica con un ancho de 13 m a lo largo de 15.2 km, se estima una superficie con sellamiento permanente de 19.76 ha, en la cual los procesos de erosión hídrica y eólica se ven prácticamente anulados debido a la impermeabilización del suelo.

Por otro lado, la superficie restante corresponde a áreas que, posterior a las actividades de desmonte, permanecerán sin cobertura vegetal o con cobertura reducida, estimándose en 39.638 ha. En estas zonas, la eliminación de la vegetación y la exposición directa del suelo generan condiciones propicias para el incremento de la erosión, tanto por escurrimiento superficial como por acción del viento.

Bajo este escenario (Escenario 3), la erosión proyectada para las áreas sin cobertura vegetal dentro del polígono CUSTF se estimó en 2,944.906 ton/año para erosión hídrica y 455.250

ton/año para erosión eólica, valores que reflejan la respuesta del sistema ante la pérdida de cobertura vegetal y la alteración de la superficie del suelo.

Con la finalidad de reducir la pérdida de suelo y restablecer las condiciones funcionales del sistema, se plantean acciones integrales que combinan estrategias de restauración vegetal y manejo del suelo, orientadas a disminuir la erosión y favorecer la estabilidad del terreno.

a) Establecimiento de cobertura herbácea mediante siembra de zacate nativo y regeneración natural

En las áreas del polígono CUSTF que permanecerán sin cobertura vegetal se implementará el esparcimiento de semillas de zacate nativo (*Bouteloua rothrockii*), especie adaptada a condiciones de aridez y con alta capacidad de establecimiento en suelos perturbados. Esta acción se aplicará principalmente en superficies no selladas, tales como caminos de mantenimiento y zonas expuestas, donde la cobertura vegetal fue removida durante las actividades del proyecto.

La siembra se realizará con una dosificación aproximada de 10 kg/ha, valor congruente con los rangos técnicos recomendados para el establecimiento de pastos nativos en zonas áridas, lo que permite favorecer una cobertura inicial funcional del suelo bajo condiciones de disponibilidad limitada de humedad.

El establecimiento del estrato herbáceo tiene como objetivo incrementar de manera progresiva la cobertura superficial del suelo, generando efectos directos sobre la disminución de los procesos erosivos, tales como la reducción del impacto de la lluvia sobre el suelo, la disminución de la velocidad del escurrimiento superficial y el incremento de la rugosidad del terreno, lo que limita el desprendimiento y transporte de partículas por acción del viento. Asimismo, contribuye a la retención de sedimentos finos y materia orgánica, favoreciendo la recuperación de las propiedades físicas del suelo.

Adicionalmente, esta estrategia se complementa con los procesos de regeneración natural del sitio, considerando los índices de recuperación reportados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para ecosistemas áridos, los cuales indican que la cobertura vegetal puede incrementarse de manera gradual en función de las condiciones de humedad, manejo del sitio y disponibilidad de propágulos provenientes de áreas adyacentes. Este enfoque permite integrar tanto la revegetación inducida como la recuperación natural del sistema, fortaleciendo la estabilidad del suelo en el corto y mediano plazo.

b) Reforestación con especies nativas

Se implementarán acciones de reforestación en polígonos adyacentes previamente identificados, con una superficie total de **66.36 ha**, los cuales actualmente presentan condiciones de baja o

nula cobertura vegetal. En estos sitios se establecerán especies nativas propias del mezquital xerófilo, conforme a lo definido en el "Anexo 6.1 *Programa de rescate y reubicación de flora y fauna, que incluye acciones de reforestación*".

Esta medida permitirá incrementar la cobertura vegetal, mejorar la estructura del suelo mediante el desarrollo radicular y reducir la susceptibilidad a la erosión, además de favorecer procesos de infiltración y retención de humedad.

vii. Estimación de la erosión con medidas de mitigación

La estimación de la erosión en el escenario posterior a la implementación del proyecto se desarrolló bajo un enfoque integral, considerando tanto las condiciones iniciales del sitio tras las actividades de desmonte, como la aplicación de medidas de mitigación estructurales y biológicas orientadas a reducir la pérdida de suelo a corto, mediano y largo plazo.

Durante la fase inicial, correspondiente al periodo de desmonte, se identificó un incremento en la pérdida de suelo derivado de la exposición directa del terreno. No obstante, este impacto es compensado mediante la implementación de obras mecánicas de conservación de suelos, consistentes en zanjas bordo a curvas de nivel y cordones de vegetación, cuya capacidad de retención fue dimensionada para contrarrestar el volumen de suelo potencialmente erosionado en dicho periodo.

El análisis parte de la condición inicial del predio, en la cual se identificó una superficie aproximada de 39.638 ha sin cobertura vegetal, resultado de las actividades de preparación del sitio. Bajo estas condiciones, se estimaron tasas de erosión de 74.295 ton/ha/año para el proceso hídrico y de 11.485 ton/ha/año para el proceso eólico, empleando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) y la Ecuación de Predicción de Erosión Eólica (EPEE), respectivamente.

Estrategia 1: Siembra de zacate nativo (*Bouteloua rothrockii*)

La estabilización del suelo en el área del CUSTF se basa en la generación de cobertura vegetal mediante la siembra de zacate nativo (*Bouteloua rothrockii*), especie adaptada a condiciones de baja precipitación y alta radiación, ampliamente utilizada en programas de restauración de pastizales en zonas áridas del norte de México.

En este tipo de ecosistemas, la efectividad de la vegetación para el control de la erosión no se evalúa en función del número de individuos establecidos, sino a partir del porcentaje de cobertura vegetal, el cual determina el grado de protección del suelo frente a la acción del agua y el viento.

De acuerdo con criterios técnicos de INIFAP y CONAFOR, el establecimiento de pastos presenta un comportamiento progresivo, condicionado por la disponibilidad de humedad, donde la

cobertura inicial es baja y se incrementa gradualmente conforme se consolidan las condiciones del sitio.

El establecimiento del zacate se realizó considerando una dosificación aproximada de 10 kg/ha, en concordancia con prácticas de rehabilitación de pastizales en zonas áridas reportadas por INIFAP. Su desarrollo se evalúa en términos de cobertura vegetal, con incrementos graduales condicionados por la disponibilidad de humedad.

Tabla III. 30 Estimación de la cobertura de zacate por año.

AÑO	COBERTURA ZACATE (%)
1	5
2	8
3	10
4	12
5	15

Ajuste de factores en los modelos de erosión

1. Erosión hídrica (EUPS)
Ecuación base:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Dado que los factores R, K, LS y P permanecen constantes, la reducción de la erosión se logra mediante el ajuste del **factor C (cobertura)**.

En el presente análisis, el factor de cobertura (C) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo no se asignó a partir de valores fijos correspondientes a tipos de vegetación establecidos, debido a que el área se encuentra en un proceso de recuperación progresiva posterior al desmonte.

En su lugar, se adoptó un enfoque dinámico basado en el porcentaje de cobertura vegetal efectiva del suelo, el cual es consistente con metodologías de evaluación en procesos de restauración (FAO, 1997; Morgan, 2005). Bajo este criterio, el factor C se estimó como una función directa de la fracción de suelo expuesto, permitiendo representar de manera gradual la disminución de la erosión conforme se incrementa la cobertura vegetal

Se establece:

$$C_{ajustado} = C_{suelo\ desnudo} \times (1 - \text{Cobertura})$$

$$\boldsymbol{C_{ajustado} = 1 - \text{Cobertura}}$$

2. Erosión eólica (EPEE)

Ecuación base:

$$E = I \cdot K \cdot C \cdot L \cdot V$$

El factor clave es **V (cobertura vegetal)**, el cual se ajusta como:

$$V_{ajustado} = 1 - \text{Cobertura}$$

Este factor representa la fracción del suelo expuesto a la acción del viento.

Modelación de la erosión por año

1. Erosión hídrica

$$A_{año} = 74.295 \times (1 - \text{Cobertura})$$

2. Erosión eólica

$$E_{año} = 11.485 \times (1 - \text{Cobertura})$$

Tabla III. 31 Proyección de la erosión hídrica y eólica con la aplicación de semillas de zacate nativo.

Año	Cobertura	Erosión hídrica (ton/ha/año)	Erosión hídrica total (ton/año)	Erosión eólica (ton/ha/año)	Erosión eólica total (ton/año)
0	0%	74.295	**2944.906**	11.485	**455.250**
1	5%	70.580	**2797.661**	10.910	**432.488**
2	8%	68.351	**2709.314**	10.566	**418.830**
3	10%	66.865	**2650.415**	10.336	**409.725**
4	12%	65.379	**2591.517**	10.106	**400.620**
5	15%	63.150	**2503.170**	9.762	**386.963**

El establecimiento de zacate nativo genera una reducción progresiva de la erosión al incrementar la cobertura superficial del suelo. Este efecto se refleja directamente en la disminución de los factores C y V dentro de los modelos EUPS y EPEE, respectivamente.

Desde el punto de vista hidrológico, la cobertura vegetal reduce la energía del impacto de la lluvia, favorece la infiltración y disminuye la velocidad del escurrimiento superficial, lo que limita el desprendimiento de partículas del suelo. En términos eólicos, el zacate incrementa la rugosidad superficial, reduciendo la velocidad del viento a nivel del suelo y la capacidad de arrastre de sedimentos.

No obstante, debido a que la cobertura alcanzada en los primeros cinco años es relativamente baja (≤15%), la reducción de la erosión es gradual y parcial, observándose disminuciones aproximadas del 15% respecto al escenario sin vegetación. Esto indica que, si bien el zacate constituye una medida efectiva para el control inicial de la erosión, su efecto por sí solo no es suficiente para compensar completamente la pérdida de suelo en el corto plazo.

Estrategia 2: Regeneración natural

Diversos estudios en México han documentado que la regeneración natural en zonas áridas puede generar incrementos progresivos de cobertura vegetal cuando existen condiciones mínimas de conservación del suelo y disponibilidad de humedad. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha señalado que, en

sitios con disturbio moderado, la cobertura vegetal puede recuperarse de manera gradual mediante especies herbáceas y arbustivas pioneras, particularmente gramíneas nativas y especies oportunistas.

De acuerdo con:

- INIFAP (2013). *Rehabilitación de pastizales en zonas áridas y semiáridas de México*
- CONAFOR (2010). *Manual de restauración de suelos forestales*
- FAO (1997). *Guidelines for land evaluation for rainfed agriculture*

la regeneración natural en zonas áridas presenta tasas de recuperación de cobertura que oscilan entre **2% y 5% anual en etapas iniciales**, dependiendo de factores como precipitación, manejo del sitio y conectividad ecológica.

Considerando estos porcentajes, se adoptó un escenario conservador de regeneración para el área del proyecto (Tabla VI.8):

Tabla III. 32 Proyección anual de la regeneración natural en el sitio del proyecto.

Año	Incremento anual (%)	Cobertura acumulada (%)
1	3	3
2	3	6
3	2	8
4	2	10
5	2	12

Dado que la regeneración natural incrementa la cobertura vegetal, su efecto se integra mediante la reducción proporcional de los factores:

Erosión hídrica (EUPS)

$$A = A_{base} \times (1 - \text{Cobertura})$$

Erosión eólica (EPEE)

$$E = E_{base} \times (1 - \text{Cobertura})$$

Donde:

- $A_{base} = 74.295$ ton/ha/año
- $E_{base} = 11.485$ ton/ha/año

A partir de estos datos se establece la siguiente proyección de la erosión con una regeneración natural;

Erosión hídrica

Tabla III. 33 Proyección de la erosión hídrica y eólica para un ambiente con regeneración natural.

Año	Cobertura	Erosión hídrica (ton/ha/año)	Erosión hídrica total (ton/año)	Erosión eólica (ton/ha/año)	Erosión eólica total (ton/año)
0	0	74.295	**2944.906**	11.4852	**455.2507**

1	3	72.066	**2856.559**	11.14065176	**441.5931545**
2	6	69.837	**2768.212**	10.79609552	**427.9356342**
3	8	68.351	**2709.314**	10.56639136	**418.8306207**
4	10	66.865	**2650.415**	10.3366872	**409.7256072**
5	12	65.379	**2591.517**	10.10698304	**400.6205937**

Estrategia 3: Reforestación en polígonos adyacentes

La reforestación constituye una estrategia activa de restauración ecológica que tiene como objetivo acelerar la recuperación de la cobertura vegetal, la estabilidad del suelo y la funcionalidad ecosistémica mediante el establecimiento de especies leñosas producidas en vivero.

En ecosistemas áridos y semiáridos, como el presente caso, la reforestación presenta una dinámica de crecimiento gradual, debido a limitaciones hídricas y edáficas (CONAFOR 2013; INIFAP 2014;FAO 2015; IPCC 2006)[1]. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que, aun en etapas tempranas, las plantas leñosas contribuyen a la reducción de la erosión mediante:

- Intercepción de lluvia
- Incremento de rugosidad superficial
- Estabilización del suelo por raíces
- Formación de microhábitats que favorecen la acumulación de sedimentos

La cobertura efectiva generada por reforestación en zonas áridas puede incrementarse en un rango de **3% a 8% anual durante los primeros años**, dependiendo de la supervivencia, manejo y condiciones climáticas.

Asimismo, se reconoce que la contribución de especies leñosas a la reducción de la erosión no depende únicamente de la cobertura aérea, sino también del desarrollo radicular, el cual mejora la cohesión del suelo desde etapas tempranas.

En ese sentido, y de acuerdo con el *Programa de rescate y reubicación de flora y fauna, incluye reforestación*, la reforestación se realizará en un total de 66.36 ha en polígonos que actualmente no cuentan con vegetación, para los cuales se utilizaran 45,598 organismos de 9 especies nativas. Considerando literatura técnica y condiciones del sitio, se adoptó un escenario conservador de crecimiento de cobertura:

Tabla III. 34 Estimación de la cobertura vegetal por año.

Año	Incremento anual (%)	Cobertura acumulada (%)
1	3	3

[1] CONAFOR (2013). *Manual de restauración forestal en zonas áridas y semiáridas*
INIFAP (2014). *Establecimiento y manejo de especies forestales en zonas áridas*
FAO (2015). *Forest Restoration in Drylands*
IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

2	4	7
3	5	12
4	6	18
5	7	25

Utilizando los mismos datos para la erosión hídrica y eólica se obtuvieron las siguientes proyecciones;

Tabla III. 35 Proyección de la erosión hídrica y eólica ante un escenario con reforestación.

Año	Cobertura	Erosión hídrica (ton/ha/año)	Erosión hídrica total (ton/año)	Erosión eólica (ton/ha/año)	Erosión eólica total (ton/año)
0	0%	43.427	**2881.851**	11.4852	**762.158**
1	3%	42.124	**2795.395**	11.14065176	**739.293**
2	7%	40.387	**2680.121**	10.68124344	**708.807**
3	12%	38.216	**2536.028**	10.10698304	**670.699**
4	18%	35.610	**2363.117**	9.41787056	**624.969**
5	25%	32.570	**2161.388**	8.613906	**571.618**

viii. Balance comparativo de la erosión y punto de compensación

El análisis comparativo de la tasa de erosión permitió evaluar la evolución del sistema edáfico bajo tres condiciones: escenario base (con cobertura vegetal), escenario posterior al desmonte y escenario con aplicación de medidas de mitigación. A partir de este enfoque, se determinó no solo la magnitud del impacto inicial, sino también el horizonte temporal en el que las condiciones del suelo se restablecen a niveles equivalentes a los existentes previo a la intervención. En este sentido, el cambio de uso de suelo genera un incremento en la pérdida de suelo de **1,030.95 ton/año** para la erosión hídrica y **170.41 ton/año** para la erosión eólica, para la superficie de 39.638 ha del área CUSTF (área sin sellamiento). Estos valores constituyen la base de comparación para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

Los resultados indican que, bajo la aplicación conjunta de las estrategias de siembra de zacate nativo, regeneración natural y reforestación en polígonos adyacentes, la **recuperación de la tasa de erosión eólica e hídrica se alcanza después del tercer año**. Estos periodos corresponden al momento en que las tasas de pérdida de suelo (ton/ha/año) se igualan o disminuyen respecto a la condición base del sistema, lo que indica la restitución funcional del servicio ambiental de protección del suelo (Anexo 8 MEMORIAS DE CALCULO).

Tabla III. 36 Estimación anual de la recuperación de suelo mediante la aplicación de medidas de mitigación para la erosión eólica.

Suelo recuperado por año por cada estrategia en el escenario 3				
Año	**Siembra de zacate (ton)**	**Regeneración natural (ton)**	**Reforestación (ton)**	**Suelo retenido (ton/año**
1	22.763	13.657520	22.8648	59.285
2	36.420	27.315040	53.3511	117.086
3	45.525	36.420054	91.4590	**173.404**

4	54.630	45.525067	137.1885	237.344
5	68.288	54.630081	190.5396	313.457

Tabla III. 37 Estimación anual de la recuperación de suelo mediante la aplicación de medidas de mitigación para la erosión hídrica.

Suelo recuperado por año por cada estrategia en el escenario 3				
Año	**Siembra de zacate (ton)**	**Regeneración natural (ton)**	**Reforestación (ton)**	**Suelo retenido (ton/año**
1	147.245	88.347196	86.4555	322.048
2	235.593	176.694393	201.7296	614.016
3	294.491	235.592524	345.8221	875.905
4	353.389	294.490655	518.7332	**1166.613**
5	441.736	353.388786	720.4628	1515.588

Es importante señalar que, durante los primeros años posteriores al desmonte (años 1 a 3), se presenta un diferencial entre la tasa de erosión proyectada y la condición base, asociado a la baja cobertura vegetal inicial característica de los ecosistemas áridos. No obstante, esta pérdida temporal de suelo no representa un impacto acumulativo no mitigado, ya que es **compensada mediante la implementación de obras mecánicas de conservación de suelo**, específicamente zanjas bordo y cordones de vegetación.

Estas estructuras han sido diseñadas para interceptar escurrimientos superficiales, reducir la velocidad del flujo, promover la infiltración y, de manera fundamental, **retener sedimentos movilizados por procesos erosivos**. De acuerdo con los cálculos previamente desarrollados, dichas obras presentan una capacidad de retención equivalente o superior al incremento de pérdida de suelo estimado durante el periodo crítico inicial, lo que permite establecer un balance positivo entre la pérdida y la retención de sedimentos dentro del sistema.

Desde el punto de vista técnico, esta condición implica que, aunque existe una movilización inicial de partículas del suelo, estas no se pierden del sistema, sino que son **capturadas, estabilizadas y reincorporadas en zonas de deposición controlada**, contribuyendo a la formación de microambientes que favorecen el establecimiento de la vegetación y aceleran los procesos de recuperación natural.

En este sentido, la combinación de medidas vegetativas y mecánicas genera un esquema integral de mitigación, donde:

- La **vegetación** reduce progresivamente la erosión en función del incremento de cobertura
- Las **obras mecánicas** compensan de manera inmediata la pérdida de suelo durante las etapas iniciales

Por lo anterior, se concluye que, si bien la recuperación de las tasas de erosión a condiciones de línea base se alcanza en un horizonte después de 3 años, el proyecto garantiza desde etapas tempranas la **no pérdida neta de suelo**, mediante la retención efectiva de sedimentos y la estabilización progresiva del terreno, asegurando así la continuidad del servicio ambiental de

protección y recuperación de suelos conforme a lo establecido en la normatividad ambiental vigente.

Vinculación de edafología y erosión con el proyecto

La edafología del SAR, AI y AP muestra que el proyecto se inserta en un sistema de suelos típico de ambientes áridos y semiáridos, dominado por **Regosoles, Calcisoles, Cambisoles, Leptosoles y Vertisoles**, con una mayor concentración de **Calcisoles, Cambisoles y Regosoles** en el Área del Proyecto. Esta composición es ambientalmente relevante porque dichos suelos presentan desarrollo limitado a moderado, disponibilidad natural restringida de humedad, sensibilidad a la compactación, susceptibilidad a erosión hídrica y eólica cuando se elimina la cobertura vegetal, y respuesta diferenciada ante escurrimientos, viento y cambios de humedad. En el SAR, los Regosoles representan el grupo más amplio, con **1,698.73 ha**, equivalentes al **29.84 %**; mientras que en el AI y AP domina el Calcisol, con **32.67 %** y **32.95 %**, respectivamente. En el AP, la superficie directamente intervenida se concentra principalmente sobre **Calcisoles, Cambisoles y Regosoles**, que en conjunto representan aproximadamente **83.37 %** del área, por lo que las actividades de desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación y conformación del cuerpo carretero tendrán una relación directa con la estabilidad superficial, la infiltración, la generación de polvo, la erosión y el transporte de sedimentos.

La vinculación con la erosión se expresa principalmente durante el periodo en que el suelo permanecerá temporalmente sin cobertura vegetal. La evaluación comparativa indica que, bajo el escenario actual, la pérdida total estimada es de **3,293.688 ton/año**, integrada por **2,868.434 ton/año** de erosión hídrica y **425.254 ton/año** de erosión eólica. En el escenario posterior al CUSTF, la pérdida potencial aumenta a **5,095.174 ton/año**, con un incremento conjunto de **1,801.485 ton/año**; considerando un periodo crítico de exposición de seis meses, el incremento atribuible al proyecto se estima en **900.742 ton**, de las cuales **772.270 ton** corresponden a erosión hídrica y **128.472 ton** a erosión eólica. Para compensar este incremento, el proyecto contempla obras mecánicas de conservación de suelo, consistentes en **25 zanjas bordo** y **43 cordones de vegetación muerta**, con una capacidad total de retención estimada de **1,199.25 ton**, superior al incremento de pérdida de suelo calculado para el periodo crítico. Adicionalmente, se incorporan medidas biológicas como siembra de **Bouteloua rothrockii**, regeneración natural y reforestación en **66.36 ha** con **45,598 organismos de nueve especies nativas**, lo que permite una reducción progresiva de la erosión y la recuperación funcional del servicio ambiental de protección del suelo después del tercer año.

Unidad de análisis	Características edafológicas y de erosión	Vinculación con el proyecto, medidas y cumplimiento
SAR	El SAR presenta una superficie aproximada de **5,693.62 ha** y una composición edafológica dominada por **Regosoles (1,698.73 ha; 29.84**	En el SAR, el proyecto no modificará la estructura edafológica regional ni generará una transformación generalizada de los suelos; sin

	%), **Calcisoles (1,536.94 ha; 26.99 %)**, **Cambisoles (1,107.90 ha; 19.46 %)**, **Leptosoles (1,058.04 ha; 18.58 %)** y **Vertisoles (292.01 ha; 5.13 %)**. Esta distribución indica una matriz de suelos de ambientes áridos, con desarrollo limitado a moderado, presencia de carbonatos, materiales poco consolidados en algunos sectores, suelos someros en lomeríos y unidades arcillosas con comportamiento expansivo. La erosión a escala regional se vincula con la pérdida de cobertura vegetal, la concentración de escurrimientos, el transporte de sedimentos y la susceptibilidad de Regosoles y Leptosoles a procesos erosivos cuando se altera la protección superficial.	embargo, deberá evitar que los procesos erosivos inducidos en el AP se propaguen hacia el sistema regional mediante escurrimientos, sedimentos o erosión concentrada. El proyecto dará cumplimiento mediante la conservación de la continuidad hidráulica, el control de sedimentos, la estabilización de superficies expuestas, la revegetación de áreas intervenidas, la reforestación compensatoria en polígonos adyacentes y el mantenimiento de obras de drenaje. La capacidad de retención estimada para las obras mecánicas de conservación de suelo, equivalente a **1,199.25 ton**, permite compensar el incremento temporal de erosión calculado para el periodo crítico de seis meses, estimado en **900.742 ton**, evitando una pérdida neta de suelo hacia el SAR.
AI	El AI presenta una superficie aproximada de **309.76 ha**. Los grupos dominantes son **Calcisoles (101.19 ha; 32.67 %)**, **Cambisoles (89.87 ha; 29.01 %)**, **Regosoles (60.17 ha; 19.42 %)**, **Leptosoles (37.20 ha; 12.01 %)** y **Vertisoles (21.33 ha; 6.89 %)**. La mayor proporción de Calcisoles y Cambisoles indica suelos de ambiente árido, con acumulación de carbonatos y desarrollo pedogenético incipiente a moderado. Los Regosoles del AI son relevantes por su sensibilidad a erosión superficial, arrastre de sedimentos y deposición de partículas, principalmente durante lluvias intensas o cuando reciben escurrimientos desde el AP.	En el AI pueden manifestarse impactos indirectos inmediatos derivados de la exposición del suelo en el AP, tales como erosión marginal, arrastre de sedimentos, deposición de polvo, compactación localizada y concentración de escurrimientos en márgenes, cunetas, lavaderos, alcantarillas o puntos de descarga. El proyecto dará cumplimiento mediante la delimitación estricta de frentes de obra, instalación de zanjas bordo y cordones de vegetación en sitios estratégicos, control de sedimentos, protección de puntos de descarga, mantenimiento de cunetas y alcantarillas, manejo adecuado de acopios, revegetación de superficies alteradas y seguimiento posterior a eventos de lluvia. Estas medidas permitirán que el AI funcione como zona de amortiguamiento, evitando que el material erosionado desde el AP se disperse o se pierda fuera del sistema controlado.
AP	El AP presenta una superficie aproximada de **60.28 ha**. Predominan los **Calcisoles (19.86 ha; 32.95 %)**, **Cambisoles (18.22 ha; 30.23 %)** y **Regosoles (12.17 ha; 20.19 %)**, que en conjunto representan cerca de **83.37 %** del área. También se presentan **Leptosoles (6.50 ha; 10.78 %)** y **Vertisoles (3.53 ha; 5.86 %)**. Esta composición indica que la superficie directamente intervenida contiene suelos sensibles a compactación, pérdida de estructura, generación de polvo, erosión hídrica y eólica, reducción de infiltración y degradación física cuando se elimina la cobertura vegetal. La evaluación de erosión muestra que, para la superficie CUSTF, la pérdida total pasa de	En el AP se concentrarán los impactos directos por desmonte, despalme, cortes, terracerías, compactación, conformación del cuerpo carretero, tendido de carpeta asfáltica y construcción de obras de drenaje. El proyecto dará cumplimiento mediante el rescate y manejo del suelo fértil, delimitación precisa del área de intervención, reducción del tiempo de exposición del suelo desnudo, construcción de **25 zanjas bordo** con capacidad de retención de **780 ton**, instalación de **43 cordones de vegetación muerta** con capacidad de retención de **419.25 ton**, estabilización temporal y definitiva de taludes, manejo de escurrimientos, protección de puntos de

	3,293.688 ton/año en el escenario actual a **5,095.174 ton/año** con remoción de vegetación, con un incremento anual de **1,801.485 ton/año** y un incremento de **900.742 ton** para seis meses de exposición.	descarga, siembra de **zacate nativo Bouteloua rothrockii**, regeneración natural y reforestación en **66.36 ha**. La capacidad conjunta de retención de **1,199.25 ton** supera la pérdida estimada para el periodo crítico inicial, por lo que el proyecto compensa la erosión inducida desde etapas tempranas; posteriormente, la cobertura vegetal inducida y natural permite reducir progresivamente las tasas de erosión y alcanzar la recuperación funcional después del tercer año.

En términos integrales, la relación entre edafología, erosión y proyecto muestra que la afectación más relevante se concentra en el **AP**, mientras que el **AI** funciona como zona de posible manifestación indirecta y el **SAR** como escala de control funcional regional. La pérdida temporal de cobertura vegetal incrementa la erosión hídrica y eólica, pero el balance técnico de medidas indica que las obras mecánicas compensan el periodo crítico inicial y las medidas vegetativas favorecen la recuperación progresiva de la cobertura, la infiltración, la rugosidad superficial y la estabilidad del suelo.

Con base en lo anterior, el proyecto mantiene una estrategia de cumplimiento ambiental centrada en la **no pérdida neta de suelo**, mediante la combinación de retención inmediata de sedimentos, reducción progresiva de erosión, revegetación, regeneración natural y reforestación compensatoria. Esta estrategia permite conservar la funcionalidad edáfica del sistema, limitar el transporte de sedimentos hacia el AI y SAR, y restituir gradualmente el servicio ambiental de protección y recuperación de suelos.

III.2.1.4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

a). Hidrología superficial.

El proyecto se ubica dentro de la Región Hidrológico-Administrativa II Noroeste (RHA-II Noroeste), en la Región Hidrológica RH9, Sonora Sur. Sin embargo, específicamente el trazo del libramiento se localiza en dos subcuencas: Subregión Hidrológica 9e Río Bacoachi y subcuenca b, Arroyo La Manga y la Subregión Hidrológica 9d Rio Sonora, subcuenca Rio San Miguel.

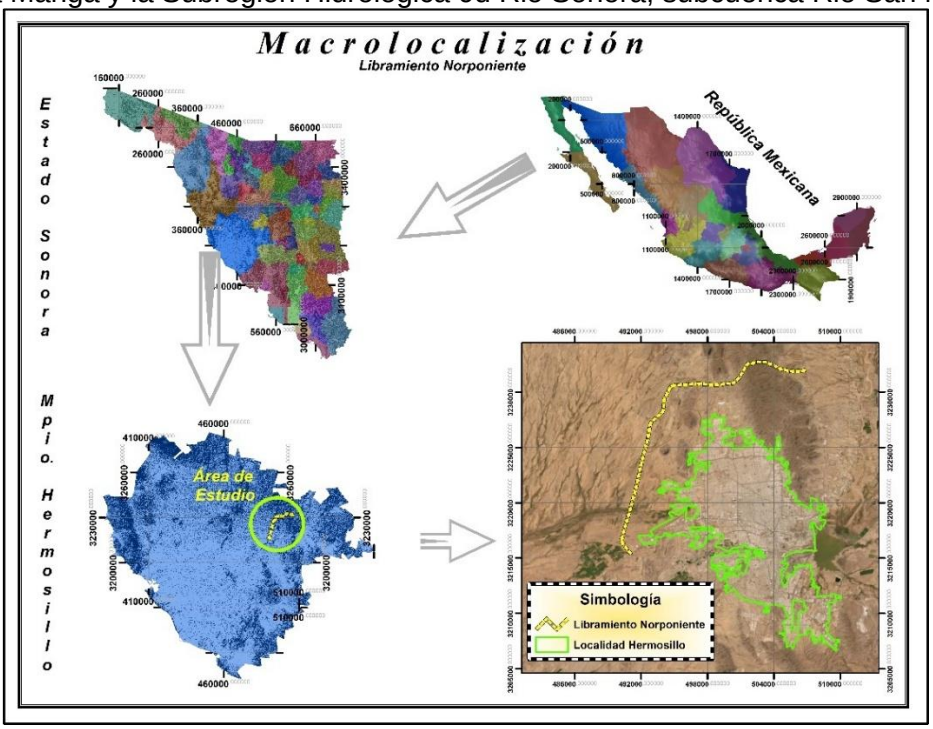


Figura III. 19 Macrolocalización del trazo del proyecto del Libramiento Norponiente Hermosillo.

La Región Hidrológica RH9, Sonora Sur, se ubica en las porciones noreste, este, centro y sur de Sonora, tiene una superficie de 137 504 km^2 en territorio mexicano, dentro de los cuales 117 363 se encuentran dentro de la entidad, lo que representa el 64% de la extensión estatal. Está conformada por las cuencas del Río Mayo, Río Yaqui, Río Mátape, Río Sonora y Río Bacoachi, siendo ésta última donde se ubica el proyecto.

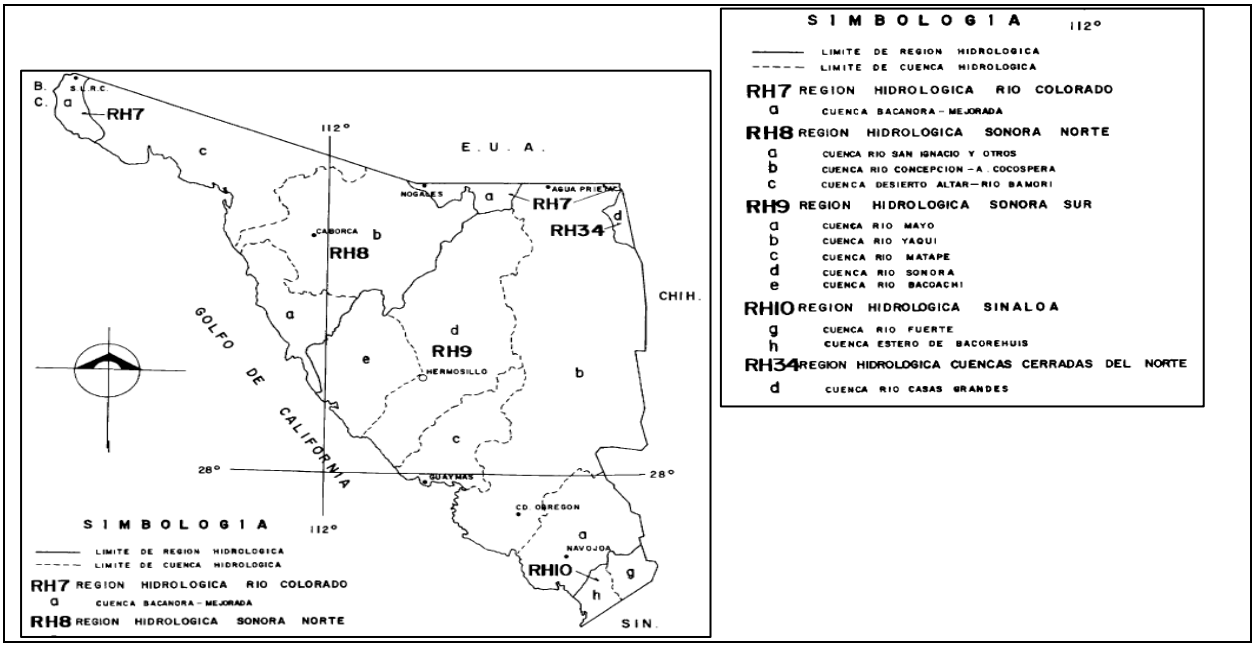


Figura III. 20 Localización de la cuenca del Rio Bacoachi (RH9e) y Rio Sonora (RH9d) con respecto las regiones hidrológicas que cubren el Estado.

La cuenca del Rio Bacoachi, colinda al norte con la cuenca del Rio Concepción, al este con la cuenca del Rio Sonora, al noroeste con la cuenca de San Ignacio y otros y al sur- sureste con el Golfo de California.

El área de la cuenca es de 12,733 km^2, con una precipitación media anual de 207 mm y solo el 3.5 % de escurrimiento debido al tipo de suelos. Si se considera el área de la cuenca y la precipitación en promedio se recibe por lluvia 2,635 millones $m^{3,}$ pero debido al bajo porcentaje de escurrimiento solo fluyen 92.25 millones de $m^{3.}$

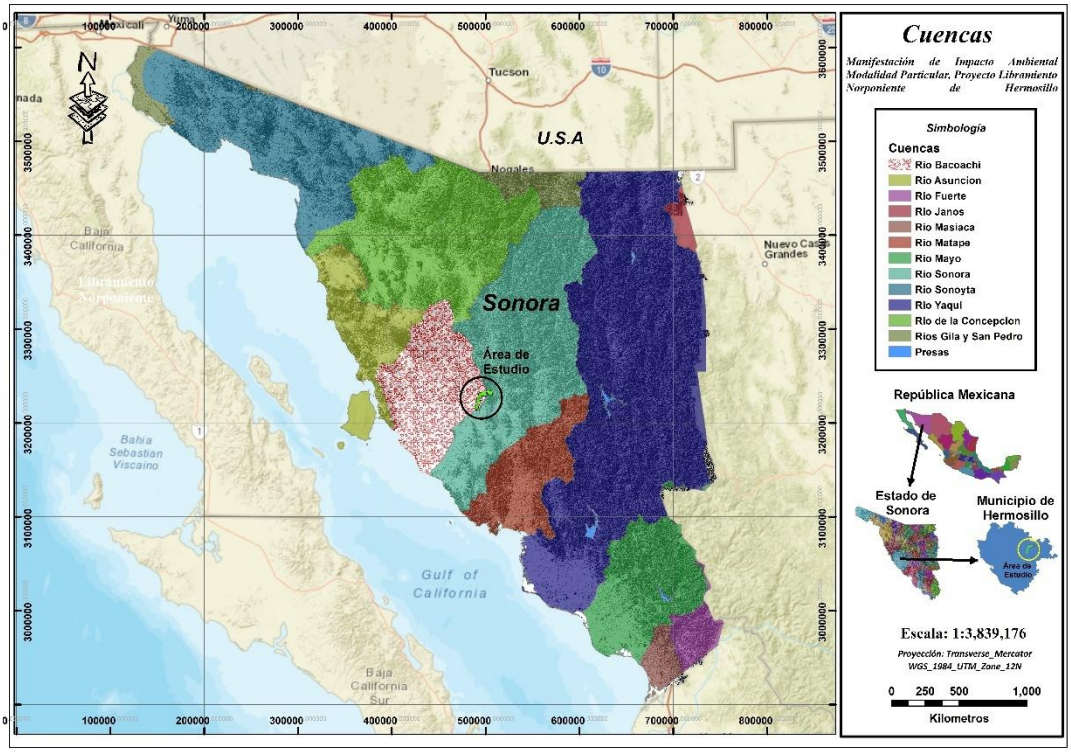


Figura III. 21 Localización del trazo del libramiento norponiente, con respecto a las cuencas que se registran en el estado de Sonora. (Información derivada de Cartas Temáticas digitales de INEGI).

Así mismo, la figura inferior presenta la subdivisión de la cuenca del Rio Bacoachi, subcuenca arroyo la Manga y Cuenca del Rio Sonora, subcuenca Rio San Miguel.

El proyecto Libramiento Norponiente Hermosillo, se localiza una parte del trazo en los límites al sureste de la cuenca 9Ea del Río Bacoachi y sub-cuenca Arroyo La Manga, y la otra porción se localiza al noroeste de la parte central de la cuenca del Rio Sonora, en la subcuenca 9De, Rio San Miguel. Estas subcuencas poseen una superficie de 466,069.10 y 421,362.32 Has respectivamente (CNA, 2006), con una precipitación media anual de 207 mm. La pendiente general es baja y el coeficiente de escurrimiento se ubica entre 0 y 5 %.

Los principales escurrimientos, del Río Bacoachi y Arroyo La Manga se encuentran inactivos, aunque en periodos de precipitación abundante vuelven a reactivarse. Cuando esto sucede, las aguas broncas buscan su salida hacia las zonas más bajas, dañando caminos y demás infraestructura que obstruye su paso. El Cauce del Río Bacoachi desaparece poco antes de llegar a la costa, en un lugar denominado Playa San Bartolo, mientras que el cauce del arroyo La Manga alcanza la porción norte del estero La Cruz, en Bahía Kino. El extremo terminal de este cauce hoy se encuentra transformado por la presencia de caminos, campos agrícolas y estanquería acuícola, (Figura IV.25)

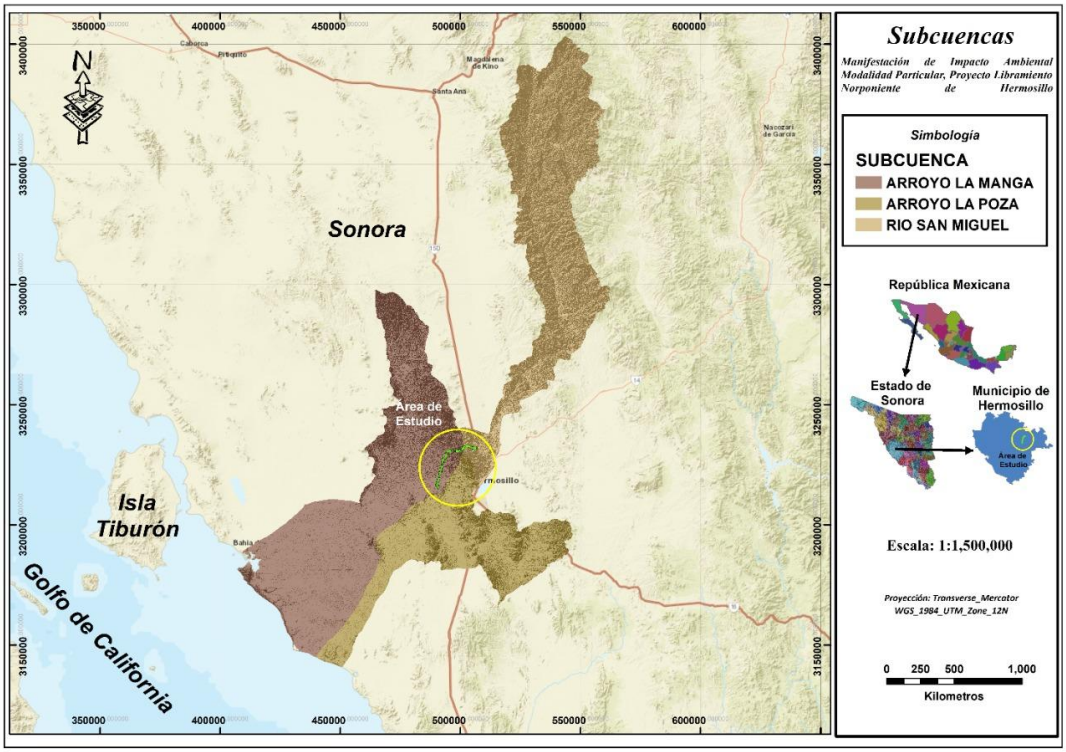


Figura III. 22 Localización del trazo del libramiento norponiente, en la subcuenca la Manga, perteneciente a la cuenca del Rio Bacoachi y la subcuenca del Rio San Miguel. (Información derivada de Cartas Temáticas digitales de INEGI).

La cuenca Río Bacoachi se localiza en el oeste del Estado y de la Región Hidrológica 9. Tiene un área de 12 733 km^2, constituida predominantemente por planicies. Su precipitación media anual es de 207 mm. Se divide en tres subcuencas:

Arroyo La Manga
Arroyo Los Pápagos y
Laguna Playa Noriega

La cuenca se caracteriza por tener exclusivamente corrientes intermitentes cuyos cauces se pierden en las planicies, ninguna desemboca en el Golfo de California.

El Río Bacoachi, principal escurrimiento de la Cuenca del mismo nombre, nace en la vertiente sur de la Sierra Jojobal., desde donde recorre una distancia de 112 km, hasta que su cauce desaparece, en un lugar denominado Playa San Bartolo, el cual es el fondo seco de un antiguo lago (playa lake). En su trayectoria, este Río mantiene una pendiente media de 0,71% y una orientación preferencial Norte-Sur con cambios al suroeste en la parte final de su trayectoria.

El sector norte del distrito de riego 51, Costa de Hermosillo, pertenece a la cuenca del Río Bacoachi y el resto a la del Río Sonora. El aprovechamiento del agua superficial en el área se realiza a través de pequeños bordos de almacenamiento, cuya finalidad esencial es el desarrollo

de la actividad pecuaria. El coeficiente de escurrimiento estimado es de 3,5%. Su volumen medio anual precipitado de 2 635,7 millones de m^3. INEGI, 1993 (op. cit.).

Flujo superficial local.

El proyecto se ubica específicamente entre las subcuencas 9Ea, arroyo La Manga (1 813 km^2), del río Bacoachi y 9De del Río San Miguel, separadas ambas por un parteaguas de trayectoria N-SW de la Sierra del Bachoco.

El principal cuerpo de agua de la región y el más cercano al proyecto lo constituye la Presa Abelardo L. Rodríguez, localizada a 19 km en linea recta del sitio más alejado del trazo del libramiento.

Drenaje subterráneo.
El área del proyecto se encuentra dentro de la zona geohidrológica Costa de Hermosillo, la cual es una planicie costera formada sobre un bloque granítico hundido, que se rellenó con materiales granulares provenientes de los cañones y sierras circunvecinas y de los afloramientos volcánicos que se localizan en la porción central y que funcionan como fronteras laterales del valle. Los materiales granulares que forman el relleno de los valles han formado un paquete sedimentario en el que se pueden diferenciar dos unidades geohidrológicas:

Un acuífero superior, que tiene superficialmente un área de 2 000 km^2, con espesor medio de 200 m aproximadamente, con un ancho medio de 40 km y largo de 50 km Compuesto de arenas, gravillas y gravas gruesas, cuyo funcionamiento es de tipo libre.

Un acuífero inferior cuyo espesor varía de 200 m a 800 m de profundidad y se encuentra localizado sobre el basamento granítico; este basamento funciona como confinante inferior.

Por otro lado, en la subcuenca del El Río San Miguel, donde se localiza la menor parte del trazo del libramiento, cuenta con una superficie de cuenca de 4213 km2. Esta cuenca colinda por el norte con la de los ríos Gila y San Pedro, que se originan en territorio mexicano y fluyen hacia el norte pasando por las inmediaciones de Benson, Arizona, E.U; al norte y oriente colinda con las cuencas de los ríos Bavispe y Moctezuma, afluentes del Río Yaqui; al sureste con el Río Mátape y el Arroyo La Bandera; al noroeste con la cuenca del Río Asunción y al suroeste con la del Río Bacoachi.

La subcuenca del Río San Miguel está formada por el área de captación de este río con el Río Zanjón; cuya confluencia se localiza aguas arriba de la presa Abelardo Rodríguez Luján, en la ciudad de Hermosillo. El rio San Miguel es el aportador más importante de agua a la presa, cuya cuenca tiene un área de captación de 8,427 km2, representando el 40% del área que drena hasta la presa. Este rio tiene sus orígenes en el parte aguas con el arroyo Cocóspera, en la Sierra Azul, a una elevación de 1,200 msnm y su curso general es hacia el sur. También confluye a esta presa el Río Sonora;

Los principales aportadores del Río San Miguel son el Río Saracachi y el Río Zanjón, que nacen en el parteaguas común con los ríos San Miguel y Al arroyo La Tinaja, situados al oriente de la cuenca del Río Asunción, en el Cerro Encarnado, a una elevación de 1,780 msnm. Los

escurrimientos del Río San Miguel se miden en la estación hidrométrica El Cajón, en la cual se tiene registrado un escurrimiento medio anual de 37.5 Hm^3, (Figura IV.6).

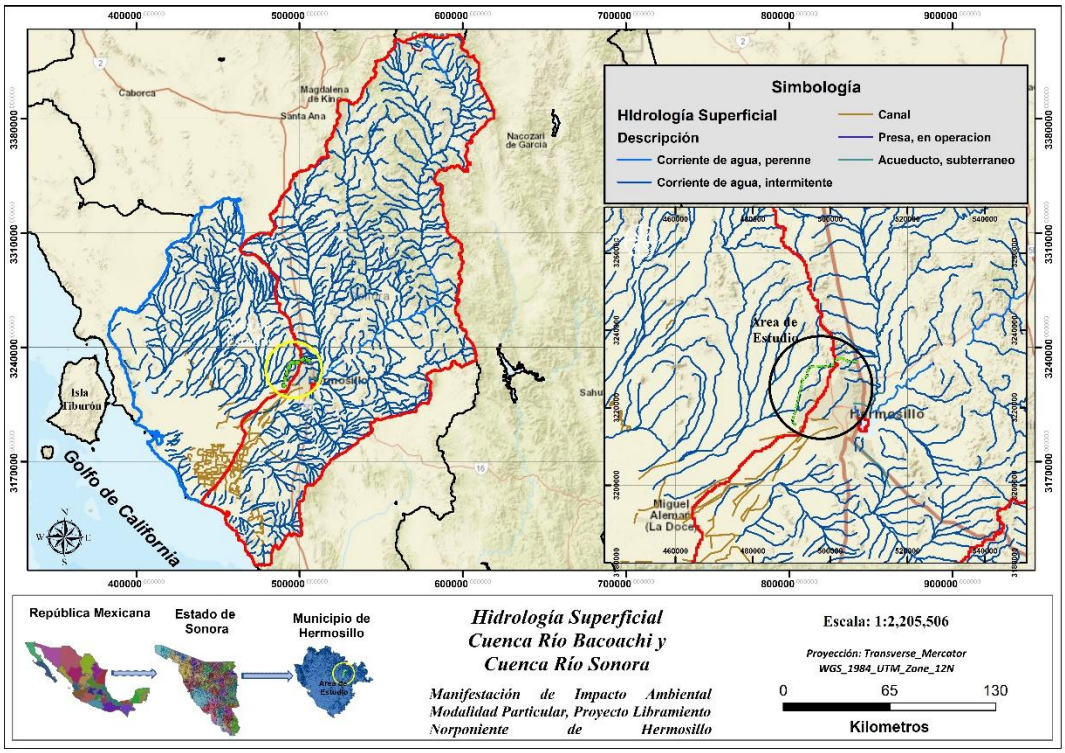


Figura III. 23 Distribución de subcuencas en la zona de estudio. Se indican los principales escurrimientos en color azul, la porción que corresponde a la subcuenca del Arroyo La Manga dentro de la cuenca del Rio Bacoachi y la subcuenca del Rio San Miguel (Información derivada de Cartas Temáticas digitales de INEGI).

III.2.1.5. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

I). Embalses y cuerpos de agua cercanos.

Como ya se ha venido mencionando a lo largo del presente documento la parte mas alejada del el trazo del libramiento, se encuentra localizado a 19 Km del cuerpo de agua mas cercano, que actualmente se mantiene casi seco, la Presa Abelardo L. Rodríguez.

III.2.1.6. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Para la evaluación de la disponibilidad de aguas subterráneas, se delimitó la cuenca hidrográfica asociada al área del proyecto. A partir de este análisis, se identificó que el sitio se localiza dentro del acuífero Costa de Hermosillo (clave 2619), clasificado como acuífero costero e integrado en la Región Hidrológica 09 Sonora Sur, conforme a la clasificación oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

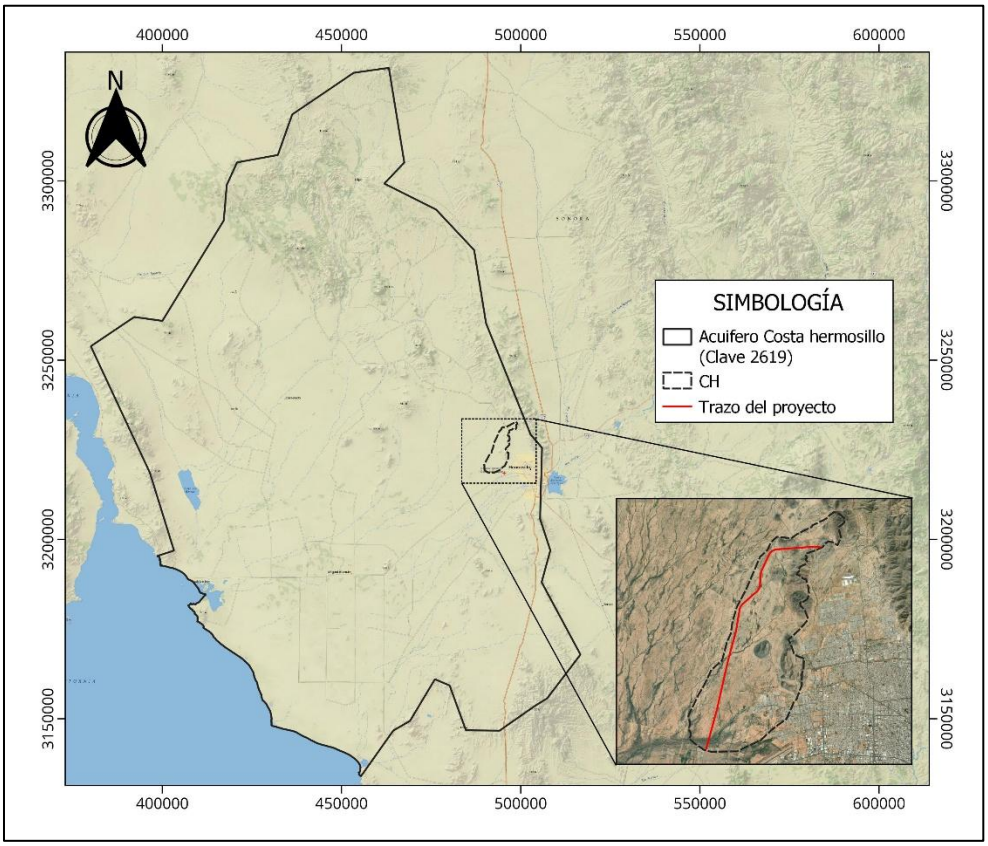


Figura III. 24 Acuífero Costa Hermosillo donde se ubica el proyecto.

La disponibilidad media anual de aguas subterráneas se determinó con base en la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana **NOM-011-CONAGUA-2015**, la cual establece que dicho valor se obtiene mediante la aplicación de un balance hídrico del acuífero, considerando la recarga total media anual, la descarga natural comprometida y el volumen de extracción registrado. Para el presente análisis se emplearon los valores oficiales publicados para el Acuífero Costa de Hermosillo, aplicando la expresión:

$$\boldsymbol{DMA = R - DNC - VEAS}$$

A. Recarga total media anual (R)

La recarga total media anual corresponde al volumen total que ingresa al acuífero por procesos naturales e incidentales. Para el acuífero Costa de Hermosillo (2619), la recarga total media anual es de:

- R = 275.2 hm³/año

Desglosada en:

- 258.3 hm³/año por recarga natural
- 16.9 hm³/año por recarga incidental

La recarga natural incluye infiltración directa de precipitación, aportaciones laterales y flujo inducido desde cauces, mientras que la recarga incidental considera retornos de riego y otras infiltraciones asociadas a actividades humanas.

B. Descarga natural comprometida (DNC)

La descarga natural comprometida se integra por los volúmenes que deben mantenerse para garantizar el equilibrio hidrológico, incluyendo caudal base hacia ríos, manantiales, sostenimiento ecológico y prevención de migración de agua de menor calidad.
Para el acuífero Costa de Hermosillo:

- DNC = 0.0 hm³/año

Lo anterior indica que no existen descargas naturales comprometidas oficialmente determinadas para este acuífero.

C. Volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS)

El volumen de extracción se determina con base en los títulos de concesión y asignación inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), así como volúmenes en proceso de registro y reservas aplicables.
Para este acuífero, el volumen reportado a la fecha de corte del 30 de diciembre de 2019 es:

- VEAS = 349,453,541 m³/año
- Equivalente a 349.453541 hm³/año

Cálculo de la Disponibilidad Media Anual (DMA)

Conforme a la metodología de la NOM-011-CONAGUA-2015:

$$\boldsymbol{DMA = R - DNC - VEAS}$$

Sustituyendo valores:

$$\boldsymbol{DMA} = 275.2 - 0.0 - 349.453541$$
$$\boldsymbol{DMA} = -74.253541\ hm^3/año$$

Equivalente a:

$$-74,253,541.m^3/año$$

El resultado negativo indica que el acuífero presenta un déficit de 74.253541 hm³/año, lo que significa que el volumen concesionado y extraído excede la recarga media anual disponible. En consecuencia:

- No existe volumen disponible para el otorgamiento de nuevas concesiones.
- El acuífero se encuentra en condición de sobreexplotación.
- La extracción actual supera la capacidad natural de renovación del sistema.

CAPTACIÓN DE AGUA QUE SE PRESENTARÁ EN EL AREA DEL PROYECTO UNA VEZ REALIZADO EL CUSTF.

Escenario 1

Para el cálculo de los valores hipotéticos de escurrimiento anual y evapotranspiración, se utilizó información de registros climatológicos, de la estación HERMOSILLO II (DGE) con clave 26139 de la Base de Datos compilada por el Servicio Meteorológico Nacional, por ser la información estandarizada y oficial vigente.

Se tomó como dato de precipitación promedio anual acumulada 389.1 mm que corresponde a los registros de esa estación meteorológica. Como resultado del análisis anterior se determinó que los valores hipotéticos de escurrimiento anual y evapotranspiración son los mismos para toda la cuenca hidrológico-forestal del proyecto y por consiguiente del área propuesta para CUSTF.

Así pues, la lámina de agua infiltrada al subsuelo, calculada hipotéticamente para determinar la captación de agua de la microcuenca de interés, es la misma para todas las zonas donde puede haber captación de agua superficial al subsuelo dentro de la microcuenca y solo se multiplica por la superficie de esas zonas de captación para determinar el volumen de agua captado en un año típico.

Para determinar la lámina de infiltración de agua se utilizó la ecuación de continuidad de Balance Hídrico (Ordoñez-Gálvez, 2011):

$$\boldsymbol{P = (ETP + Es + I)}$$

P = Precipitación pluvial;
ETP = Evapotranspiración;
Es = Escurrimiento superficial;
I = Tasa de infiltración.

De la cual se despeja "***I***" para determinar la infiltración que en nuestro caso corresponde al volumen de captación de agua, resultando la ecuación matemática:

$$\boldsymbol{I = P - ETP - Es}$$

Para el valor de P, como se mencionó anteriormente, se tomó la precipitación media anual acumulada reportada en la estación climatológica más cercana al área del proyecto, la cual es de: **389.1 mm/año**.

Para el parámetro ETP, se calculó el valor de evapotranspiración real para la zona, que corresponde al agua producto de la lluvia que retorna a la atmósfera por los fenómenos de evaporación directa y transpiración de las plantas. Para ello se tomó la ecuación de Coutagne, referida por Ordóñez-Gálvez (op.cit.) en la cual se tiene que:

$$\boldsymbol{ETP_R = P - \lambda * P^2}$$

Donde:

ETP$_R$ = Evapotranspiración real
P = Precipitación media anual = **389.1 mm** (0.3891 m^3)
λ = 1/(0.8+0.14*t)
t = Temperatura media anual = 25.5 ºC

Sustituyendo valores se obtiene :

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{1}{(0.8 + 0.4(25.5))}}$$
$$\boldsymbol{\lambda = 0.228833}$$

Entonces:

$$ETP_R = 0.3891 - ((0.22883(0.3891^2))$$
$$\boldsymbol{ETP_R = 0.3544 \frac{m}{año}}, \qquad \boldsymbol{354.454\ mm/año}$$

Escurrimiento: El valor del coeficiente de escurrimiento (*Es*) fue tomado de la información generada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en la serie Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Aguas Superficiales escala 1:250,000 Serie I, en formato digital.
En términos generales la información contenida es la siguiente:

• Regiones Hidrológicas, Cuencas y Subcuencas.
• **Unidades de Escurrimiento.**
• Información puntual de los sitios de toma de muestras de agua, con su respectivo análisis-químico de laboratorio.

Prácticamente lo que menciona esta carta de cómo son determinadas las unidades de escurrimiento es lo siguiente:

UNIDADES DE ESCURRIMIENTO: Son áreas en las que el escurrimiento tiende a ser uniforme debido principalmente, a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media. Como resultado del análisis de estos factores se obtiene un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua precipitada que escurre superficialmente.
De acuerdo a sus variaciones en el país, estos coeficientes se agrupan en cinco rangos que representan las condiciones del escurrimiento, los rangos considerados son de: 0% a 5%, 5% a 10%, 10% a 20%, 20% a 30% y mayor de 30%.

PERMEABILIDAD: La permeabilidad influye en relación inversa al comportamiento del escurrimiento, es decir, a mayor permeabilidad, menor escurrimiento. Las características de permeabilidad de los materiales constituyentes del área están clasificadas en 3 tipos: alta, media y baja, en función de su capacidad de infiltración. La permeabilidad alta predomina en las arenas de areniscas sin cementante, así como los suelos de origen aluvial, que contiene cantidades importantes de arenas, ampliamente extendidas en las planicies.

CUBIERTA VEGETAL: La densidad de la vegetación que cubre el suelo influye en la cantidad del escurrimiento generado, al actuar como retardador del mismo, propiciando la infiltración. Con una densidad que se estima moderada y escasa, se consideraron las unidades de vegetación correspondientes a matorral sarcocaule , como es el caso del Proyecto.

PRECIPITACIÓN: La precipitación es otro de los factores importantes del escurrimiento ya que depende de su intensidad y su frecuencia, la rapidez con que el suelo es saturado y comienza la escorrentía.
Para el área donde se ubica predio del proyecto se reporta un coeficiente de escurrimiento mayor de 20 a 30% de agua precipitada que llega a escurrir: 20% cuando el suelo está cubierto completamente por vegetación y más de 30 % cuando no existe cubierta vegetal en el suelo.

Para el predio donde se solicita el cambio de uso del suelo los valores de “Es” se toman del cálculo la tabla inferior

Tabla III. 38 Cálculo del valor de Es, en el predio donde se solicita el CUSTF.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

COBERTURA VEGETAL	%	Es
Cobertura total	100	0.0 %
Cobertura media	50	2.5 %
Sin cobertura vegetal	0	5.0 %

Como se indica anteriormente, si existe cubierta vegetal medio, el escurrimiento aumenta a 2.5%, adquiriendo un nuevo valor:
Valor de "**Es**" en el Mezquital Xerófilo = 389.1 mm/año (2.5%) = **9.73 mm/año**
Así pues, se tiene que la infiltración de agua en el predio después del cambio de uso del suelo será igual a:

Mezquital Xerófilo (MX) y Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófilo

Valor de "Es" en el MKX y VSaMKX del proyecto en condiciones actuales = **9.73 mm/año**

Así pues, se tiene que la infiltración actual de agua en los tipos de vegetación del área donde se solicita el cambio de uso del suelo, con base en los datos anteriores será igual a:

$$\boldsymbol{I = P - ETP_R - ES}$$
$$\boldsymbol{I} = 389.1\ mm/\text{año} \quad - 354.454\ mm/\text{año} \quad - 9.73\ mm/\text{año}$$
$$\boldsymbol{I = 24.9175\ mm/\text{año}}$$

La infiltración de **24.91 mm/año** indica que una fracción limitada de la precipitación que llega a la superficie del suelo logra incorporarse al perfil edáfico, debido a que la precipitación anual es baja y ocurre en eventos intensos pero de corta duración. En estas condiciones, una parte importante del agua se pierde por evaporación y evapotranspiración, mientras que otra fracción se convierte en escurrimiento superficial.

El volumen de infiltración de agua captada en el área del proyecto en condiciones actuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla III. 39 Estimación de la infiltración en el área del proyecto en condiciones actuales.

Tipo de vegetación	"I" en m	Área CUSTF (m^2)	Volumen de "I" en m^3
Mezquital xerófilo	0.024917537	409,280	10,198.2493
Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófila	0.024917537	184,700	4,602.269
	Total	59.398	**14,800.5184 m^3**

Escenario 2

Cuando no existe cubierta vegetal el escurrimiento aumenta a 5%, adquiriendo un nuevo valor de **19.45 mm/año**.

$$\boldsymbol{Es} = 389.1\frac{mm}{\text{año}} * 5\% = 19.45\ mm/\text{año}$$

En ese contexto, se tiene que la infiltración de agua en el predio después del cambio de uso de suelo será igual a:

$$\boldsymbol{I = P - ETP_R - ES}$$
$$\boldsymbol{I} = 389.1\ mm/\text{año} \quad - 354.454\ mm/\text{año} \quad - 19.46\ mm/\text{año}$$
$$\boldsymbol{I = 15.19\ mm/\text{año}}$$

Una vez realizado el cambio de uso del suelo, el índice de infiltración disminuye en el predio, por lo que al multiplicarlo por su superficie se tiene un volumen estimado al que se expresa en la Tabla inferior.

Tabla III. 40 Estimación de la infiltración después del cambio de uso de suelo.

Tipo de vegetación	"I" en m	Área CUSTF (m^2)	Volumen de "I" en m^3
Mezquital xerófilo y Vegetación Secundaria arbustiva de Mezquital Xerófila	0.01519	59.398	9,022.5779
	Total	59.398	**9,022.57 m^3**

Análisis comparativo de la calidad, captación e infiltración de agua.

La diferencia del volumen de infiltración de agua en el suelo en el predio del proyecto donde se solicita el cambio de uso del suelo ya una vez realizado éste se muestra en la tabla inferior.

Tabla III. 41 Comparación de la infiltración bajo el escenario actual y CUSTF.

Tipo	Superficie (ha)	Escenario 1 (m^3/año)	Escenario 2 (m^3/año)	Disminución (m^3/año)
Sin vegetación	59.389	14,800.51	9,022.57	5,777.94

Bajo la condición actual del sitio (escenario 1), se estimó una infiltración anual de **14,800.51 m^3**, asociada a la presencia de cobertura vegetal de mezquital xerófilo. En contraste, en el escenario 2, correspondiente a la remoción de la vegetación, la infiltración se reduce a **9,022.57 m^3**, lo que representa una disminución de **5,777.94 m^3** respecto a la condición original. Esta variación equivale a una reducción aproximada del **39 %** en la capacidad de infiltración del suelo.

No obstante, considerando que el suelo permanecerá sin cobertura vegetal únicamente durante **seis meses**, el efecto real sobre la infiltración corresponde a la mitad de dicha diferencia anual.

En este sentido, la disminución efectiva de infiltración durante el periodo de exposición del suelo se estima en **2,888.97 m³**. Estos resultados indican que la remoción temporal de la vegetación reduce la capacidad del suelo para permitir el ingreso del agua al subsuelo, favoreciendo una mayor proporción de escurrimiento superficial durante el periodo en que el terreno permanece descubierto.

Tabla III. 42 Volumen que se dejará de infiltrar durante el periodo de 6 meses.

Volumen de "I" en m³	Volumen de "I" en m³
14800.5184	5777.94045
Volumen total que se dejará de infiltrar en el periodo CUSTF	**2,888.97 m³ / 6 meses**

Captación de agua posterior a la implementación del proyecto con medidas de mitigación (Escenario 3)

Para la estimación de la captación de agua bajo el escenario posterior a la ejecución del proyecto, se mantuvieron los mismos criterios metodológicos aplicados en los escenarios previos, utilizando la ecuación de balance hídrico propuesta por Ordóñez-Gálvez (2011), con base en los registros climatológicos de la estación Hermosillo II (DGE), considerando una precipitación media anual de 389.1 mm y una evapotranspiración real de 354.454 mm/año.

A diferencia del escenario 2, en este caso se incorporan las condiciones finales del proyecto, considerando tanto la reducción del área efectiva del CUSTF como la implementación de medidas de mitigación orientadas a la recuperación de la cobertura vegetal y la funcionalidad hidrológica del suelo.

En este sentido, el análisis se desglosó en tres componentes:

1. Superficie con sellamiento (19.76 ha)

Las áreas sujetas a sellamiento mediante carpeta asfáltica presentan una infiltración prácticamente nula, debido a la impermeabilización del suelo, por lo que se considera:

$$I = 0\ mm/año$$

Esta superficie no contribuye a la captación de agua y representa la pérdida permanente del servicio de infiltración en el sitio.

2. Superficie sin sellamiento dentro del CUSTF

El área CUSTF cuenta con superficies sin vegetación (39.638 ha), siendo estas áreas donde se propone la implementación de las estrategias:

- Siembra de zacate (*Bouteloua rothrockii*)
- Regeneración natural

Estas acciones incrementan progresivamente la cobertura vegetal, lo que modifica el coeficiente de escurrimiento (Es), disminuyéndolo respecto al escenario de suelo desnudo.
Dado que el coeficiente de escurrimiento está directamente relacionado con la cobertura vegetal, se ajustó de forma proporcional considerando la recuperación progresiva del sitio partiendo del siguiente supuesto técnico:

- Suelo desnudo → Es = 5%
- Cobertura media (≈50%) → Es = 2.5%

Se aplica interpolación proporcional:

$$Es_{ajustado} = 5\% \times (1 - \textbf{Cobertura})$$

Tabla III. 43 Proyección de la tasa de infiltración por año con la siembra de zacate y la regeneración natural en el área CUSTF.

Años	% Cobertura vegetal	Valor ES ajustado	"I" en m	Volumen de "I" en m³/año	Incremento anual m³
0	0	19.455	0.01519	6021.026	
1	8.00%	17.898	0.01674	6637.952	**616.926**
2	14.00%	16.731	0.01791	7100.646	**1079.620**
3	18.00%	15.953	0.01869	7409.109	**1388.083**
4	22.00%	15.174	0.01947	7717.572	**1696.546**
5	27.00%	14.202	0.02044	8103.151	**2082.125**

3. Reforestación en polígonos adyacentes

Los polígonos propuestos para reforestación (66.36 ha) actualmente no presentan cobertura vegetal, pero con la implementación del programa de restauración se incrementa progresivamente la infiltración.
Para efectos de estimación, se considera que la reforestación alcanza condiciones equivalentes a cobertura media en un periodo de 5 años de acuerdo con la siguiente proyección:

Tabla III. 44 Proyección de la tasa de infiltración por año con la siembra de zacate y la regeneración natural en el área CUSTF.

Años	% Cobertura vegetal	Valor ES ajustado	"I" en m	Volumen de "I" en m³/año	Incremento anual m³
0	0	19.455	0.01519	10080.108	
1	3.00%	18.87135	0.01577	10467.418	387.310

2	7.00%	18.09315	0.01655	10983.831	903.724
3	12.00%	17.1204	0.01752	11629.348	1549.241
4	18.00%	15.9531	0.01869	12403.969	2323.861
5	25.00%	14.59125	0.02005	13307.692	3227.585

De acuerdo con las proyecciones realizadas, el volumen de agua que se dejaría de infiltrar en el área del CUSTF se estima en **3,855.786 m³/año**, considerando únicamente la superficie sin sellamiento del proyecto (39.638 ha), que corresponde a las áreas donde se presenta la pérdida temporal de cobertura vegetal. No obstante, al incorporar las medidas de mitigación, tanto directas como indirectas, se observa una recuperación progresiva de la capacidad de infiltración del suelo.

En este sentido, los resultados indican que la infiltración se restablece a niveles equivalentes a la condición inicial entre el **tercer y cuarto año**, a partir de lo cual se registra un incremento gradual en la captación de agua. Este comportamiento está asociado al establecimiento del estrato herbáceo, la regeneración natural y la mejora de las condiciones físicas del suelo.

Cabe mencionar que el impacto directo inicial será atenuado mediante la implementación de obras mecánicas para la retención de suelo y captación de agua, particularmente mediante la construcción de zanjas-bordo, las cuales favorecen la disminución del escurrimiento superficial, incrementan el tiempo de residencia del agua en el sitio y promueven su infiltración en el perfil del suelo.

Bajo este escenario, y siempre que las condiciones ambientales y de manejo del sitio se mantengan constantes, se asegura la recuperación funcional del servicio ambiental de infiltración en el mediano plazo.

Tabla III. 45 Balance final de la infiltración con medidas de mitigación.

Año	Siembra de zacate + regeneración natural (m^3)	Reforestación (m^3)	Compensación en infiltración
1	616.926	387.310	1004.236
2	1079.620	903.724	1983.344
3	1388.083	1549.241	2937.324
4	1696.546	2323.861	**4020.407**
5	2082.125	3227.585	5309.709

Análisis comparativo de la infiltración con medidas de mitigación

Con base en el análisis de balance hídrico y las proyecciones realizadas para los distintos escenarios evaluados, se determinó que el cambio de uso de suelo genera una disminución inicial en la capacidad de infiltración, asociada principalmente a la remoción temporal de la cobertura vegetal en una superficie aproximada de 39 ha sin sellamiento. Esta reducción se

estimó en un volumen de **3,855.786 m³/año**, correspondiente a la diferencia entre el escenario con cobertura vegetal y la condición posterior al desmonte.

No obstante, la incorporación de medidas de mitigación permite revertir progresivamente este efecto. En particular, la implementación de cobertura herbácea mediante siembra de zacate nativo, la regeneración natural del sitio y las acciones de reforestación en polígonos adyacentes favorecen la recuperación de las propiedades físicas del suelo, incrementando la infiltración y reduciendo el escurrimiento superficial. De manera complementaria, la instalación de obras mecánicas de conservación de suelo, como zanjas-bordo, contribuye a la retención de escurrimientos, el aumento del tiempo de residencia del agua y su infiltración en el perfil edáfico.

Los resultados indican que la capacidad de infiltración del sistema se restablece a niveles equivalentes a la condición original entre el **tercer y cuarto año**, y posteriormente presenta una tendencia de incremento gradual conforme se consolida la cobertura vegetal. Este comportamiento evidencia que la afectación inicial es de carácter temporal y reversible.

En este contexto, y considerando la escala del proyecto respecto a la cuenca hidrológica, se concluye que el desarrollo del CUSTF **no compromete de manera significativa el servicio ambiental de captación e infiltración de agua**, ya que las medidas de mitigación propuestas aseguran la recuperación funcional del sistema en el mediano plazo, garantizando el cumplimiento del principio de no pérdida neta del servicio ambiental.

Vinculación de la hidrología superficial y subterránea con el proyecto

La hidrología del SAR, AI y AP se vincula con el proyecto a partir de tres aspectos principales: la presencia de escurrimientos superficiales intermitentes propios de un ambiente árido, la ausencia de cuerpos de agua permanentes cercanos al trazo y la condición regional del acuífero Costa de Hermosillo, el cual presenta déficit hídrico. La información disponible señala que el cuerpo de agua más cercano corresponde a la presa Abelardo L. Rodríguez, localizada aproximadamente a **19 km** de la parte más alejada del trazo y actualmente con condiciones de almacenamiento muy reducidas. En materia subterránea, el proyecto se ubica dentro del **acuífero Costa de Hermosillo, clave 2619**, integrado a la Región Hidrológica 09 Sonora Sur, con una recarga total media anual de **275.2 hm³/año**, extracción de **349.453541 hm³/año** y una disponibilidad media anual negativa de **-74.253541 hm³/año**, lo que confirma una condición de sobreexplotación y ausencia de volumen disponible para nuevas concesiones.

La relación hidrológica más directa con el proyecto se presenta en el AP, donde la remoción temporal de vegetación y el sellamiento parcial del suelo modificarán la relación infiltración–escurrimiento. Bajo la condición actual, la infiltración anual estimada para el área CUSTF es de **14,800.51 m³/año**; con la remoción de vegetación se reduce a **9,022.57 m³/año**, lo que representa una disminución de **5,777.94 m³/año**, equivalente a una reducción aproximada de **39 %**. Considerando que el suelo permanecerá sin cobertura durante seis meses, la pérdida efectiva de infiltración se estimó en **2,888.97 m³**. En el escenario con medidas, la recuperación se logra mediante siembra de zacate nativo, regeneración natural, reforestación en **66.36 ha** de polígonos adyacentes y obras mecánicas como zanjas-bordo, con una compensación de infiltración que

aumenta progresivamente de **1,004.236 m³** en el año 1 a **5,309.709 m³** en el año 5, permitiendo restablecer la capacidad de infiltración entre el tercer y cuarto año.

Tabla III. 46 Vinculación de la hidrología superficial y subterránea con el proyecto.

Unidad de análisis	Características hidrológicas	Vinculación con el proyecto, medidas y cumplimiento
SAR	El SAR se ubica dentro del contexto hidrológico regional asociado al acuífero **Costa de Hermosillo, clave 2619**, integrado a la **Región Hidrológica 09 Sonora Sur**. Este acuífero presenta una recarga total media anual de **275.2 hm³/año**, integrada por **258.3 hm³/año** de recarga natural y **16.9 hm³/año** de recarga incidental. La descarga natural comprometida reportada es de **0.0 hm³/año**, mientras que el volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a **349.453541 hm³/año**, lo que genera una disponibilidad media anual negativa de **-74.253541 hm³/año**. En cuanto a hidrología superficial, el cuerpo de agua relevante más cercano es la presa Abelardo L. Rodríguez, ubicada aproximadamente a **19 km** del trazo, sin relación hidráulica directa inmediata con las obras.	En el SAR, el proyecto no modificará la disponibilidad regional del acuífero ni generará aprovechamiento nuevo de aguas subterráneas; sin embargo, la condición de sobreexplotación del acuífero refuerza la necesidad de conservar la infiltración local y evitar incrementos innecesarios en escurrimiento superficial. El proyecto dará cumplimiento mediante la conservación de la continuidad hidráulica de escurrimientos intermitentes, el diseño y mantenimiento de obras de drenaje, la estabilización de superficies expuestas, la revegetación de áreas no selladas, la reforestación compensatoria y la implementación de obras de conservación de suelo y agua. Estas medidas permitirán que la intervención local del AP no comprometa la funcionalidad hidrológica regional ni incremente procesos de erosión, sedimentación o pérdida de captación dentro del SAR.
AI	El AI corresponde a la franja inmediata al AP donde pueden manifestarse efectos indirectos sobre escurrimientos superficiales, infiltración marginal, arrastre de sedimentos y concentración local de flujo. Al compartir el mismo régimen árido del SAR y AP, los escurrimientos son principalmente intermitentes y se activan durante eventos de lluvia intensa. La disminución de cobertura vegetal en el AP puede modificar temporalmente la proporción entre infiltración y escurrimiento, favoreciendo el transporte de sedimentos hacia zonas colindantes si no se aplican medidas de control.	En el AI, la vinculación hidrológica se relaciona con la posible recepción de escurrimientos, sedimentos o flujos concentrados provenientes de superficies intervenidas en el AP. El proyecto dará cumplimiento mediante la instalación de controles de sedimentos, construcción y mantenimiento de cunetas, alcantarillas y lavaderos, protección de puntos de descarga, estabilización de márgenes, revegetación de superficies alteradas, manejo adecuado de acopios y revisión posterior a eventos de lluvia. Estas acciones reducirán la posibilidad de erosión marginal, azolve, arrastre de partículas o modificación local del drenaje fuera del AP.
AP	En el AP se concentra la modificación hidrológica directa. Bajo el escenario actual, con cobertura vegetal, la infiltración anual estimada es de **14,800.51 m³/año**. Después del CUSTF, la infiltración disminuye a **9,022.57 m³/año**, con una reducción anual de **5,777.94 m³**, equivalente a aproximadamente **39 %**. Para el periodo efectivo de seis meses de exposición del suelo, la pérdida de infiltración se estima en **2,888.97 m³**. En el escenario posterior al proyecto se considera una superficie con sellamiento permanente de **19.76 ha**, donde la infiltración será prácticamente nula, y una superficie sin sellamiento de **39.638 ha**, donde	En el AP, la hidrología se vincula directamente con el desmonte, despalme, compactación, conformación del cuerpo carretero, pavimentación y construcción de obras de drenaje. El proyecto dará cumplimiento mediante la delimitación estricta del área de intervención, reducción del tiempo de exposición del suelo desnudo, construcción de drenaje transversal y longitudinal, protección de puntos de descarga, estabilización de taludes, reforestación, regeneración natural, reforestación compensatoria en **66.36 ha** y construcción de zanjas-bordo para retener escurrimientos y favorecer la infiltración. Con

	se aplicarán medidas de recuperación de cobertura vegetal e infiltración.	estas medidas, la compensación de infiltración aumenta progresivamente de **1,004.236 m³** en el año 1 a **5,309.709 m³** en el año 5, por lo que la capacidad de infiltración se restablece a niveles equivalentes a la condición inicial entre el tercer y cuarto año.

En términos integrales, la hidrología superficial y subterránea no representa una limitante absoluta para el desarrollo del proyecto, pero sí establece condiciones de manejo ambiental obligatorias. La ausencia de cuerpos de agua permanentes cercanos reduce la posibilidad de afectación directa a embalses o corrientes permanentes; sin embargo, la presencia de escurrimientos intermitentes y la condición deficitaria del acuífero Costa de Hermosillo hacen necesario conservar al máximo la infiltración local, controlar el escurrimiento superficial y evitar el transporte de sedimentos hacia el AI y el SAR.

El balance hidrológico proyectado indica que el impacto inicial sobre la infiltración será temporal y reversible, siempre que las medidas se ejecuten conforme al programa ambiental. La combinación de obras mecánicas, revegetación, regeneración natural y reforestación compensatoria permitirá recuperar progresivamente el servicio ambiental de captación e infiltración, reduciendo el escurrimiento superficial y manteniendo la funcionalidad hidrológica del sistema.

III.2.2. ASPECTOS BIÓTICOS

Considerando la cartografía biogeográfica propuesta por Morrone (2005) y Escalante (2009), tenemos que nuestro país está dividido en dos zonas biogeográficas: la Región Neártica, ubicada hacia la parte norte de México y la Región Neotropical, hacia el sur del país; como se observa en la figura inferior, el área de estudio del del proyecto se localiza de la Región Neártica.

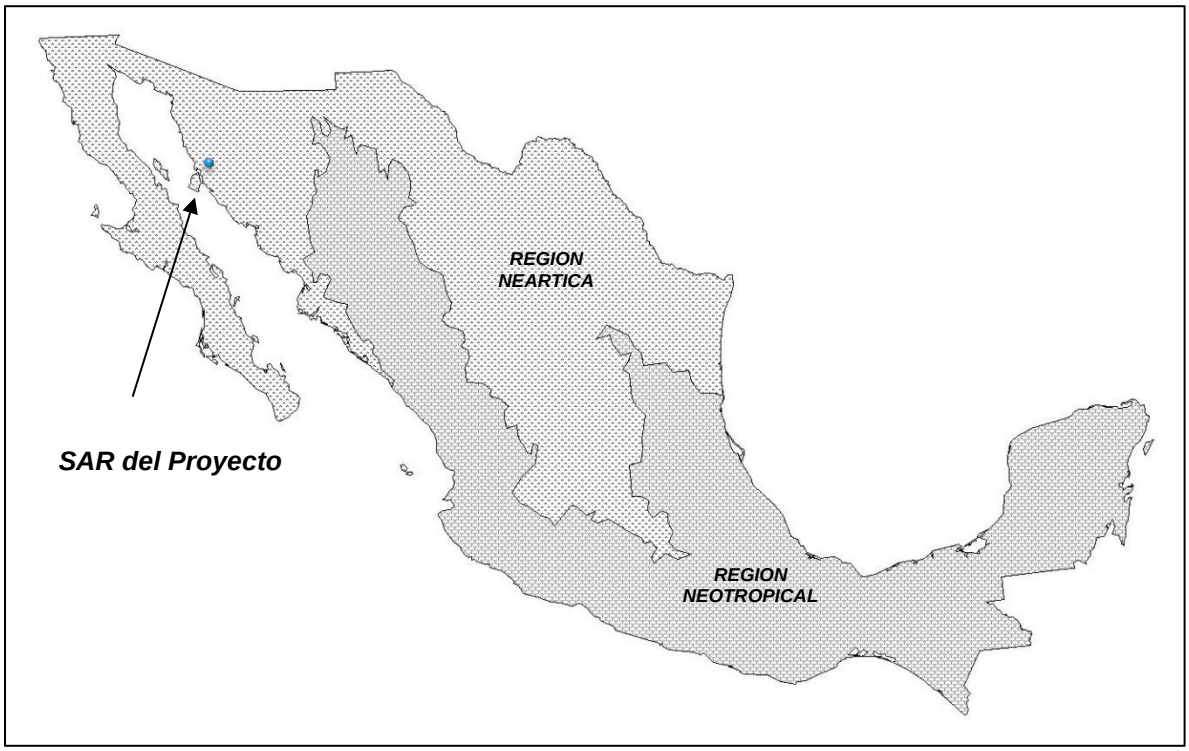


Figura III. 25.- Regiones o zonas biogeográficas de México.

Región Neártica

De acuerdo al estudio realizado por Morrone (2005), esta región biogeográfica comprende básicamente áreas templado-frías y áridas subtropicales de América del Norte, en Canadá, los Estados Unidos de América (excluyendo el sur de la península de Florida) y el norte de México. La región Neártica pertenece al reino Holártico, el cual corresponde al paleo continente de Laurasia, incluyendo también a la región Paleártica (Europa, Asia al norte del Himalaya, África al norte del Sahara y Groenlandia). Existen numerosos trazos generalizados que conectan ambas regiones. Escalante (2009) realizó un ensayo sobre la regionalización biogeográfica de la República Mexicana definiendo una separación básica entre las regiones Neártica y Neotropical, en términos de su biota.

Las 5 provincias de la región Neártica que corresponden a México, con excepción de la provincia de Baja California, se extienden hacia el norte hasta los Estados Unidos de América; ellas fueron asignadas a la subregión Pacífica Norteamericana. De acuerdo con varios análisis recientes, es posible agrupar estas provincias en 2 componentes bióticos, tratados como los dominios Californiano y Neártico Continental. El dominio Neártico Californiano comprende las provincias de California y Baja California, y el Neártico Continental las provincias de Sonora, Altiplano Mexicano y Tamaulipas. La provincia de Sonora, sin embargo, habría jugado un papel importante en la evolución biótica de la provincia de Baja California, por lo cual cabría proponer otro componente biótico que la incluyera en el dominio Californiano.

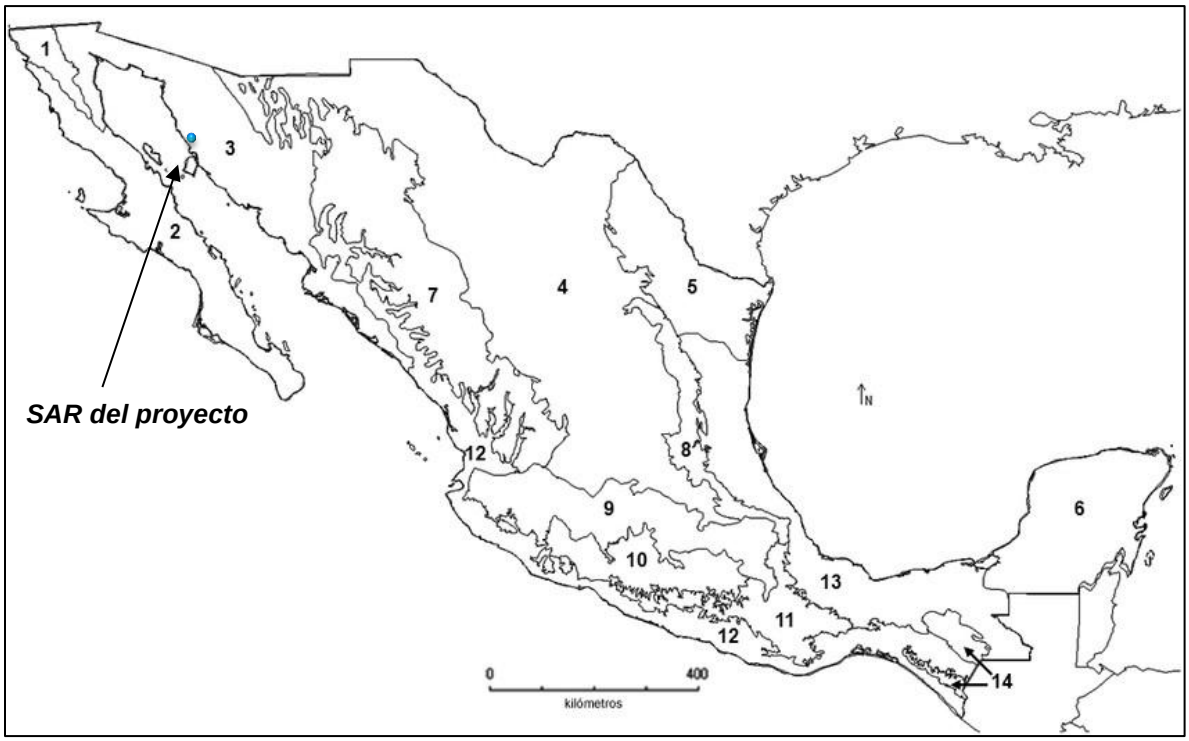


Figura III. 26.- Provincias biogeográficas de México (Morrone, 2005). 1, California; 2, Baja California; 3, Sonora; 4, Altiplano Mexicano; 5, Tamaulipas; 6, Península de Yucatán; 7, Sierra Madre Occidental; 8, Sierra Madre Oriental; 9, Eje Volcánico Transmexicano.

Provincia de Sonora

De acuerdo a diversos autores es también conocida como Provincia de Sinaloa; Provincia Arizoniana; Provincia de la Planicie Costera del Noreste; Provincia del Desierto Colorado-Sonorense; Provincia del Desierto del Altar; Provincia Guaymensis; Provincia del Valle Inferior del Colorado; Ecorregión del Matorral Xérico de Sonora; Ecorregión del Matorral de Cactos del Norte de Sonora y Área Sonoriana.

Se ubica en la Planicie Costera Noroccidental de México, desde la porción nororiental de la península de Baja California hasta la cuenca del río Piaxtla en el sur, ocupando la mayor parte del estado de Sonora, la franja costera de Sinaloa, y porciones de los estados de Arizona y California, en los Estados Unidos de América. Es relativamente baja, no excediendo 1000 m de altitud, con llanuras interrumpidas por montañas de altura moderada y dunas. Predominan los matorrales xerófilos de *Larrea divaricata* y *Franseria dumosa*, alternando con bosques de cactos gigantes del género *Cereus*. Entre los géneros de plantas más frecuentes se encuentran *Acacia, Agiabampoa, Canotia, Carnegiea, Cercidium, Forchammeria, Idria, Ipomoea, Lysiloma, Olneya, Pachycereus, Prosopis* y *Yucca*.

La provincia de Sonora se caracteriza por taxones de helechos (Pteridaceae: *Argyrochosma jonesii* y *Thelypteris puberula* var. *sonorensis*); angiospermas (Asteraceae: *Agiabampoa*); (Burseraceae: *Bursera laxiflora*); coleópteros (Carabidae: *Agonum parextimum*); (Heteroceridae: *Heterocerus unituberculosus*); (Scarabaeidae: *Cotinis producta*); anfibios (Bufonidae: *Bufo alvarius*); serpientes (Viperidae: *Crotalus cerastes*); y aves (Fringillidae: *Aimophila carpalis*; Phasianidae: *Callipepla gambelli*; Sturnidae: *Toxostoma bendirei*).

III.2.2.1. VEGETACIÓN

De acuerdo con el esquema fitogeográfico propuesto por la CONABIO (2008), la microcuenca donde se ubica el predio del proyecto, forma parte de la provincia florística llamada Planicie Costera del Noroeste, la cual comprende las zonas planas de todo el Estado de Sonora y de gran parte del Estado de Sinaloa.

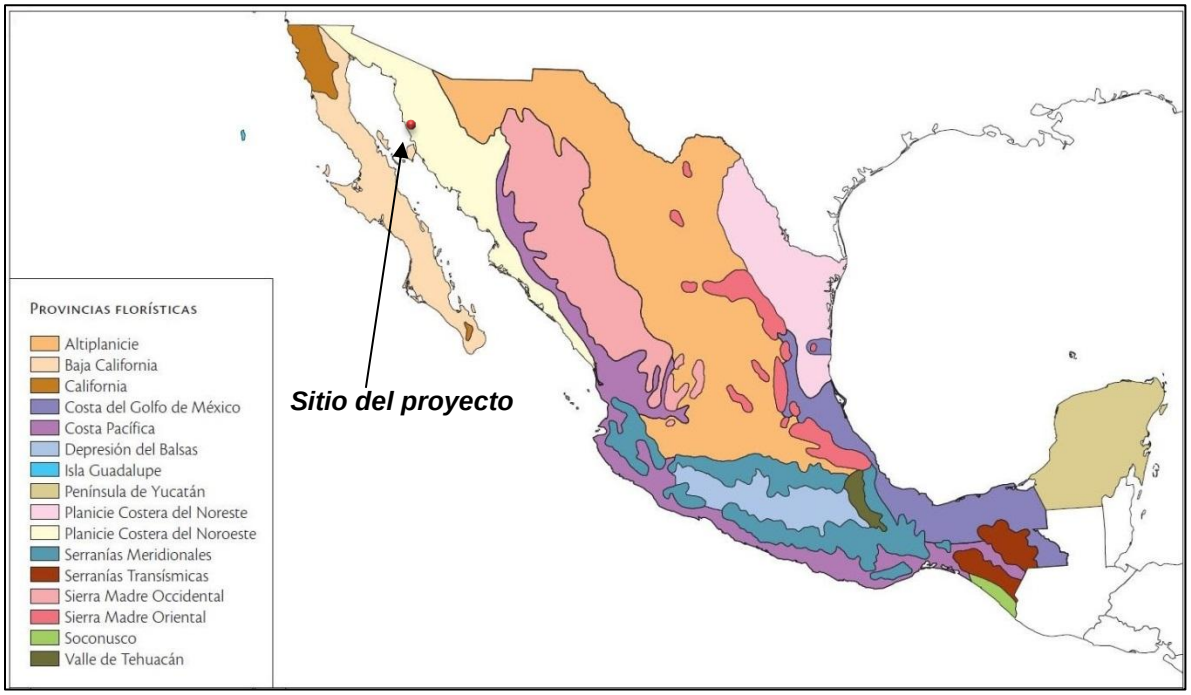


Figura III. 27.- Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias florísticas del país.

Planicie Costera del Noroeste: Esta provincia florística está constituida por una extensa llanura costera de Sonora y Sinaloa desde el Río Piaxtla hacia el norte. Está dominada por selvas bajas espinosas y por diversos matorrales xerófilos que se extienden por toda la llanura costera de Sonora hasta los desiertos del suroeste de Arizona (delta del Río Colorado y cuencas del Gila y del Yuma). Los tipos de vegetación dominante son matorrales xerófilos (62%), selvas bajas caducifolias (18%) y espinosas (10%).

Esta provincia contiene cerca de 20 géneros endémicos (junto con los desiertos de Yuma y Gila, en Arizona) y más de 650 especies endémicas, entre las que se encuentran *Bursera fragilis* (cuajiote), *Coryphantha gracilis, C. pseudoechinus, C. sulcata* (cactáceas), *Prosopis velutina* (mezquite), *Rana yavapaiensis* (rana), *Crotalus cerastes*, *C. tigris* (víboras de cascabel), *Phrynosoma mcallii, P. solare* y *Urosaurus ornatus lateralis*, entre otras. Sin embargo, la especie más característica de esta provincia, tanto en la fisonomía de su vegetación, como en su identidad biogeográfica es el sahuaro, *Carnegiea gigantea*. (Espinosa y otros, 2008).

El tipo de vegetación predominante en este desierto pertenece a la categoría denominada por Rzedowski como Matorral Xerófilo, que es definida por su porte arbustivo, presentar una composición florística pobre o simple y una cobertura de la vegetación que promedia el 30% (Rzedowski, 2006). La vegetación xerófila de la región tiene la capacidad de sobrevivir a

prolongados periodos de sequía (mayores a 6 meses). En este sentido, el Matorral Xerófilo se caracteriza por presentar una amplia variación de asociaciones florísticas, cuyos elementos se han adaptado u originado en este ambiente árido a lo largo de los últimos 2 millones de años (Axelrod 1958, Ezcurra et al 2006).

Entre las principales adaptaciones reconocidas en las plantas de esta región, se encuentra el desarrollo de órganos suculentos que muestra una gran proporción de las especies que lo habitan (Rebman 2001, Wilder et al 2008). Otras adaptaciones permiten a las especies de esta región, tolerar o evadir la condición crítica de la aridez; entre estas se puede mencionar el acortamiento del ciclo de vida (plantas efímeras que completan dicho ciclo a unos cuantos meses, adaptado al periodo de lluvias), modificaciones fisiológicas que optimizan el agua disponible en la planta (como la vía de fotosíntesis denominada metabolismo ácido de las crasuláceas), adaptaciones fenológicas como el crecimiento vegetativo, o el desprendimiento de hojas durante la temporada de sequía, reducción en el tamaño de las estructuras perennes de las plantas, o de la configuración funcional de la planta misma, como la predominancia de tallos fotosintéticos (en lugar de las hojas).

Tipos de vegetación en el sistema ambiental regional (SAR)

En el estado de Sonora, la distribución de los tipos de vegetación se encuentra estrechamente relacionada con las condiciones climáticas y fisiográficas de la región. En gran parte de la provincia fisiográfica denominada Llanura Sonorense, donde se localiza el área del proyecto, predominan comunidades vegetales adaptadas a condiciones de aridez y baja disponibilidad de humedad. En estas zonas se desarrollan diversas formas de vida vegetal, entre las que destacan especies efímeras, arbustivas y suculentas, las cuales confieren distintas fisonomías a las comunidades vegetales. Asimismo, la composición florística, cobertura y densidad de la vegetación presentan variaciones espaciales asociadas a las características ambientales del entorno.

La identificación y caracterización de los tipos de vegetación presentes dentro del SAR se realizó con base en la cartografía oficial de Uso del Suelo y Vegetación generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Para el presente análisis se utilizó la Serie VII de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, la cual constituye la referencia técnica más actualizada para la caracterización regional de la cobertura vegetal.

Con base en la interpretación de dicha cartografía, se delimitaron las unidades de vegetación presentes dentro del área de influencia del proyecto. De acuerdo con la clasificación de Jerzy Rzedowski, el tipo de vegetación predominante dentro del SAR correspondiente al área de estudio corresponde al Matorral Xerófilo, donde se identificaron tres unidades principales de cobertura vegetal: Matorral Sarcocaule, Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.

No obstante, aunque las tres unidades de vegetación se encuentran presentes dentro del SAR, únicamente el Mezquital Xerófilo y la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

presentan intersección directa con el trazo carretero del proyecto, por lo que corresponden a las comunidades vegetales susceptibles de afectación durante el desarrollo de las obras y actividades asociadas al proyecto.

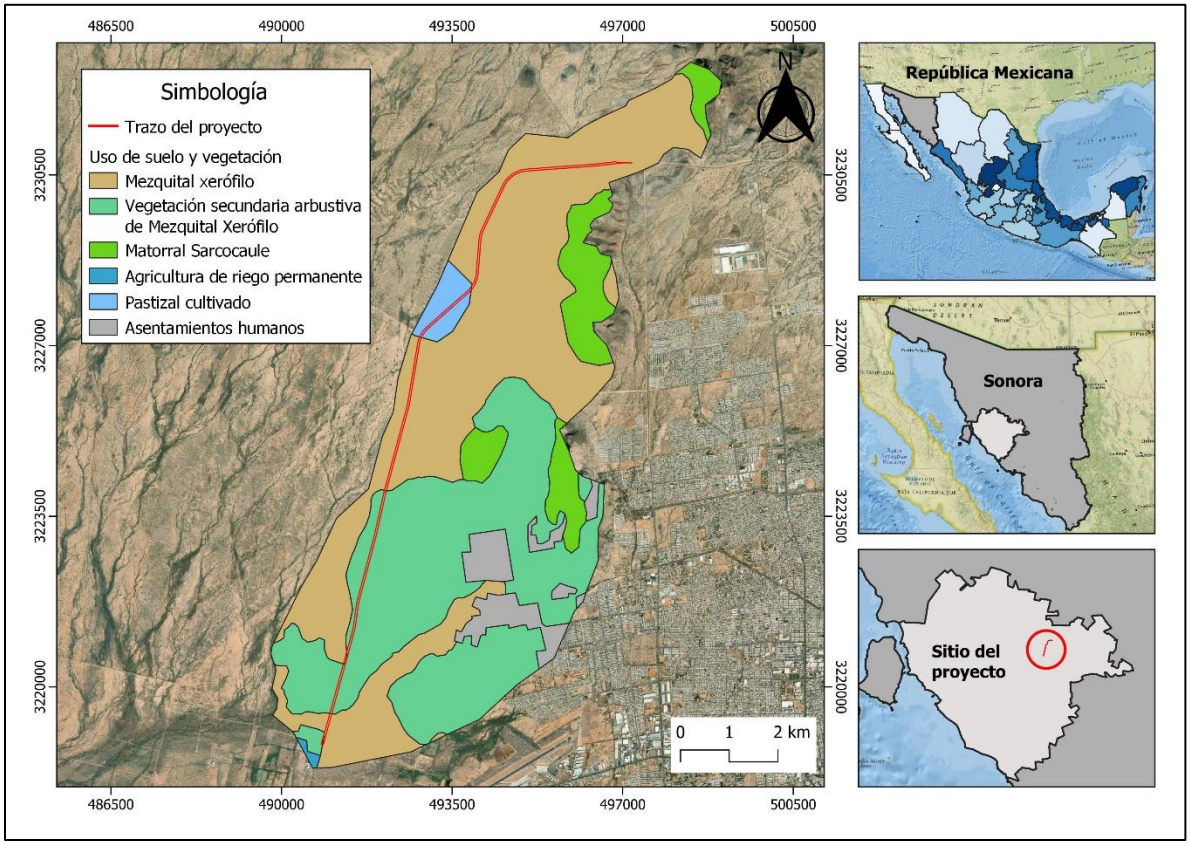


Figura III. 28.- Tipos de vegetación identificados en el SAR del proyecto.

Tabla III. 47.- Tipos de vegetación y su cobertura en el SAR del proyecto.

TIPOS DE VEGETACION	CLAVE	AREA (Ha)	PROPORCION
Matorral Sarcocaule	MSC	512.774	9.006
Mezquital Xerófilo*	MKX	2682.599	47.116
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo*	VSa/MKX	2109.924	37.058
Agricultura de Riego Permanente	RP	9.997	0.176
Pastizal cultivado	PC	106.36	1.868
Asentamientos Humanos	AH	271.962	4.777
	TOTAL:	**5693.616**	**100.00**

Es importante mencionar que, durante las actividades de verificación en campo, el área identificada en la cartografía del INEGI como Pastizal Cultivado no presentó las características

estructurales y florísticas asociadas a dicho tipo de cobertura vegetal, las cuales generalmente corresponden a superficies dominadas por especies herbáceas o pastos inducidos. En contraste, durante los recorridos de campo se registró una composición vegetal integrada principalmente por elementos característicos del Mezquital Xerófilo.

Esta diferencia puede atribuirse a la escala de representación cartográfica empleada en la Serie VII de Uso del Suelo y Vegetación, así como a la dinámica de cambio de cobertura vegetal que puede ocurrir entre los periodos de actualización cartográfica y las condiciones actuales observadas en sitio. Por lo anterior, y con base en las condiciones reales identificadas durante el levantamiento de información en campo, para efectos del presente estudio el área previamente clasificada como Pastizal Cultivado fue considerada como Mezquital Xerófilo.

Tabla III. 48.- Tipos de vegetación y su cobertura en el SAR del proyecto (Ajustado).

TIPOS DE VEGETACION	CLAVE	AREA (Ha)	PROPORCION
Matorral Sarcocaule	MSC	512.774	9.006
Mezquital Xerófilo*	MKX	2788.959	48.984
Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo*	VSa/MKX	2109.924	37.058
Agricultura de Riego Permanente	RP	9.997	0.176
Asentamientos Humanos	AH	271.962	4.777
	TOTAL:	**5693.616**	**100.00**

**Tipos de vegetación natural que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto*

De acuerdo con la información presentada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en la *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora* (2000), a continuación se describen las características generales de los tipos de vegetación identificados dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Matorral Sarcocaule

Está formado por arbustos de tallos carnosos o jugosos, algunos con corteza papirácea. Se distribuye en forma de manchones, principalmente en las sierras de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses y en las llanuras de la subprovincia Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa, desde el nivel del mar hasta 1,100 m de altitud. En el noroeste está en contacto con el matorral desértico micrófilo, en la parte central con el mezquital y en el noreste y este con mezquital xerófilo y vegetación halófila xerófila, selva baja caducifolia y selva baja espinosa con los cuales se mezcla, lo que influye, entre otros factores, en la gran diversidad de su composición florística.

Este matorral se desarrolla en climas muy secos y secos cálidos y semicálidos, y semisecos semicálidos, con temperaturas medias anuales entre 18 y 24 grados centígrados y precipitación

total anual inferior a 400 mm. Sobre diferentes tipos de suelo, como son: litosol, regosol, yermosol y xerosol, de los cuales, algunos presentan fase lítica o gravosa.

Las especies que caracterizan este tipo de vegetación son torotes o copales (*Bursera* spp.) y sangrengados (*Jatropha* spp.), aunque a veces son rebasadas en número por: palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium floridum*), ocotillo (*Fouquieria splendens*) y mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *torreyana*). Dichas especies codominan con *Bursera microphylla*, *Jatropha cinerea*, *Jatropha cuneata* y *Opuntia bigelovii* en la parte norte de la zona de distribución, como es en las planicies y bajadas ubicadas desde Puerto Libertad hasta Isla Tiburón; lo mismo que en las sierras localizadas en el noroeste de la subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses. Tales elementos arbustivos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, que va de 1 a 2 metros; otros estratos que integran este matorral son: el medio, con arbustos de aproximadamente 0.70 metros y el inferior herbáceo, de 0.15 metros.

En la zona comprendida entre Puerto Libertad y Punta Chueca hay comunidades de matorral sarcocaule con la siguiente composición: *Jatropha cuneata*, *Larrea tridentata*, *Bursera microphylla* y *Opuntia bigelovii* en el estrato superior; en el medio, *Encelia californica*, *Ambrosia dumosa*, *Aristida adscensionis*, *Plantago insularis y Dalea parryi*, entre otras. En esta misma zona, existen extensas áreas dominadas por arbustos y arbolitos con variadas formas de vida, que comprenden tipos locales de comunidades cuyos elementos más representativos son: *Bursera microphylla*, *Cercidium microphyllum*, *Citharexylum flabellifolium*, *Colubrina viridis*, *Desmanthus fruticosus*, *Jatropha cuneata*, *Lippia palmeri*, *Pithecellobium confine*, *Ruellia californica* y *Viscainoa geniculata*.

En las faldas de la Sierra Libre se presentan especies de condiciones menos áridas, como *Aloysia* sp., *Croton* sp., *Dasylirion* sp., *Haematoxylon brasiletto*, *Lysiloma divaricata* y *Zexmenia* sp.

En el resto de los terrenos con matorral sarcocaule, otros elementos sustituyen a las especies codominantes, dando lugar a otras comunidades, las cuales se desarrollan principalmente sobre cerros y lomeríos con suelos someros.

Cerca de Heroica Guaymas se reportan como dominantes *Bursera microphylla*, *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* y *Acacia willardiana*, acompañadas por diferentes arbustos, tal es el caso de *Coursetia glandulosa*, *Acacia farnesiana*, *Caesalpinia pumila*; y por cactáceas columnares que sobresalen como eminencias, entre ellas *Stenocereus* sp. y *Pachycereus* sp.

En el municipio de Hermosillo son citadas, además: ocotillo (*Fouquieria splendens*), choyas (*Opuntia fulgida*, *O. spinosior*), navajita anual (*Bouteloua barbata*) y toboso (*Cenchrus myosuroides*). En la porción sur del estado, sobre las estribaciones de la Sierra Madre Occidental

y los terrenos de la Llanura Costera del Pacífico, se manifiestan variaciones tanto en la composición florística como en la altura de este matorral.

Aquí se encuentran: *Jatropha cordata*, *J. cuneata*, *J. cinerea*, *Bursera laxiflora*, *B. odorata*, *B. fagaroides*, *Acacia cymbispina*, *Cercidium* spp. y *Fouquieria* spp., que forman el estrato superior, cuya altura varía de 2 a 3 metros, aunque en algunos lugares sobresalen *Lysiloma divaricata*, *Haematoxylon brasiletto*, *Guaiacum coulteri* y *Cordia* sp. En el estrato medio, de 1 a 2 metros, son reportadas: tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), *Pithecellobium sonorae*, *Jatropha* spp., *Randia thurberi*, *Ziziphus sonorensis*, *Condalia coulteri*, *Phaulothamnus spinescens*, *Desmanthus covillei*, *Atamisquea emarginata*, *Rathbunia alamosensis*, *Caesalpinia platyloba*, *Ipomoea arborescens* y *Eysenhardtia polystachya*, entre otras. En el estrato inferior, de 0.15 a 0.70 metros, hay diferentes especies de *Opuntia*, *Croton flavescens*, *Lycium berlandieri*, *Pereskiopsis porteri* y, entre las gramíneas, los géneros *Aristida*, *Bouteloua*, *Cathestecum*, *Muhlenbergia* y *Setaria*.

Este matorral se utiliza también en la actividad pecuaria, pero su grado de alteración es mayor que en el caso del micrófilo. Algunos de sus elementos forrajeros son: *Acacia cymbispina*, *Caesalpinia pumila*, *Cercidium* spp., *Bursera laxiflora*, *Prosopis glandulosa* y diferentes especies de gramíneas. Además, se aprovechan localmente para obtener madera, *Prosopis* spp., *Olneya tesota*, *Guaiacum coulteri*, *Haematoxylon brasiletto*, *Ipomoea arborescens* y *Ziziphus sonorensis*, entre varias más (INEGI, 2021).

Mezquital xerófilo

El mezquital xerófilo corresponde a una comunidad vegetal dominada principalmente por especies del género *Prosopis* spp., las cuales se desarrollan bajo condiciones climáticas secas y semiáridas características del estado de Sonora. Esta vegetación presenta una estructura predominantemente arbustiva o subarbórea, aunque en condiciones favorables algunos individuos pueden alcanzar porte arbóreo. Se distribuye ampliamente en planicies, lomeríos bajos, valles aluviales y zonas asociadas a cauces temporales, donde los suelos presentan mayor profundidad y capacidad de retención de humedad.

De acuerdo con INEGI (2021), esta comunidad vegetal se desarrolla principalmente en regiones con climas muy secos y secos (BW y BS), con precipitaciones medias anuales que oscilan entre 100 y 700 mm y temperaturas extremas elevadas. Su distribución altitudinal puede variar desde zonas cercanas al nivel del mar hasta aproximadamente 2,300 m s.n.m., aunque en Sonora se encuentra principalmente en llanuras y bajadas con influencia de escurrimientos temporales.

En Sonora, el mezquital xerófilo suele presentarse asociado con otras comunidades de matorral xerófilo y con especies adaptadas a condiciones de aridez, entre las que destacan *Celtis* spp., *Koerberlinia* spp., *Opuntia* spp., *Acacia* spp., *Jatropha* spp. y gramíneas del género *Bouteloua*.

Asimismo, es frecuente encontrar asociaciones con especies representativas del desierto sonorense como gobernadora (*Larrea tridentata*), palo verde (*Parkinsonia* spp.) y diversas cactáceas.
Los mezquites presentan adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten desarrollarse en ambientes con déficit hídrico, destacando sistemas radicales profundos que facilitan el aprovechamiento de humedad subterránea y favorecen la estabilización del suelo. Debido a ello, esta comunidad vegetal desempeña funciones ecológicas relevantes relacionadas con la retención de sedimentos, infiltración de agua, disminución de procesos erosivos y provisión de refugio y alimento para fauna silvestre.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital xerófilo

Fase de vegetación secundaria

Por definición, se describe a la Vegetación Secundaria 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, entre alguno de esos elementos podemos citar: Incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de la intensidad del elemento de disturbio, la duración del mismo y sobre todo a la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en la cuales las condiciones ecológicas particulares de la comunidad vegetal se han alterado. 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 en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y determinación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida. 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:

Vegetación Secundaria herbácea
Vegetación Secundaria arbustiva
Vegetación Secundaria arbórea

En el caso del presente estudio, el manejo antropogénico en el Mezquital xerófilo (principalmente el pastoreo inadecuado), ha ocasionado el crecimiento de vegetación secundaria arbustiva en ese tipo de vegetación.

III.2.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)

Considerando que las especies silvestres de flora y fauna pueden presentar distintos niveles de vulnerabilidad derivados de factores ambientales, genéticos y de la presión ocasionada por las actividades humanas sobre sus poblaciones y hábitats, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales estableció la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuyo objetivo es identificar las especies y poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo dentro del territorio nacional, así como establecer los criterios para su inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo mediante la evaluación de su probabilidad de extinción.

De acuerdo con dicha norma, las categorías de riesgo consideradas son las siguientes:

- En peligro de extinción (P)
- Amenazada (A)
- Sujeta a protección especial (Pr)
- Probablemente extinta en el medio silvestre (E)

Asimismo, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres establece mecanismos internacionales para la regulación del comercio de especies silvestres mediante tres categorías de protección denominadas Apéndices I, II y III. El Apéndice I incluye especies en peligro de extinción cuyo comercio internacional se encuentra restringido, el Apéndice II considera especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas si no se regula su aprovechamiento, mientras que el Apéndice III integra especies sujetas a regulación por parte de algún país miembro que solicita cooperación internacional para controlar su comercio.

Derivado de lo anterior y con la finalidad de identificar las especies vegetales presentes en el área de interés y caracterizar las diferentes formas de vida que integran la vegetación del sitio,

se realizaron recorridos generales de campo apoyados mediante muestreos aleatorios anidados. Durante estas actividades se efectuó el registro taxonómico de las especies observadas, considerando su distribución y representación dentro de las unidades de vegetación identificadas.

Como resultado de los recorridos y del análisis de la vegetación, se registraron especies fanerógamas de diversas formas de vida y pertenecientes a distintas familias; dichas especies se citan a continuación.

Tabla III. 49.- Especies vegetales presentes en los ecosistemas del SAR que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOM-O59	CITES
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	Fabaceae	-	-
2	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	Poaceae	-	-
3	*Bursera microphylla*	Torote	Burseraceae	-	-
4	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Fabaceae	-	-
5	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	Cactaceae	A	-
6	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Poaceae	-	-
7	*Condalia warnockii*	Crucillo	Rhamnaceae	-	-
8	*Cylindropuntia arbuscula*	Tasajo	Cactaceae	-	-
9	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
10	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Asteraceae	-	-
11	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	Cactaceae	-	-
12	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Zygophyllaceae	A	II
13	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	Euphorbiaceae	-	-
14	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
15	*Krameria parvifolia*	Cosahui	Krameriaceae	-	-
16	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Zygophyllaceae	-	-
17	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	Sina	Cactaceae	-	-
18	*Lycium fremontii*	Salicieso	Solanaceae	-	-
19	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	Fabaceae	-	-
20	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	Pr	-
21	*Parkinsonia florida*	Brea	Fabaceae	-	-
22	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Fabaceae	-	-
23	*Prosopis velutina*	Mezquite	Fabaceae	-	-
24	*Randia thurberi*	Papachi borracho	Rubiaceae	-	-
25	*Vallesia glabra*	Citavaro	Apocynaceae	-	-

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Carnegiea gigantea	Sahuaro	*Cereus giganteus*
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	*Pennisetum ciliare*

Cylindropuntia arbuscula	Tasajo	*Opuntia arbuscula*
Cylindropuntia fulgida	Choya	*Opuntia fulgida*
Krameria parvifolia	Cosahui	*Krameria erecta*
Lemaireocereus thurberi	Pitahaya	*Stenocereus thurberi*
Lophocereus schottii	Sina	*Pachycereus schottii*
Parkinsonia florida	Brea	*Cercidium floridum*
Parkinsonia microphylla	Palo verde	*Cercidium microphyllum*

Respecto a la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies mostradas en la tabla tabla anterior, el sahuaro y el guayacán se encuentran listado como amenazados (A), mientras que el palo fierro aparece sujeto a protección especial. De acuerdo a la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), de las especies antes citadas solo el guayacán se encuentra listada en su anexo II de protección. (DOF, 2010; CITES, 2017).

En la tabla siguiente podemos ver que las especies vegetales que conforman la comunidad biótica del área en estudio se agrupan en 15 familias, 26 géneros y 34 especies.

Tabla III. 50.- Categorías taxonómicas de las especies vegetales presentes en el área de estudio.

FAMILIA	NO. GENEROS	NO. ESPECIES
APOCYNACEAE	1	1
ASTERACEAE	1	1
BURSERACEAE	1	1
CACTACEAE	4	5
EUPHORBIACEAE	1	2
FABACEAE	5	7
KRAMERIACEAE	1	1
POACEAE	2	2
RHAMNACEAE	1	1
RUBIACEAE	1	1
SOLANACEAE	1	1
ZYGOPHYLLACEAE	2	2
Total familias: 12	**Total géneros: 21**	**Total especies: 25**

Tabla III. 51.- Presencia de las especies vegetales por tipo de vegetación en la CH del proyecto y que podrían ser afectados por el desarrollo del proyecto.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	MKX	VSa/MKX
Acacia constricta	Mezquitillo	x	x
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	x	x
Bursera microphylla	Torote	x	-

Caesalpinia palmeri	Piojito	x	x
Carnegiea gigantea	Sahuaro	x	-
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	x	x
Condalia warnockii	Crucillo	x	x
Cylindropuntia arbuscula	Tasajo	x	-
Cylindropuntia fulgida	Choya	x	x
Encelia farinosa	Rama blanca	x	x
Ferocactus herrerae	Biznaga	x	-
Guaiacum coulteri	Guayacán	x	-
Jatropha cardiophylla	Sangrengado	x	x
Jatropha cuneata	Matacora	x	-
Krameria parvifolia	Cosahui	x	x
Larrea tridentata	Gobernadora	x	-
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	x	-
Lycium andersonii	Salicieso	x	-
Mimosa laxiflora	Uña de gato	x	-
Olneya tesota	Palo fierro	x	x
Parkinsonia florida	Brea	x	x
Parkinsonia microphylla	Palo verde	x	x
Prosopis velutina	Mezquite	x	x
Randia thurberi	Papachi borracho	x	-
Vallesia glabra	Citavaro	x	-
	TOTAL:	**22**	**12**

Considerando las definiciones de arbusto y árbol expuestas por Font Quer (2001), los elementos arbóreos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, comprendiendo especies que sobrepasan los 5 m de alto. En el estrato medio o arbustivo, figuran especies leñosas y cactáceas con porte de 1 a 5 metros. En el estrato inferior, de 0.05 a 1.00 metros, se incluyen diferentes especies de hierbas perennes.

Tabla III. 52.- Formas de vida de las especies vegetales presentes en SAR del proyecto.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA
Acacia constricta	Mezquitillo	Arbustiva
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	Herbácea
Bursera microphylla	Torote	Arbustiva
Caesalpinia palmeri	Piojito	Arbustiva
Carnegiea gigantea	Sahuaro	Cactácea
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	Herbácea
Condalia warnockii	Crucillo	Arbustiva
Cylindropuntia arbuscula	Tasajo	Cactácea
Cylindropuntia fulgida	Choya	Cactácea
Encelia farinosa	Rama blanca	Arbustiva
Ferocactus herrerae	Biznaga	Cactácea
Guaiacum coulteri	Guayacán	Arbustiva

Jatropha cardiophylla	Sangrengado	Arbustiva
Jatropha cuneata	Matacora	Arbustiva
Krameria parvifolia	Cosahui	Arbustiva
Larrea tridentata	Gobernadora	Arbustiva
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	Cactácea
Lycium andersonii	Salicieso	Arbustiva
Mimosa laxiflora	Uña de gato	Arbustiva
Olneya tesota	Palo fierro	Arbórea
Parkinsonia florida	Brea	Arbórea
Parkinsonia microphylla	Palo verde	Arbórea
Prosopis velutina	Mezquite	Arbórea
Randia thurberi	Papachi borracho	Arbustiva
Vallesia glabra	Citavaro	Arbustiva

METODOLOGIA DE MUESTREO

Medición de los atributos de las especies vegetales silvestres en el SAR

Todo análisis de la vegetación requiere de un muestreo basado en técnicas que permitan conocer los atributos ecológicos de las especies y las poblaciones que estas forman; tales técnicas pueden ser métodos de muestreo adimencionales como la línea de Candfield o bidimencionales como los muestreos en parcelas las cuales, de acuerdo a su forma geométrica, pueden ser de tres tipos: rectángulos, cuadrados (cuadrantes) y círculos.

Al utilizarse parcelas como unidades de muestreo, deben seguirse los siguientes pasos:

1. Seleccionar la forma de las parcelas
2. Establecer el tamaño de dichas parcelas
3. Determinar el número de unidades de muestreo
4. Especificar el arreglo espacial o distribución de las parcelas de muestreo

1. Selección de la forma de las unidades de muestreo

Muchos investigadores seleccionan arbitrariamente la forma de las unidades muestrales sin considerar el tipo de vegetación a estudiar, las formas de vida de las especies que deberán medir ni tampoco los atributos de las especies a ser evaluados.

Bonham (1989) sugiere que la forma de una parcela de muestreo debe ser adecuada para cada tipo de vegetación a evaluar, mientras que Elzinga *et al* (1998) indican que la forma más eficiente de una unidad de muestreo depende del atributo de las especies a ser medido, además de la forma de crecimiento y la distribución espacial de los individuos que deberán ser medidos.
Launchbaugh (2009) menciona algunas ventajas y desventajas al utilizar parcelas de diferentes formas geométricas en el muestreo de vegetación:

RECTANGULO	CUADRADO	CIRCULO
Recomendado para comunidades con vegetación en grupos más no en vegetación dispersa	Recomendado para todo tipo de comunidades con vegetación terrestre	Recomendado para todo tipo de comunidades con vegetación terrestre
Relación perímetro-área mayor que para el cuadrado y el círculo	Relación perímetro-área mayor que el círculo pero menor que el rectángulo	Relación perímetro-área menor que los otros tipos de parcelas
Ofrece una varianza menor que en los cuadrantes y los círculos pero su aplicación consume mayor tiempo y esfuerzo	Mayormente utilizado para el muestreo de la frecuencia de especies porque con él es mas fácil estimar la presencia/ausencia de especies	El efecto de orilla es menor que los otros tipos de parcelas pero está más limitado por los tipos de de vegetación y forma de vida de los individuos
Más recomendable en mediciones de densidad y cobertura de especies que los otros tipos de parcelas	Más recomendable en mediciones de cobertura de especies que el círculo pero menos que el rectángulo	Recomendado en estudios de cobertura y producción en pastizales

Parcelas para medir Densidad

Elzinga *et al* (1998) han demostrado que, para medir la densidad de especies, las parcelas rectangulares largas y angostas son estadísticamente mejores que los cuadrantes y los círculos; sin embargo, desde una perspectiva práctica, este tipo de parcelas traen consigo cierto tipo de inconvenientes como el tiempo de ejecución y los efectos de orilla. En estos casos pueden utilizarse indistintamente las parcelas de forma cuadrada (cuadrantes) o circular que, aunque pueden tener diferencias por efecto de orilla, este error es compensado al utilizar el número adecuado de unidades de muestreo.

Parcelas para medir Frecuencia

Este atributo de las especies es comunmente medido por los investigadores utilizando cuadrantes (parcelas cuadradas) ya que se ha comprobado ser el más preciso al medir la presencia o ausencia de las especies en cada unidad de muestreo.

Parcelas para medir Cobertura

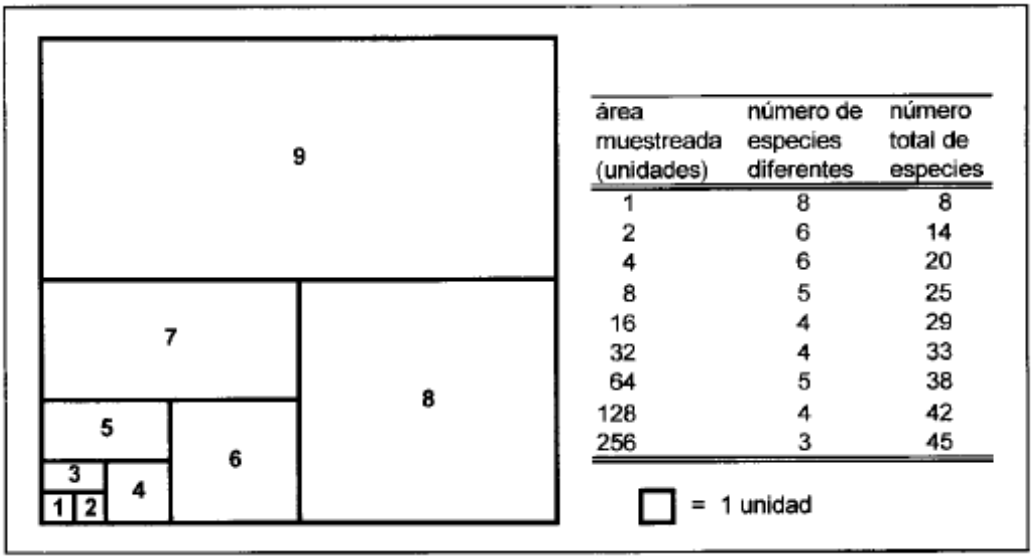
Desde la perspectiva de la precisión estadística en el muestreo, para la medición de la cobertura se aplican las mismas consideraciones que en la medición de la densidad, es decir, las parcelas rectangulares son las menos indicadas de tal forma que pueden utilizarse indistintamente las parcelas de forma cuadrada (cuadrantes) o circular que, aunque pueden tener diferencias por efecto de orilla, este error es compensado al utilizar el número adecuado de unidades de muestreo.

Considerando las características de la vegetación dispersa e irregular, así como los atributos ecológicos evaluados durante el estudio, se determinó que el uso de **parcelas circulares** representa la alternativa más adecuada para el muestreo de la vegetación. Este tipo de unidad de muestreo permite reducir el efecto de orilla debido a su menor relación perímetro-área en comparación con parcelas rectangulares y cuadradas, favoreciendo una mejor representación de la cobertura y densidad de las especies presentes.

2. Establecimiento del tamaño de las unidades de muestreo

La metodología utilizada para definir el tamaño de los cuadrantes de muestreo se basó considerando el criterio de "área mínima" (Bonham, op. cit.; Sayagués-Laso *et al*, 2000) el cual consiste en definir un cuadrante con la menor superficie de terreno en el cual la composición de especies de la comunidad vegetal a medir se encuentre adecuadamente representada (básicamente un 80%). En otras palabras, es la extensión más pequeña en la cual la composición florística está representada adecuadamente. El incremento en el número de especies diferentes con el aumento de la superficie de observación, es considerada como marginal.

La determinación del área mínima se inicia escogiendo una parte representativa de la comunidad que muestre homogeneidad en la distribución de especies, es decir, no debe haber fragmentación en el arreglo espacial de las especies dentro de la comunidad; enseguida se procede a muestrear unidades contiguas (anidadas) de extensión progresivamente mayor y se registran todas las especies diferentes que se van encontrando. Luego se aplica algún criterio (arbitrario) que defina el área mínima, por ejemplo, aquella que contiene el 80 % de las especies encontradas. Este proceso se ejemplifica en la siguiente figura:



área muestreada (unidades)	número de especies diferentes	número total de especies
1	8	8
2	6	14
4	6	20
8	5	25
16	4	29
32	4	33
64	5	38
128	4	42
256	3	45

□ = 1 unidad

Figura III. 29.- Ejemplificación básica del proceso para establecer el área mínima de muestreo.

En segunda instancia, para la determinación del área mínima, se debe construir una curva área – número de especies y luego se aplica algún criterio (arbitrario) que defina el área mínima, por ejemplo, aquella que contiene por lo menos el 80 % de las especies encontradas.

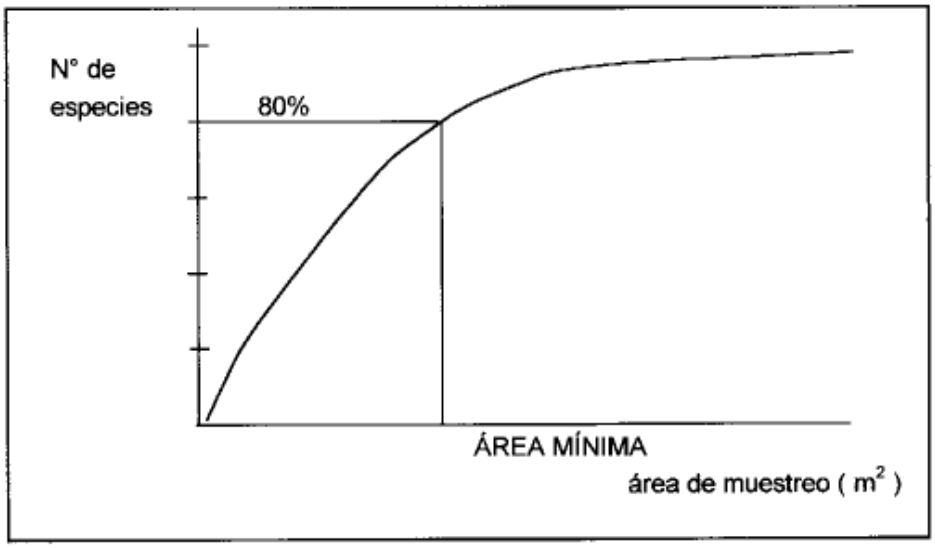


Figura III. 30.- Expresión gráfica de la curva área de muestreo vs número de especies.

Hay que considerar que las especies que son muy escasas o raras pueden quedar excluidas durante el muestreo debido a su inapreciable presencia en el ecosistema, sin embargo, deben

considerarse en forma especial pues pueden ser especies amenazadas o en algún estatus de protección por las normas oficiales.

Para la determinación del área mínima se realizaron muestreos anidados en sitios representativos de la vegetación, seleccionando áreas con relativa homogeneidad en la distribución espacial de las especies. Posteriormente, mediante la elaboración de curvas especie-área, se identificó la superficie a partir de la cual se registró aproximadamente el 80 % de las especies presentes, criterio considerado suficiente para representar la composición vegetal del sitio.

Derivado de este análisis, se estableció un área mínima de muestreo de 1,000 m², utilizando parcelas circulares de 17.84 m de radio (~18 m).

3. Determinación del número de unidades de muestreo

El número de muestras que deberán ser tomadas en un estudio o experimento, generalmente se determina utilizando ecuaciones o algoritmos matemáticos, mismos que son definidos siguiendo criterios preestablecidos por los investigadores. A continuación se describen algunos de esos métodos de determinación del número de unidades de muestreo.

Criterios basados en la extensión geográfica del área de interés

Rivas-Torres (2001) sugiere que para determinar el tamaño de la muestra de una población forestal, se debe primeramente definir la intensidad de muestreo, que es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por:

$$f = (n / N)*100$$

Donde:

f = Intensidad de muestreo en porcentaje
n = Número de unidades de la muestra
N = Número de unidades de toda la población

En inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo de 0.1% a 1 %, y el valor que se tome está en función de la superficie a inventariar, los recursos financieros con que se cuenta, la precisión de muestreo requerida y el tiempo disponible para realizar el trabajo.

Considerando una intensidad de muestreo del 1 % sobre las 4,898.883 ha correspondientes al Mezquital Xerófilo (MX) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX), sería necesario evaluar aproximadamente 49.98 ha mediante alrededor de 499 unidades de muestreo de 1,000 m² cada una. La implementación de este número de parcelas representaría un esfuerzo

operativo considerable en términos de tiempo, personal técnico, procesamiento de información y logística de campo, sin que ello necesariamente implique un incremento proporcional en la calidad o representatividad de los resultados obtenidos.

Asimismo, diversos autores señalan que en estudios de caracterización de vegetación, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos con composición florística relativamente homogénea y distribución dispersa de individuos, la representatividad del muestreo no depende únicamente del porcentaje de superficie evaluada, sino de la adecuada selección y distribución de las unidades de muestreo en función de la heterogeneidad ambiental y de las características estructurales de la vegetación.

Para ecosistemas de zonas áridas y semiáridas en México, diversos autores han propuesto intensidades de muestreo basadas en porcentajes de cobertura respecto al área total de estudio. En este sentido, Ramos-Balderas (2015) y Berlanga et al. (1992) recomiendan una intensidad de muestreo equivalente al 1 % de la superficie de interés, retomando los criterios metodológicos señalados por Rivas-Torres (2001) para la evaluación de comunidades vegetales en este tipo de ecosistemas.

Por otra parte, las Normas Técnicas Forestales citadas por Frith y Ubiera (2001), diseñadas principalmente para inventarios forestales en ecosistemas naturales, establecen que para superficies mayores a 40 ha debe aplicarse una intensidad de muestreo mínima del 1.5 %, considerando niveles de confianza estadística iguales o superiores al 95 %. Sin embargo, dichos criterios están orientados principalmente a estudios forestales con fines dasométricos, estimación de existencias volumétricas y evaluación de recursos forestales maderables, donde se requiere una mayor intensidad de levantamiento y precisión estadística.

En el caso del presente estudio, el objetivo principal del muestreo no corresponde a la elaboración de un inventario forestal de aprovechamiento, sino a la caracterización ecológica de la vegetación y a la identificación de las especies presentes dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), con énfasis en las áreas directamente relacionadas con el trazo del proyecto carretero. Asimismo, debe considerarse que el área de estudio se encuentra integrada únicamente por dos tipos de vegetación susceptibles de afectación directa: Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, comunidades que presentan patrones de distribución relativamente homogéneos y estructuras vegetales características de ecosistemas áridos.

Bajo el criterio de intensidad de muestreo del 1.5 % establecido en las Normas Técnicas Forestales, sería necesario instalar un número considerable de unidades de muestreo de 1,000 m², lo cual implicaría un incremento significativo en el esfuerzo operativo, tiempos de ejecución y procesamiento de información, sin que ello represente necesariamente una mejora proporcional en la representatividad ecológica del estudio. En este contexto, la aplicación estricta de dicho criterio resultaría sobredimensionada para los objetivos ambientales de la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

Por lo anterior, se optó por aplicar un esquema de muestreo basado en criterios de calculos estadisticos, representatividad ecológica, área mínima y heterogeneidad de la vegetación, permitiendo obtener información suficiente y técnicamente sustentada sobre la composición y estructura de las comunidades vegetales presentes en el SAR, así como evaluar adecuadamente la posible incidencia del proyecto sobre la biodiversidad local.

Criterios basados en cálculos estadísticos

Las estimaciones del número de unidades muestrales usando un criterio estadístico se basa en la aplicación de algoritmos matemáticos independientemente del tamaño o superficie de terreno en que se encuentre la población o comunidad vegetal de interés; sin embargo, para la aplicación de los métodos estadísticos regularmente se requiere de un muestreo piloto de algunas unidades muestrales ya que la variación en los valores de los parámetros medidos, determinará el número estadísticamente significativo de unidades muestrales a realizar.

Los métodos estadísticos podrán aplicarse a poblaciones finitas (valor de *N* conocido) y a poblaciones infinitas.

Entre los métodos estadísticos aplicados para obtener el número de unidades de muestreo (*n*) en poblaciones finitas está el propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000) y Gaillard y Pece (2011).

La fórmula matemática para calcularlo es la siguiente:

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{E^2 + \frac{t^2 CV^2}{N}}$$

Donde:

***n* =** Número de unidades muestrales minimas a aplicar
t = Valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student, generalmente se usa ***t*** = 0.05, es decir 95% de probabilidad y dos colas
CV = Coeficiente de variación; para obtener este valor es necesario hacer un pre-muestreo
E = Error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro; generalmente es del 20%
N = Total de unidades muestrales en toda la población

$$CV = \frac{s * 100}{X}$$

Donde:
s= desviación estándar

X= promedio

$$S = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{N}}{N-1}}$$

Donde *S* corresponde a la desviación estándar y *d* representa los valores registrados en cada unidad de muestreo del premuestreo.

El método consistió en realizar un muestreo piloto y, con base en la información obtenida, aplicar la fórmula propuesta por el autor para determinar el número de unidades de muestreo requeridas. Para este ejercicio se establecieron cinco unidades de muestreo preliminares distribuidas dentro de la microcuenca, cuyos resultados permitieron estimar el valor de *n* mostrado a continuación:

Tabla III. 53.- Estimación de las unidades de muestreo.

AREA SAR (MX y VSAMX) =	4,998.883 ha
% A MUESTREAR =	0.015
TAMAÑO AREA A MUESTREAR =	88.74 ha
TAMAÑO SITIOS MUESTREO =	0.1
NUMERO SITIOS EN TEORIA (N) =	887

CUADRANTE	DENSIDAD	DENSIDAD AL CUADRADO
1	20	400
2	26	676
3	20	400
4	35	1225
5	32	1024
SUMA =	**133**	**3725**
PROMEDIO =	**26.6**	
***s* =**	**6.8**	
***CV (%)* =**	**25.7**	
***t* =**	**2.1788**	
***E (%)* =**	**20**	
***N* =**	**887**	
***n* =**	**8**	

Considerando la estimación del número mínimo de unidades de muestreo propuesta por Mostacedo y Fredericksen (2000) y Gaillard y Pece (2011), se obtuvo un valor de *n* = 8 estaciones

de muestreo. No obstante, debido a que el área de estudio comprende dos tipos de vegetación y considerando además la longitud del trazo carretero, se determinó incrementar el esfuerzo de muestreo a un total de **15 estaciones**.

El aumento en el número de unidades de muestreo permitió obtener una mayor representatividad de las condiciones ecológicas presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR), así como fortalecer la cobertura de información correspondiente a los diferentes tipos de vegetación identificados. Asimismo, este ajuste metodológico proporciona mayor solidez estadística a los resultados obtenidos, favoreciendo una caracterización más confiable de la composición y estructura de las comunidades vegetales presentes en el área del proyecto.

Criterios basados en muestreos cualitativos

En el muestreo probabilístico (cuantitativo), el tamaño de la muestra suele calcularse en función de la heterogeneidad de la distribución de la variable que se estudia en la población, y los niveles de confianza y de precisión deseados.

Una característica del muestreo cualitativo es que el tamaño de la muestra no se conoce al inicio, sino sólo cuando la aparición de nuevos datos ha culminado. El diseño de muestreo orienta la forma en la que empieza a buscarse a los elementos muestreados, pero su incorporación se hace en forma iterativa, de acuerdo con la información que va surgiendo en el trabajo de campo. Como lo subrayan los expertos en esta modalidad de indagación, lo decisivo aquí no es el tamaño de la muestra, sino la riqueza de los datos provistos por los muestreos, y las habilidades de observación y análisis del investigador.

El método exige recolectar datos hasta que ocurra la saturación, o sea el punto en el cual se ha registrado un número suficiente de datos y con cada observación adicional no aparecen ya otros elementos. Mientras sigan apareciendo nuevos datos, la búsqueda no debe detenerse.

El procedimiento consistió inicialmente en realizar el muestreo dentro del área del proyecto, registrando las especies presentes en los distintos ecosistemas identificados. Posteriormente, se efectuó el muestreo en áreas del SAR con características ecológicas equivalentes a las del sitio de interés, registrando las especies observadas en cada unidad de muestreo.

Conforme avanzó el muestreo, en cada nuevo sitio se incorporaron las especies no registradas previamente, generando un listado acumulativo de riqueza específica. Este proceso se repitió sucesivamente hasta alcanzar un punto en el que las nuevas unidades de muestreo ya no aportaron especies adicionales relevantes, permitiendo construir una curva de acumulación de especies y evaluar la representatividad biológica del muestreo.

Mediante este enfoque fue posible verificar que las especies registradas en el área del proyecto se encuentran representadas dentro del SAR, asegurando que la caracterización biológica

realizada refleja adecuadamente la composición florística regional y permitiendo evaluar de manera más confiable la posible afectación sobre la biodiversidad.

Para conocer los atributos de las especies que conforman las poblaciones de plantas establecidas en el SAR, se establecieron los sitios de muestreo tomando en consideración las variaciones detectadas en la topografía, tipos de suelos, rasgos geológicos y cambios en la vegetación, principalmente. Se realizó el muestreo usando 15 parcelas circulares de 17.84 m de radio (1,000m^2), en los 2 tipos de vegetación que serían afectados con el desarrollo del proyecto. El siguiente plano cartográfico muestra la distribución geográfica de los sitios de muestreo establecidos dentro de los ecosistemas del SAR. La ubicación de las unidades de muestreo se definió con base en criterios ecológicos y de representatividad ambiental, considerando la variación existente en la cobertura vegetal, estructura de la vegetación, condiciones topográficas y grado de exposición del terreno.

Los sitios fueron establecidos en diferentes escenarios ambientales, incluyendo áreas con vegetación densa y sitios con cobertura vegetal más abierta, así como distintas topoformas, principalmente lomeríos y superficies relativamente planas. Este criterio permitió incorporar la heterogeneidad espacial del SAR y representar las variaciones florísticas y estructurales presentes en los diferentes tipos de vegetación.

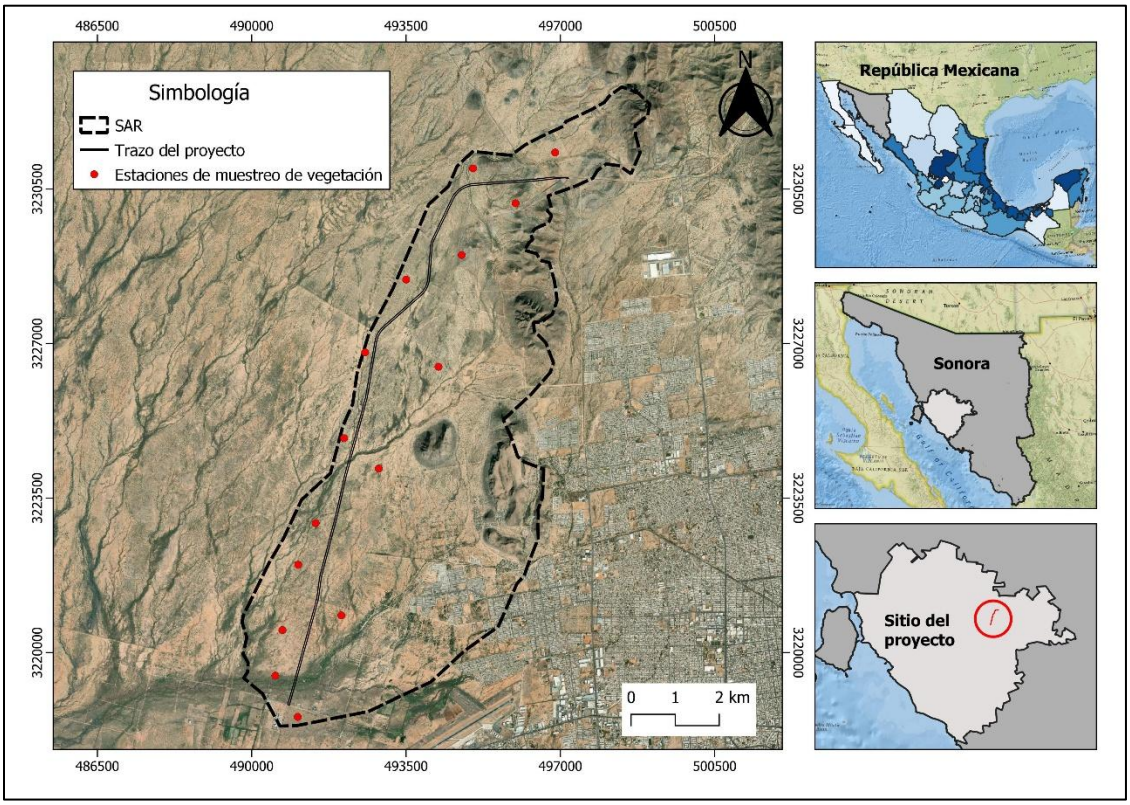


Figura III. 31.- Estaciones de muestreo de vegetación en el SAR.

Tabla III. 54.- Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo de vegetación en el SAR.

SITIO	UTM X	UTM Y
1	496880.675	3231326.453
2	495982.787	3230174.726
3	494761.547	3229004.598
4	492570	3226799
5	492092	3224854
6	491448.701	3222929.735
7	491051.325	3221985.906
8	492030.402	3220840.248
9	490694.342	3220505.41
10	490532	3219475
11	491041.444	3218539.983
12	492879.958	3224166.211
13	494235.036	3226471.725
14	493501.036	3228447.88
15	495019.225	3230966.693

III.2.2.3. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA FLORISTICA DE LA VEGETACIÓN

De acuerdo a Font Quer (2001) y Franco-López (2011), el término "Composición Florística" consiste en un inventario a detalle de las especies de plantas de una comunidad vegetal determinada.

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, para el estudio de la vegetación dentro de la Cuenca Hidrográfica, únicamente se consideraron los ecosistemas que están representados en el área de interés, esto es, las mediciones de las especies vegetales se hicieron en el Mezquital xerófilo (MKX) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital xerófilo (VSaMKX) de la cuenca. Esta decisión se debe a que las obras del proyecto van a impactar únicamente a esos tipos de ecosistemas, por lo que al hacer la remoción de las especies en el área de interés debemos asegurar que la biodiversidad no se va a afectar en esos tipos de vegetación de la Cuenca Hidrográfica al confirmar que las especies están bien representadas en esa cuenca.

Atributos de las especies vegetales

La estructura de una comunidad vegetal, así como la dinámica de la misma puede ser caracterizada si se conocen algunos de los atributos de las especies que la conforman. Los atributos de la vegetación más conocidos son la densidad, frecuencia, cobertura y el valor de

importancia ecológico de las mismas. La *densidad* de una especie se interpreta como el número de individuos de esa especie que habitan por unidad de área, en este caso, por hectárea. La *frecuencia* nos da una idea sobre la distribución espacial de los individuos de una especie en una determinada área. El atributo de la vegetación conocido como *cobertura* nos indica la cantidad de terreno que está cubierto por el follaje de una especie. Debemos tener en cuenta que una especie no necesariamente por ser muy densa, cubrirá una gran superficie con su follaje. En otras palabras, una especie arbórea, con pocos individuos puede tener mayor cobertura que una especie muy abundante, pero con poco follaje. El *valor de importancia* nos indica que especie es la que juega un papel dominante sobre las demás, cual es la que controla el flujo de energía en ese ecosistema, cual es la que consume la mayor cantidad de recursos (nutrientes, agua, luz, etc.).

Resultados

Se identificaron 34 especies vegetales pertenecientes a 16 familias botánicas, representadas principalmente por formas de vida arbóreas, arbustivas, herbáceas y cactáceas asociadas a comunidades de mezquital xerófilo y vegetación secundaria arbustiva. Con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se identificaron tres especies incluidas en alguna categoría de protección, el saguaro (*Carnegiea gigantea*) y el guayacán (*Guaiacum coulteri*) se encuentran clasificados en la categoría Amenazada (A), mientras que el palo fierro (*Olneya tesota*) se encuentra listado bajo la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr).

Asimismo, de acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, únicamente el guayacán (*Guaiacum coulteri*) se encuentra incluido en el Apéndice II.

Tabla III. 55.- Listado taxonómico de las especies identificadas en el SAR y su estatus de protección.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOM-O59	CITES
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	Fabaceae	-	-
2	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	Poaceae	-	-
3	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	Burseraceae	-	-
4	*Bursera microphylla*	Torote	Burseraceae	-	-
5	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Fabaceae	-	-
6	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	Cactaceae	**A**	-
7	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Poaceae	-	-
8	*Celtis pallida*	Garambullo	Cannabaceae	-	-
9	*Condalia warnockii*	Crucillo	Rhamnaceae	-	-
10	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Cordiaceae	-	-
11	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
12	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	Cactaceae	-	-

13	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Asteraceae	-	-
14	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	Cactaceae	-	-
15	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Fouquieriaceae	-	-
16	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Zygophyllaceae	**A**	**II**
17	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	Euphorbiaceae	-	-
18	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Euphorbiaceae	-	-
19	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
20	*Krameria parvifolia*	Cosahui	Krameriaceae	-	-
21	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Zygophyllaceae	-	-
22	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	Sina	Cactaceae	-	-
23	*Lycium fremontii*	Salicieso	Solanaceae	-	-
24	*Mammillaria grahamii*	Viejito	Cactaceae	-	-
25	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	Fabaceae	-	-
26	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	**Pr**	-
27	*Parkinsonia florida*	Brea	Fabaceae	-	-
28	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Fabaceae	-	-
29	*Parkinsonia praecox*	Brea	Fabaceae	-	-
30	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Achatocarpaceae	-	-
31	*Prosopis velutina*	Mezquite	Fabaceae	-	-
32	*Randia thurberi*	Papachi borracho	Rubiaceae	-	-
33	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	Cactaceae	-	-
34	*Vallesia glabra*	Citavaro	Apocynaceae	-	-

Se realizó la caracterización de las especies vegetales con base en su forma de vida y estratificación vertical, de acuerdo con las definiciones propuestas por Pío Font Quer (2001), el estrato arbóreo corresponde a los elementos que integran la parte superior de la comunidad vegetal, conformado por especies con alturas mayores a 5 m.

El estrato arbustivo o medio incluye especies leñosas y cactáceas con alturas entre 1 y 5 m, mientras que el estrato inferior comprende especies herbáceas perennes y otros elementos de porte bajo con alturas entre 0.05 y 1.0 m.

Tabla III. 56.- Formas de vida vegetales presentes en el SAR.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	ESTRATO
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	Arbustivo
2	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	Herbácea
3	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	Arbustivo
4	*Bursera microphylla*	Torote	Arbustivo
5	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Arbustivo

6	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	Cactácea
7	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Herbácea
8	*Celtis pallida*	Garambullo	Arbustivo
9	*Condalia warnockii*	Crucillo	Arbustivo
10	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Arbustivo
11	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactácea
12	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	Cactácea
13	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Arbustivo
14	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	Cactácea
15	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Arbustivo
16	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Arbustivo
17	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	Arbustivo
18	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Arbustivo
19	*Jatropha cuneata*	Matacora	Arbustivo
20	*Krameria parvifolia*	Cosahui	Arbustivo
21	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Arbustivo
22	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	Sina	Cactácea
23	*Lycium fremontii*	Salicieso	Arbustivo
24	*Mammillaria grahamii*	Viejito	Cactácea
25	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	Arbustivo
26	*Olneya tesota*	Palo fierro	Arbórea
27	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	Arbórea
28	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Arbórea
29	*Parkinsonia praecox*	Brea	Arbórea
30	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Arbustivo
31	*Prosopis velutina*	Mezquite	Arbórea
32	*Randia thurberi*	Papachi borracho	Arbustivo
33	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	Cactácea
34	*Vallesia glabra*	Citavaro	Arbustivo

La evaluación de la diversidad ecológica de las especies registradas en el SAR se realizó mediante la estimación del Índice de Valor de Importancia (IVI), así como de los índices ecológicos de riqueza específica, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou (J').

- **Índice de Valor de Importancia (IVI)**

De acuerdo con Odum y Barrett (2006), el Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador ecológico utilizado para determinar el grado de dominancia estructural de las especies dentro de una comunidad vegetal, integrando atributos relacionados con su abundancia, distribución espacial y ocupación del espacio. El índice se estimó mediante la siguiente expresión:

$$IVI = Densidad\ relativa + Dominancia\ relativa + Frecuencia\ relativa$$

Donde:

- La densidad relativa corresponde a la proporción de individuos de una especie respecto al total de individuos registrados.
- La dominancia relativa representa la proporción de cobertura ocupada por una especie en relación con la cobertura total de la comunidad.
- La frecuencia relativa expresa la proporción de ocurrencia de una especie respecto al total de frecuencias registradas.

Para comunidades vegetales, Odum y Barrett (2006), así como Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) y Brower y Zar (1977), señalan que la dominancia debe estimarse mediante atributos estructurales de las plantas, como el área basal o la cobertura vegetal, debido a que estos parámetros reflejan de mejor manera la influencia ecológica de las especies dentro del ecosistema.

Bajo este criterio, para el presente estudio se utilizó la cobertura vegetal como equivalente del componente de dominancia en la estimación del IVI, considerando que especies con menor densidad pueden presentar una mayor influencia ecológica derivada de su porte, cobertura y capacidad de aprovechamiento de recursos como agua, luz y nutrientes.

- **Índices de diversidad**

La diversidad ecológica de las comunidades vegetales fue evaluada mediante el Índice de Shannon-Wiener (H'), el cual integra tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa de los individuos dentro de la comunidad. Este índice se calculó mediante la siguiente expresión:

$$H' = -\sum p_i \ln (p_i)$$

Donde:

- $p_i = n_i / N$
- $n_i$corresponde al número de individuos de la especie i
- Nrepresenta el número total de individuos registrados

El índice de Shannon-Wiener permite evaluar el grado de heterogeneidad biológica de una comunidad; valores bajos reflejan sistemas dominados por pocas especies, mientras que valores altos indican comunidades con mayor complejidad y distribución más equilibrada de las abundancias (Moreno, 2001).

Complementariamente, se estimó el Índice de Equidad de Pielou (J'), utilizado para evaluar la uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies registradas. Este índice se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H'}{\ln (S)}$$

Donde:

- H'es el Índice de Shannon-Wiener
- Scorresponde al número total de especies registradas

Los valores de J' oscilan entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican una distribución homogénea de los individuos entre las especies, mientras que valores bajos reflejan dominancia marcada de uno o pocos taxa.

La información correspondiente a los índices ecológicos se presenta para cada tipo de vegetación y para los diferentes estratos de crecimiento identificados dentro del SAR, permitiendo evaluar la composición, estructura y organización de las comunidades vegetales registradas.

Mezquital xerófilo (MX)

En el Mezquital Xerófilo se registraron 32 especies vegetales distribuidas en diferentes formas de vida, de las cuales 5 corresponden al estrato arbóreo, 19 al estrato arbustivo, 2 a especies herbáceas y 6 a cactáceas. Con relación al estatus de conservación, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, se identificó al saguaro (*Carnegiea gigantea*) y al guayacán (*Guaiacum coulteri*) bajo la categoría Amenazada (A), mientras que el palo fierro (*Olneya tesota*) se encuentra listado en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr). Asimismo, conforme a los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, únicamente el guayacán (*Guaiacum coulteri*) se encuentra incluido en el Apéndice II, categoría que integra especies que actualmente no se consideran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio internacional requiere regulación y control para evitar afectaciones sobre sus poblaciones naturales.

Con base en la información obtenida mediante las parcelas de muestreo establecidas en campo, se determinó la hectárea tipo correspondiente al Mezquital Xerófilo, integrando los valores de densidad, cobertura y composición de las especies registradas. Lo anterior permitió caracterizar la estructura y organización de esta comunidad vegetal dentro del área de estudio

Tabla III. 57.- Listado de especies vegetales identificadas en el MX.

ID	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ HA	COBERTURA/ HA
1	Mezquitillo	*Acacia constricta*	12	8.5575
2	Torote prieto	*Bursera laxiflora*	1	7.8666
3	Zacate liebrero	*Bouteloua rothrockii*	1025	70.8980
4	Torote	*Bursera microphylla*	1	1.3267
5	Piojito	*Caesalpinia palmeri*	23	19.4844
6	Sahuaro	*Carnegiea gigantea*	1	6.0919
7	Garambullo	*Celtis pallida*	1	2.6180
8	Zacate buffel	*Cenchrus ciliaris*	831	135.0529
9	Crucillo	*Condalia warnockii*	101	70.8063
10	Vara prieta	*Cordia parvifolia*	3	0.5833
11	Choya	*Cylindropuntia fulgida*	3	1.6111
12	Rama blanca	*Encelia farinosa*	527	82.7039
13	Biznaga	*Ferocactus herrerae*	1	0.1542
14	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	1	7.8666
15	Guayacán	*Guaiacum coulteri*	1	0.8560

16	Sangrengado	*Jatropha cardiophylla*	4	2.7061
17	Matacora	*Jatropha cuneata*	11	7.8262
18	Cosahui	*Krameria parvifolia*	23	9.6205
19	Gobernadora	*Larrea tridentata*	1	2.8320
20	Sina	*Lophocereus schottii var. schottii*	4	10.7741
21	Salicieso	*Lycium fremontii*	16	7.1553
22	Viejito	*Mammillaria grahamii*	3	0.0362
23	Uña de gato	*Mimosa laxiflora*	1	0.3382
24	Palo fierro	*Olneya tesota*	61	169.4041
25	Palo verde azul	*Parkinsonia florida*	20	55.2667
26	Palo verde	*Parkinsonia microphylla*	42	99.8223
27	Brea	*Parkinsonia praecox*	1	8.1813
28	Huevito	*Phaulothamnus spinescens*	1	5.0346
29	Mezquite	*Prosopis velutina*	105	333.2899
30	Papachi	*Randia thurberi*	8	4.8696
31	Pitahaya	*Stenocereus thurberi*	2	10.0563
32	Citavaro	*Vallesia glabra*	1	2.6180
			2,836	

Cabe mencionar que las mayores densidades registradas corresponden a dos especies herbáceas, zacate liebrero y zacate buffel, así como a la especie arbustiva *Encelia farinosa*, las cuales en conjunto representan aproximadamente el 73 % de la densidad total estimada para este tipo de vegetación.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) identificó al zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) como la especie con mayor representatividad ecológica dentro del Mezquital Xerófilo, al registrar el valor más alto (IVI = 50.559), ubicándose en la clase 1 de dominancia ecológica. Asimismo, el mezquite (*Prosopis velutina*) y el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) se posicionaron en la clase 2, reflejando también una participación relevante dentro de la estructura y composición de la comunidad vegetal.

Estos resultados indican que la estructura del sitio se encuentra fuertemente influenciada por la presencia y abundancia de especies herbáceas graminoides, particularmente por *Cenchrus ciliaris*, especie introducida ampliamente distribuida en ecosistemas áridos y semiáridos del noroeste de México, cuya elevada densidad y cobertura le permiten dominar amplias superficies del estrato inferior. La alta representatividad de esta especie sugiere condiciones de disturbio previo o modificación de la cobertura vegetal original, favoreciendo procesos de sustitución parcial de especies nativas y cambios en la composición florística de la comunidad.

Por otra parte, la presencia del mezquite (*Prosopis velutina*) dentro de las categorías con mayor IVI confirma su papel como una de las especies estructuralmente dominantes del estrato arbóreo y subarbóreo del Mezquital Xerófilo, contribuyendo de manera importante a la cobertura y

organización vertical de la vegetación. En tanto, *Bouteloua rothrockii* representa un componente característico del estrato herbáceo asociado a comunidades áridas, indicando la persistencia de elementos nativos adaptados a las condiciones ecológicas del sitio

Tabla III. 58.- Valores de los atributos ecológicos de las especies presentes en el Mezquital Xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	0.476	0.747	2.326	3.548	5
2	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	0.040	0.686	1.163	1.889	5
3	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	28.163	6.185	5.814	40.162	2
4	*Bursera microphylla*	Torote	0.040	0.116	1.163	1.318	5
5	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	0.912	1.700	4.651	7.263	5
6	*Carnegiea gigantea*	Sahuaro	0.040	0.531	1.163	1.734	5
7	*Celtis pallida*	Garambullo	0.040	0.228	1.163	1.431	5
8	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	32.963	11.782	5.814	50.559	1
9	*Condalia warnockii*	Crucillo	4.006	6.177	9.302	19.486	4
10	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	0.119	0.051	1.163	1.333	5
11	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	0.119	0.141	1.163	1.422	5
12	*Encelia farinosa*	Rama blanca	20.904	7.215	8.140	36.259	3
13	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	0.040	0.013	1.163	1.216	5
14	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	0.040	0.686	1.163	1.889	5
15	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	0.040	0.075	1.163	1.277	5
16	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	0.159	0.236	2.326	2.720	5
17	*Jatropha cuneata*	Matacora	0.436	0.683	3.488	4.607	5
18	*Krameria parvifolia*	Cosahui	0.912	0.839	3.488	5.240	5
19	*Larrea tridentata*	Gobernadora	0.040	0.247	1.163	1.450	5
20	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	0.159	0.940	2.326	3.424	5
21	*Lycium fremontii*	Salicieso	0.635	0.624	2.326	3.584	5
22	*Mammillaria grahamii*	Viejito	0.119	0.003	1.163	1.285	5
23	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	0.040	0.030	1.163	1.232	5
24	*Olneya tesota*	Palo fierro	2.420	14.778	9.302	26.500	3
25	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	0.793	4.821	3.488	9.103	5
26	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	1.666	8.708	6.977	17.351	4
27	*Parkinsonia praecox*	Brea	0.040	0.714	1.163	1.916	5
28	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.040	0.439	1.163	1.642	5
29	*Prosopis velutina*	Mezquite	4.165	29.075	6.977	40.217	2
30	*Randia thurberi*	Papachi	0.317	0.425	3.488	4.231	5
31	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya	0.079	0.877	2.326	3.282	5
32	*Vallesia glabra*	Citavaro	0.040	0.228	1.163	1.431	5
			100	100	100	300	

De acuerdo con los índices de diversidad evaluados, se registró una riqueza florística de 32 especies, lo que refleja una composición vegetal relativamente diversa para comunidades características de ambientes áridos y semiáridos.

El valor obtenido para el Índice de Shannon (H' = 1.780) indica una diversidad biológica intermedia, asociada a comunidades donde existe una cantidad moderada de especies, pero con diferencias marcadas en su abundancia relativa. Este comportamiento sugiere que, aunque el sitio presenta una composición florística amplia, la estructura de la comunidad se encuentra influenciada por la dominancia de algunas especies con alta cobertura y densidad, particularmente especies herbáceas graminoides y arbustivas adaptadas a condiciones de disturbio y aridez.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.514) evidencia una distribución no uniforme de los individuos entre las especies registradas, indicando que la comunidad vegetal presenta niveles moderados de dominancia ecológica. Lo anterior significa que un número reducido de especies concentra una proporción importante de la abundancia total, mientras que el resto de las especies presentan representaciones menores dentro de la estructura vegetal.

Tabla III. 59.- Valores del índice de diversidad de especies vegetales presentes en el Mezquital Xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Acacia constricta	Mezquitillo	12	0.0048	-5.3475	-0.0255
Bursera laxiflora	Torote prieto	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	710	0.2816	-1.2671	-0.3569
Bursera microphylla	Torote	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Caesalpinia palmeri	Piojito	23	0.0091	-4.6969	-0.0429
Carnegiea gigantea	Sahuaro	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Celtis pallida	Garambullo	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	831	0.3296	-1.1098	-0.3658
Condalia warnockii	Crucillo	101	0.0401	-3.2173	-0.1289
Cordia parvifolia	Vara prieta	3	0.0012	-6.7338	-0.0080
Cylindropuntia fulgida	Choya	3	0.0012	-6.7338	-0.0080
Encelia farinosa	Rama blanca	527	0.2090	-1.5652	-0.3272
Ferocactus herrerae	Biznaga	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Fouquieria splendens	Ocotillo	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Guaiacum coulteri	Guayacán	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Jatropha cardiophylla	Sangrengado	4	0.0016	-6.4461	-0.0102
Jatropha cuneata	Matacora	11	0.0044	-5.4345	-0.0237
Krameria parvifolia	Cosahui	23	0.0091	-4.6969	-0.0429
Larrea tridentata	Gobernadora	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	4	0.0016	-6.4461	-0.0102
Lycium fremontii	Salicieso	16	0.0063	-5.0598	-0.0321

Mammillaria grahamii	Viejito	3	0.0012	-6.7338	-0.0080
Mimosa laxiflora	Uña de gato	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Olneya tesota	Palo fierro	61	0.0242	-3.7215	-0.0900
Parkinsonia florida	Palo verde azul	20	0.0079	-4.8367	-0.0384
Parkinsonia microphylla	Palo verde	42	0.0167	-4.0947	-0.0682
Parkinsonia praecox	Brea	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Phaulothamnus spinescens	Huevito	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
Prosopis velutina	Mezquite	105	0.0417	-3.1785	-0.1324
Randia thurberi	Papachi	8	0.0032	-5.7530	-0.0183
Stenocereus thurberi	Pitahaya	2	0.0008	-7.1393	-0.0057
Vallesia glabra	Citavaro	1	0.0004	-7.8324	-0.0031
TOTAL:		**2521**	**1.0000**		**-1.7805**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.7809***
Riqueza (S) =					***32***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***3.466***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.514***

Análisis de diversidad por estratos

Estrato arbóreo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, el mezquite (*Prosopis velutina*) se ubicó en la clase 1 al presentar el valor más alto de IVI (120.898), seguido por el palo fierro (*Olneya tesota*) en la clase 2 y el palo verde (*Parkinsonia microphylla*) en la clase 3. Estas especies concentran los mayores aportes en términos de densidad, cobertura y frecuencia relativa dentro del estrato arbóreo, constituyendo los principales componentes estructurales de la comunidad vegetal.

Desde el punto de vista ecológico, la dominancia de *Prosopis velutina* refleja su capacidad de adaptación y permanencia en condiciones de aridez, así como su participación en la conformación de la estructura vertical de la vegetación. Asimismo, *Olneya tesota* y *Parkinsonia microphylla* contribuyen de manera importante a la cobertura arbórea y a la generación de microhábitats dentro del ecosistema.

Tabla III. 60.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Olneya tesota*	Palo fierro	26.638	25.437	33.333	85.408	2
2	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	8.734	8.299	12.500	29.532	4
3	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	18.341	14.989	25.000	58.330	3
4	*Parkinsonia praecox*	Brea	0.437	1.228	4.167	5.832	5
5	*Prosopis velutina*	Mezquite	45.852	50.046	25.000	120.898	1
			100	100	100	300	

Para el estrato arbóreo se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H' = 1.258), lo que indica una diversidad de nivel intermedio, asociada a la participación de varias especies dentro de la estructura de la comunidad vegetal. Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.781) refleja una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, indicando ausencia de una dominancia absoluta dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.4585, seguido por el palo fierro (*Olneya tesota*) con 0.2664 y el palo verde (*Parkinsonia microphylla*) con 0.1834, evidenciando que estas especies representan los principales componentes estructurales del estrato arbóreo.

Tabla III. 61.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbóreo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Olneya tesota	Palo fierro	61	0.2664	-1.3228	-0.3524
Parkinsonia florida	Palo verde azul	20	0.0873	-2.4380	-0.2129
Parkinsonia microphylla	Palo verde	42	0.1834	-1.6961	-0.3111
Parkinsonia praecox	Brea	1	0.0044	-5.4337	-0.0237
Prosopis velutina	Mezquite	105	0.4585	-0.7798	-0.3575
TOTAL:		**229**	**1.0000**		**-1.2576**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.2576***
Riqueza (S) =					***5***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.609***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.781***

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo, la rama blanca (*Encelia farinosa*) presentó el valor más alto de Índice de Valor de Importancia (IVI = 121.080), ubicándose en la clase 1, mientras que la cruceta (*Condalia warnockii*) se posicionó en la clase 2 y el palo de arco (*Caesalpinia palmeri*) en la clase 3.

La elevada representatividad de *Encelia farinosa* se relaciona con sus altos valores de densidad y cobertura relativa, reflejando una importante capacidad de establecimiento en ambientes áridos y con disturbio. Por su parte, *Condalia warnockii* presentó valores importantes de frecuencia y cobertura, contribuyendo a la organización estructural del estrato arbustivo

Tabla III. 62.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Acacia constricta*	Mezquitito	1.628	3.483	4.545	9.657	4
2	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	0.136	3.202	2.273	5.611	4
3	*Bursera microphylla*	Torote	0.136	0.540	2.273	2.948	5
4	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	3.121	7.931	9.091	20.143	3
5	*Celtis pallida*	Garambullo	0.136	1.066	2.273	3.474	5

6	*Condalia warnockii*	Crucillo	13.704	28.822	18.182	60.708	2
7	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	0.407	0.237	2.273	2.917	5
8	*Encelia farinosa*	Rama blanca	71.506	33.665	15.909	121.080	1
9	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	0.136	3.202	2.273	5.611	4
10	*Guaiacum coulteri*	Guayacan	0.136	0.348	2.273	2.757	5
11	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	0.543	1.102	4.545	6.190	4
12	*Jatropha cuneata*	Lomboy	1.493	3.186	6.818	11.496	4
13	*Krameria parvifolia*	Cosahui	3.121	3.916	6.818	13.855	4
14	*Larrea tridentata*	Gobernadora	0.136	1.153	2.273	3.561	5
15	*Lycium fremontii*	Salicieso	2.171	2.913	4.545	9.629	4
16	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	0.136	0.138	2.273	2.546	5
17	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.136	2.049	2.273	4.458	5
18	*Randia thurberi*	Papachi	1.085	1.982	6.818	9.886	4
19	*Vallesia glabra*	Citavaro	0.136	1.066	2.273	3.474	5
			100	100	100	300	

Para el estrato arbustivo se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H' = 1.122), lo que indica una diversidad baja a intermedia, asociada a una comunidad donde la abundancia se concentra principalmente en pocas especies dominantes. Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.381) evidencia una distribución heterogénea de las abundancias entre las especies registradas.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la rama blanca (*Encelia farinosa*) con 0.7151, seguida por la cruceta (*Condalia warnockii*) con 0.1370. Estos resultados reflejan una marcada dominancia de *Encelia farinosa* dentro del estrato arbustivo.

Tabla III. 63.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbustivo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Acacia constricta	Mezquitito	12	0.0163	-4.1177	-0.0670
Bursera laxiflora	Torote prieto	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Bursera microphylla	Torote	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Caesalpinia palmeri	Piojito	23	0.0312	-3.4671	-0.1082
Celtis pallida	Garambullo	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Condalia warnockii	Crucillo	101	0.1370	-1.9875	-0.2724
Cordia parvifolia	Vara prieta	3	0.0041	-5.5040	-0.0224
Encelia farinosa	Rama blanca	527	0.7151	-0.3354	-0.2398
Fouquieria splendens	Ocotillo	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Guaiacum coulteri	Guayacan	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Jatropha cardiophylla	Sangrengado	4	0.0054	-5.2163	-0.0283
Jatropha cuneata	Lomboy	11	0.0149	-4.2047	-0.0628
Krameria parvifolia	Cosahui	23	0.0312	-3.4671	-0.1082
Larrea tridentata	Gobernadora	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Lycium fremontii	Salicieso	16	0.0217	-3.8300	-0.0831
Mimosa laxiflora	Uña de gato	1	0.0014	-6.6026	-0.0090

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Phaulothamnus spinescens	Huevito	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
Randia thurberi	Papachi	8	0.0109	-4.5231	-0.0491
Vallesia glabra	Citavaro	1	0.0014	-6.6026	-0.0090
TOTAL:		**737**	**1.0000**		**-1.1220**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.1220***
Riqueza (S) =					***19***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***2.944***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.381***

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo, el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) presentó el valor más alto de Índice de Valor de Importancia (IVI = 169.501), ubicándose en la clase 1, mientras que el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) se posicionó en la clase 2.

Estos resultados indican una marcada dominancia del zacate buffel dentro del estrato herbáceo, derivada principalmente de sus altos valores de densidad y cobertura relativa, condición asociada a ambientes con disturbio previo.

Tabla III. 64.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	46.074	34.425	50.000	130.499	2
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	53.926	65.575	50.000	169.501	1
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 0.357), lo que indica una diversidad baja, asociada a la reducida riqueza florística registrada dentro del estrato. La equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.515) refleja una distribución moderadamente homogénea entre ambas especies registradas.

Tabla III. 65.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato herbáceo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	710	0.4607	-0.7749	-0.3570
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	831	0.5393	-0.6176	-0.3330
TOTAL:		**1541**	**1.0000**		**-0.3570**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***0.3570***
Riqueza (S) =					***2***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***0.693***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.515***

Cactáceas

En el estrato de cactáceas, la sina (*Lophocereus schottii* var. *schottii*) presentó el valor más alto de Índice de Valor de Importancia (IVI = 91.081), seguida por la pitahaya (*Stenocereus thurberi*) con un IVI = 74.296.

Estos resultados indican que ambas especies constituyen los principales elementos estructurales del estrato de cactáceas, concentrando los mayores aportes en términos de cobertura, densidad y frecuencia relativa.

Tabla III. 66.- Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Carnegiea gigantea*	Saguaro	7.143	21.209	12.500	40.851	3
2	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	21.429	5.609	12.500	39.537	3
3	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	7.143	0.537	12.500	20.180	4
4	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	28.571	37.509	25.000	91.081	1
5	*Mammillaria grahamii*	Viejito	21.429	0.126	12.500	34.055	3
6	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	14.286	35.010	25.000	74.296	2
			100	100	100	300	

Para el estrato de cactáceas se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 1.673), lo que indica una diversidad de nivel intermedio, asociada a la presencia de varias especies con participación relativamente equilibrada dentro de la comunidad vegetal. Este comportamiento sugiere que el estrato mantiene una composición florística representativa de ambientes áridos, donde ninguna especie ejerce una dominancia absoluta sobre el resto de los componentes registrados.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.934) refleja una distribución altamente homogénea de las abundancias relativas entre las especies presentes, evidenciando una estructura comunitaria balanceada y con baja disparidad en la representación de individuos. Esta condición indica que las especies de cactáceas mantienen una participación ecológica relativamente uniforme dentro del estrato, contribuyendo conjuntamente a la estructura y funcionalidad de la vegetación.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX)

En la VSAMX se registraron 20 especies vegetales distribuidas en diferentes formas de vida, de las cuales 4 corresponden al estrato arbóreo, 8 al estrato arbustivo, 2 al estrato herbáceo y 6 al estrato de cactáceas, reflejando una comunidad vegetal con composición típica de ambientes áridos y semiáridos del desierto sonorense.

Con relación al estatus de conservación, conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, se identificó al saguaro (*Carnegiea gigantea*) bajo la categoría Amenazada (A), mientras que el palo fierro (*Olneya tesota*) se encuentra listado bajo la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr). Por otra parte, de acuerdo con los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), no se registraron especies incluidas en alguno de sus apéndices.

A partir de la información obtenida mediante las parcelas de muestreo, se determinó la hectárea tipo para la VSAMX, integrando los valores de densidad, cobertura y frecuencia de las especies registradas, lo que permitió caracterizar la estructura y composición de la comunidad vegetal presente dentro del SAR.

Tabla III. 67.- Listado de especies vegetales identificadas en la VSAMX.

ID	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ HA	COBERTURA/ HA
1	Mezquitillo	*Acacia constricta*	4	2.5680
2	Zacate liebrero	*Bouteloua rothrockii*	326	13.4439
3	Piojito	*Caesalpinia palmeri*	81	69.8947
4	Zacate buffel	*Cenchrus ciliaris*	301	27.6718
5	Crucillo	*Condalia warnockii*	16	22.0131
6	Choya	*Cylindropuntia fulgida*	136	68.8252
7	Tasajo	*Cylindropuntia versicolor*	7	53.0145
8	Rama blanca	*Encelia farinosa*	19	2.7168
9	Biznaga	*Ferocactus herrerae*	7	1.1694
10	Lomboy	*Jatropha cinerea*	9	12.7628
11	Cosahui	*Krameria parvifolia*	4	3.2471
12	Sina	*Lophocereus schottii var. schottii*	4	12.2341
13	Salicieso	*Lycium fremontii*	14	6.4398
14	Viejito	*Mammillaria grahammii*	4	0.0378
15	Palo fierro	*Olneya tesota*	100	195.7617
16	Palo verde	*Parkinsonia microphylla*	24	61.6077
17	Brea	*Parkinsonia praecox*	17	119.7557
18	Huevito	*Phaulothamnus spinescens*	9	0.8836
19	Mezquite	*Prosopis velutina*	178	483.6525
20	Pitahaya	*Stenocereus thurberi*	2	31.4160
			1,262	

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), el mezquite (*Prosopis velutina*) presentó el valor más alto (IVI = 65.889), ubicándose en la clase 1 y constituyéndose como la especie con mayor relevancia ecológica dentro de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX). Su elevada representatividad se relaciona principalmente con sus altos valores de

cobertura relativa, densidad y frecuencia, reflejando su importancia en la estructura y organización de la comunidad vegetal.

En la clase 2 se ubicaron el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*), el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y el palo fierro (*Olneya tesota*), especies que también presentaron valores elevados de IVI y que participan de manera significativa en la composición y funcionamiento ecológico de la vegetación. Particularmente, la presencia de *Cenchrus ciliaris* evidencia la participación de elementos herbáceos asociados a áreas con disturbio previo o modificación parcial de la cobertura vegetal original.

Por su parte, especies como el piojito (*Caesalpinia palmeri*), la choya (*Cylindropuntia fulgida*) y la brea (*Parkinsonia praecox*) se ubicaron en la clase 3, mostrando una representatividad intermedia dentro de la comunidad vegetal y contribuyendo a la heterogeneidad estructural de la VSAMX.

Tabla III. 68.- Valores de los atributos ecológicos de las especies presentes en VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	0.317	0.216	2.778	3.311	5
2	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	25.832	1.131	8.333	35.296	2
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	6.418	5.878	5.556	17.852	3
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	23.851	2.327	8.333	34.511	2
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	1.268	1.851	5.556	8.675	4
6	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	10.777	5.788	5.556	22.120	3
7	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	0.555	4.458	2.778	7.791	4
8	*Encelia farinosa*	Rama blanca	1.506	0.228	2.778	4.512	5
9	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	0.555	0.098	5.556	6.209	4
10	*Jatropha cinerea*	Matacora	0.713	1.073	2.778	4.564	5
11	*Krameria parvifolia*	Cosahui	0.317	0.273	2.778	3.368	5
12	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	0.317	1.029	2.778	4.124	5
13	*Lycium fremontii*	Salicieso	1.109	0.542	2.778	4.429	5
14	*Mammillaria grahamii*	Viejito	0.317	0.003	2.778	3.098	5
15	*Olneya tesota*	Palo fierro	7.924	16.463	8.333	32.720	2
16	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	1.902	5.181	5.556	12.638	4
17	*Parkinsonia praecox*	Brea	1.347	10.071	5.556	16.974	3
18	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.713	0.074	5.556	6.343	4
19	*Prosopis velutina*	Mezquite	14.105	40.673	11.111	65.889	1
20	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya	0.158	2.642	2.778	5.578	4
			100	100	100	300	

Para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX) se obtuvo un valor del Índice de Shannon-Wiener (H' = 2.038), lo que indica una diversidad de nivel intermedio a

relativamente alta, asociada a la participación de diversas especies dentro de la estructura de la comunidad vegetal.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.700) refleja una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando ausencia de una dominancia absoluta por parte de una sola especie y una participación compartida entre distintos componentes de la vegetación.

Los valores de proporción relativa (pi) más altos correspondieron al zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) con 0.2583, seguido por el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.2385, el mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.1410 y la choya (*Cylindropuntia fulgida*) con 0.1078. Asimismo, el palo fierro (*Olneya tesota*) presentó un valor de pi= 0.0792, contribuyendo también de manera importante a la composición de la comunidad vegetal.

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados indican que la VSAMX mantiene una composición vegetal heterogénea y estructuralmente diversa, integrada por especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y cactáceas características de ambientes áridos. La participación conjunta de gramíneas, elementos leñosos y cactáceas refleja condiciones de vegetación secundaria con procesos de regeneración y establecimiento de especies adaptadas a disturbios y condiciones de estrés hídrico.

Tabla III. 69.- Valores del índice de diversidad de especies vegetales presentes en la VSAMX

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Acacia constricta	Mezquitillo	4	0.0032	-5.7542	-0.0182
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	326	0.2583	-1.3536	-0.3497
Caesalpinia palmeri	Piojito	81	0.0642	-2.7460	-0.1762
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	301	0.2385	-1.4333	-0.3419
Condalia warnockii	Crucillo	16	0.0127	-4.3679	-0.0554
Cylindropuntia fulgida	Choya	136	0.1078	-2.2278	-0.2401
Cylindropuntia versicolor	Choya tasajo	7	0.0055	-5.1945	-0.0288
Encelia farinosa	Rama blanca	19	0.0151	-4.1960	-0.0632
Ferocactus herrerae	Biznaga	7	0.0055	-5.1945	-0.0288
Jatropha cinerea	Matacora	9	0.0071	-4.9432	-0.0353
Krameria parvifolia	Cosahui	4	0.0032	-5.7542	-0.0182
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	4	0.0032	-5.7542	-0.0182
Lycium fremontii	Salicieso	14	0.0111	-4.5014	-0.0499
Mammillaria grahamii	Viejito	4	0.0032	-5.7542	-0.0182
Olneya tesota	Palo fierro	100	0.0792	-2.5353	-0.2009
Parkinsonia microphylla	Palo verde	24	0.0190	-3.9624	-0.0754
Parkinsonia praecox	Brea	17	0.0135	-4.3072	-0.0580
Phaulothamnus spinescens	Huevito	9	0.0071	-4.9432	-0.0353
Prosopis velutina	Mezquite	178	0.1410	-1.9587	-0.2763
Stenocereus thurberi	Pitahaya	2	0.0016	-6.4473	-0.0102
TOTAL:		**1262**	**1.0000**		**-2.0982**

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***2.0382***
Riqueza (S) =	***20***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	***2.996***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	***0.700***

Análisis de diversidad por estratos

Estrato arbóreo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, el mezquite (*Prosopis velutina*) se ubicó en la clase 1 al presentar el valor más alto de IVI (148.351), seguido por el palo fierro (*Olneya tesota*) en la clase 2 y el la brea (*Parkinsonia praecox*) en la clase 3. Estas especies concentran los mayores aportes en términos de densidad, cobertura y frecuencia relativa dentro del estrato arbóreo, constituyendo los principales componentes estructurales de la comunidad vegetal.

Desde el punto de vista ecológico, la dominancia de *Prosopis velutina* refleja su capacidad de adaptación y permanencia en condiciones de aridez, así como su participación en la conformación de la estructura vertical de la vegetación. Asimismo, *Olneya tesota* y *Parkinsonia praecox* contribuyen de manera importante a la cobertura arbórea y a la generación de microhábitats dentro del ecosistema.

Tabla III. 70.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Olneya tesota*	Palo fierro	31.348	22.742	27.273	81.363	2
2	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	7.524	7.157	18.182	32.863	4
3	*Parkinsonia praecox*	Brea	5.329	13.912	18.182	37.423	3
4	*Prosopis velutina*	Mezquite	55.799	56.188	36.364	148.351	1
			100	100	100	300	

Para el estrato arbóreo se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 1.040), lo que indica una diversidad de nivel bajo a intermedio, asociada a una composición florística integrada por pocas especies con representatividad ecológica diferenciada dentro de la comunidad vegetal.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.750) refleja una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, aunque con una tendencia moderada hacia la dominancia de las especies con mayor representación estructural.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.5580, seguido por el palo fierro (*Olneya tesota*) con 0.3135. En conjunto, ambas especies concentran aproximadamente el 87 % de la abundancia total registrada en el estrato arbóreo, evidenciando que constituyen los principales componentes estructurales y funcionales de la comunidad.

Tabla III. 71.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbóreo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Olneya tesota	Palo fierro	31	0.3135	-1.1600	-0.3636
Parkinsonia microphylla	Palo verde	8	0.0752	-2.5871	-0.1946
Parkinsonia praecox	Brea	5	0.0533	-2.9320	-0.1562
Prosopis velutina	Mezquite	56	0.5580	-0.5834	-0.3255
TOTAL:		**100**	**1.0000**		**-1.040**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.040***
Riqueza (S) =					***4***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.386***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.750***

Estrato arbustivo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), el piojito (*Caesalpinia palmeri*) presentó el valor más alto dentro del estrato arbustivo de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX), con un IVI de 128.096, ubicándose en la clase 1.

En la clase 2 se ubicó el crucillo (*Condalia warnockii*) con un IVI de 46.702, especie que también presentó aportes importantes en términos de cobertura y frecuencia relativa, participando de manera significativa en la estructura y organización del estrato arbustivo.

Por su parte, la rama blanca (*Encelia farinosa*), el lomboy (*Jatropha cinerea*), el salicieso (*Lycium fremontii*) y el huevito (*Phaulothamnus spinescens*) se agruparon en la clase 3, presentando valores intermedios de IVI y contribuyendo a la heterogeneidad estructural de la comunidad vegetal.

Las especies restantes, como el mezquitito (*Acacia constricta*) y el cosahui (*Krameria parvifolia*), se ubicaron en la clase 4, reflejando menor representatividad ecológica dentro del estrato debido a sus bajos valores de densidad, cobertura y frecuencia relativa.

Tabla III. 72.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Acacia constricta*	Mezquitito	2.564	2.131	9.091	13.786	4
2	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	51.923	57.992	18.182	128.096	1
3	*Condalia warnockii*	Crucillo	10.256	18.264	18.182	46.702	2
4	*Encelia farinosa*	Rama blanca	12.179	2.254	9.091	23.525	3
5	*Jatropha cinerea*	Lomboy	5.769	10.589	9.091	25.449	3
6	*Krameria parvifolia*	Cosahui	2.564	2.694	9.091	14.349	4
7	*Lycium fremontii*	Salicieso	8.974	5.343	9.091	23.408	3
8	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	5.769	0.733	18.182	24.684	3
			100	100	100	300	

Para el estrato arbustivo se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H' = 1.122), lo que indica una diversidad baja a intermedia, asociada a una comunidad donde la abundancia se concentra principalmente en pocas especies dominantes. Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.381) evidencia una distribución heterogénea de las abundancias entre las especies registradas.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la rama blanca (*Encelia farinosa*) con 0.7151, seguida por la cruceta (*Condalia warnockii*) con 0.1370. Estos resultados reflejan una marcada dominancia de *Encelia farinosa* dentro del estrato arbustivo.

Tabla III. 73.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbustivo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Acacia constricta	Mezquitito	4	0.0256	-3.6636	-0.0939
Caesalpinia palmeri	Piojito	81	0.5192	-0.6554	-0.3403
Condalia warnockii	Crucillo	16	0.1026	-2.2773	-0.2336
Encelia farinosa	Rama blanca	19	0.1218	-2.1054	-0.2564
Jatropha cinerea	Lomboy	9	0.0577	-2.8526	-0.1646
Krameria parvifolia	Cosahui	4	0.0256	-3.6636	-0.0939
Lycium fremontii	Salicieso	14	0.0897	-2.4108	-0.2164
Phaulothamnus spinescens	Huevito	9	0.0577	-2.8526	-0.1646
TOTAL:		**156**	**1.0000**		**-1.564**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.564***
Riqueza (S) =					***8***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***2.079***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.752***

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo, el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) presentó el valor más alto de Índice de Valor de Importancia (IVI = 165.309), ubicándose en la clase 1, mientras que el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) se posicionó en la clase 2 con un IVI de 134.691.

Ambas especies concentraron la totalidad de la densidad, cobertura y frecuencia relativa del estrato herbáceo, reflejando una estructura vegetal simplificada y dominada por gramíneas adaptadas a condiciones de aridez y disturbio. Particularmente, *Cenchrus ciliaris* presentó la mayor cobertura relativa, lo que evidencia una mayor capacidad de ocupación espacial dentro de las áreas evaluadas.

Desde una perspectiva ecológica, la elevada representatividad de estas especies indica una importante participación de elementos herbáceos asociados a procesos de perturbación y modificación de la cobertura vegetal original. La presencia y dominancia de *Cenchrus ciliaris*, especie introducida ampliamente distribuida en zonas áridas y semiáridas, se relaciona comúnmente con áreas sujetas a disturbio previo, debido a su alta capacidad de establecimiento, dispersión y competencia por recursos.

Tabla III. 74.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	51.994	32.698	50.000	134.691	2
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	48.006	67.302	50.000	165.309	1
			100	100	100	300	

El Índice de Shannon (H' = 0.340) indica una diversidad baja, asociada a una composición florística reducida y dominada únicamente por dos especies herbáceas.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.491) refleja una distribución moderadamente desigual de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando una tendencia hacia la dominancia de una de las especies dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) con 0.5199, seguido del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.4801. Aunque ambas especies presentan abundancias relativamente cercanas.

Tabla III. 75.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato herbáceo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	326	0.5199	-0.6540	-0.3401
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	301	0.4801	-0.7338	-0.3523
TOTAL:		**627**	**1.0000**		**-0.340**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***0.340***
Riqueza (S) =					***2***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***0.693***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.491***

Cactáceas

En el estrato de cactáceas, la choya (*Cylindropuntia fulgida*) presentó el valor más alto de Índice de Valor de Importancia (IVI = 151.288), ubicándose en la clase 1. Este comportamiento evidencia una marcada dominancia ecológica de la especie dentro del estrato, asociada principalmente a sus elevados valores de densidad relativa y cobertura, lo que indica una amplia distribución y capacidad de ocupación espacial en la comunidad vegetal.

La choya tasajo (*Cylindropuntia versicolor*) se ubicó en la clase 2 con un IVI de 48.678, destacando principalmente por su aporte en cobertura relativa, lo que refleja una participación estructural relevante dentro del estrato de cactáceas.

Por su parte, la pitaya (*Stenocereus thurberi*) y la biznaga (*Ferocactus herrerae*) se posicionaron en la clase 3, con valores de IVI de 32.596 y 30.077, respectivamente, contribuyendo de manera secundaria a la estructura y composición de la comunidad.

La sina (*Lophocereus schottii* var. *schottii*) se agrupó en la clase 4 con un IVI de 22.339, mientras que el viejito (*Mammillaria grahamii*) se ubicó en la clase 5, reflejando baja representatividad ecológica dentro del estrato.

Tabla III. 76.- Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	85.000	41.288	25.000	151.288	1
2	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	4.375	31.803	12.500	48.678	2
3	*Ferocactus herrerae*	Biznaga	4.375	0.702	25.000	30.077	3
4	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	2.500	7.339	12.500	22.339	4
5	*Mammillaria grahammii*	Viejito	2.500	0.023	12.500	15.023	5
6	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	1.250	18.846	12.500	32.596	3
			100	100	100	300	

El Índice de Shannon (H’ = 0.651) indica una diversidad baja, asociada a una composición dominada por una sola especie con amplia representatividad dentro de la comunidad vegetal.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.363) refleja una distribución desigual de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando una marcada dominancia ecológica dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la choya (*Cylindropuntia fulgida*) con 0.8500, concentrando aproximadamente el 85 % de la abundancia total registrada en el estrato de cactáceas. Las especies restantes presentaron valores considerablemente menores, destacando la choya tasajo (*Cylindropuntia versicolor*) y la biznaga (*Ferocactus herrerae*) con valores de pi de 0.0438 cada una.

Tabla III. 77.- Valores del índice de diversidad de especies de cactáceas para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Cylindropuntia fulgida	Choya	136	0.8500	-0.1625	-0.1381
Cylindropuntia versicolor	Choya tasajo	7	0.0438	-3.1293	-0.1369
Ferocactus herrerae	Biznaga	7	0.0438	-3.1293	-0.1369
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	4	0.0250	-3.6889	-0.0922
Mammillaria grahammii	Viejito	4	0.0250	-3.6889	-0.0922
Stenocereus thurberi	Pitaya	2	0.0125	-4.3820	-0.0548
TOTAL:		**160**	**1.0000**		**-0.651**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***0.651***
Riqueza (S) =					***6***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.792***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.363***

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

III.2.2.4. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL AREA DE INFLUENCIA (AI)

La caracterización de la vegetación dentro del Área de Influencia (AI) del proyecto se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos por la SEMARNAT para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental, integrando información cartográfica oficial y análisis espacial para la descripción del sistema ambiental.

El análisis de la cobertura vegetal se sustentó en la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), como referencia técnica vigente a nivel nacional para la caracterización territorial. A partir de esta fuente, y considerando la totalidad del SAR donde se inserta el proyecto, se identificaron las unidades de vegetación y uso del suelo presentes dentro del AI.

Las unidades identificadas corresponden a Agricultura de Riego Anual (ARA), Mezquital Xerófilo (MX) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX).

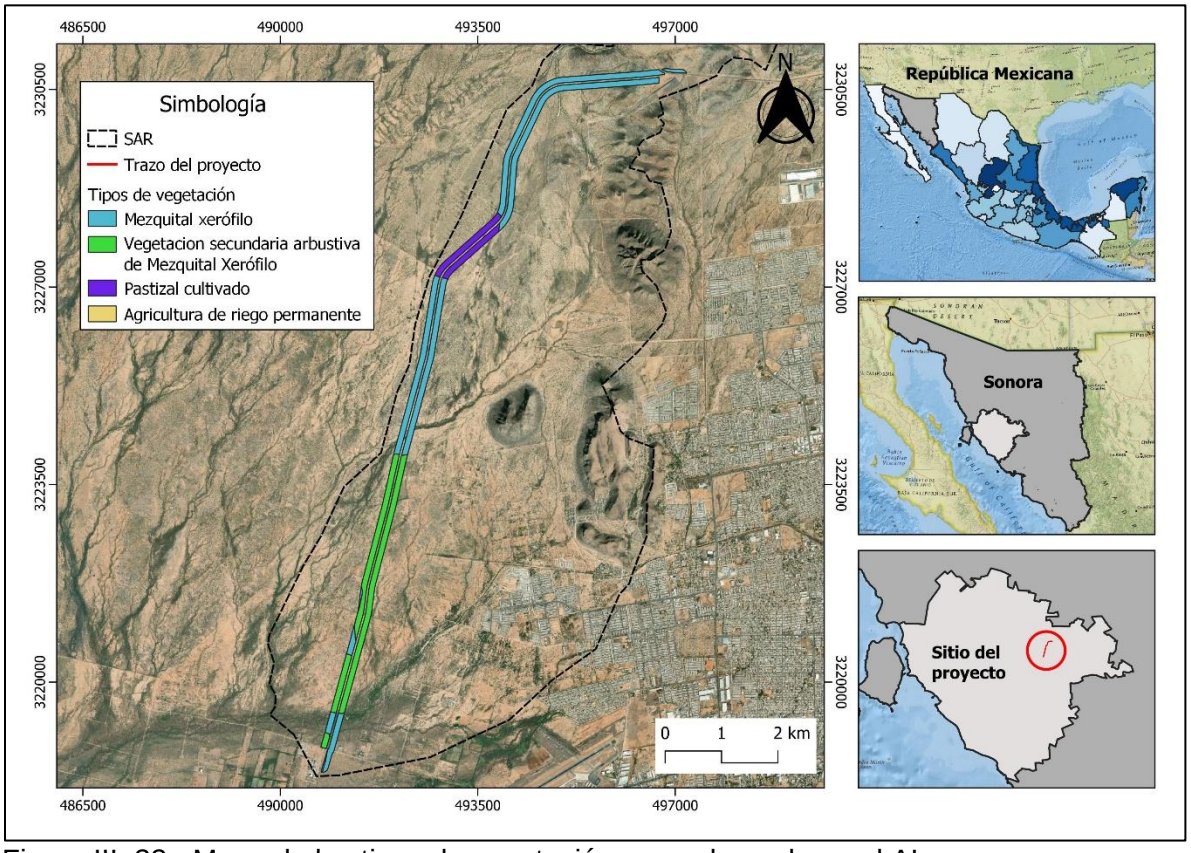


Figura III. 32.- Mapa de los tipos de vegetación y uso de suelo en el AI.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Como se mencionó previamente, en la sección correspondiente a la cartografía de INEGI se indica la presencia de pastizales cultivados; sin embargo, durante los recorridos de campo no se observaron evidencias de este tipo de vegetación. En su lugar, se identificó la presencia de vegetación propia del mezquital xerófilo. Por lo anterior, dicha área se integró al tipo de vegetación de mezquital xerófilo, obteniéndose las siguientes superficies, las cuales fueron utilizadas en los cálculos posteriores:

Tabla III. 78.- Tipos de vegetación y uso de suelo en el área de influencia del proyecto.

TIPO DE VEGETACIÓN	COBERTURA (ha)	RELACION (%)
Agricultura de Riego Anual	0.416	0.139
Mezquital Xerófilo	206.033	68.994
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Sarcocaule	92.175	30.867
TOTAL:	**298.624**	**100**

De acuerdo con Pío Font Quer (2001) y José Franco-López (2011), la composición florística se define como el inventario de especies vegetales que integran una comunidad, considerando su identidad taxonómica, formas de vida y patrones de distribución. Este concepto constituye la base para la caracterización de la vegetación, al permitir reconocer la estructura y organización de las comunidades vegetales presentes en el Área de Influencia del proyecto.

El análisis de la vegetación en el AI se sustentó en técnicas de muestreo ecológico ampliamente utilizadas para la evaluación de comunidades vegetales terrestres, las cuales permiten cuantificar atributos estructurales y de composición florística tales como densidad, cobertura y frecuencia. Estas técnicas incluyen métodos unidimensionales, como la línea de Canfield, y métodos bidimensionales basados en parcelas de muestreo, cuya selección depende de las características de la vegetación, las formas de vida de las especies y los objetivos del estudio.

DETERMINACIÓN DE LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Se empleó un esquema de muestreo mediante parcelas, debido a que este enfoque permite una evaluación directa de la estructura y composición de la vegetación en campo, facilitando la obtención de información cuantitativa y comparable. De acuerdo con Charles D. Bonham (1989), la forma y dimensiones de las parcelas deben seleccionarse en función del tipo de vegetación y de los atributos a evaluar, mientras que C.L. Elzinga et al. (1998) señalan que la eficiencia de las unidades de muestreo está determinada por la distribución espacial de los individuos y su forma de crecimiento.

Considerando las características de la vegetación presente en el AI, correspondiente a comunidades de matorral xerófilo con distribución agregada de individuos y estructuras vegetales abiertas, se seleccionaron **parcelas de forma rectangular**. Este tipo de parcela es adecuado

para comunidades donde las especies se presentan en grupos o parches, condición común en ambientes áridos, donde la distribución de la vegetación responde a la disponibilidad heterogénea de humedad y condiciones edáficas.

El uso de parcelas rectangulares se fundamenta en que presentan una mayor relación perímetro-área en comparación con otras formas geométricas, lo que incrementa la probabilidad de interceptar individuos distribuidos de manera discontinua. De acuerdo con K. Launchbaugh (2009), este tipo de parcelas es recomendable para la medición de atributos como densidad y cobertura en comunidades con vegetación agrupada, al reducir la varianza en las estimaciones en comparación con parcelas cuadradas o circulares.

Asimismo, C.L. Elzinga et al. (1998) indican que las parcelas rectangulares alargadas son estadísticamente más eficientes para la estimación de la densidad de especies, particularmente en comunidades donde los individuos no presentan una distribución uniforme, como ocurre en ecosistemas áridos y semiáridos.

Con base en estos criterios, se establecieron **parcelas rectangulares de 13 m × 40 m (520 m²)**, dimensiones que permiten abarcar una superficie representativa de la heterogeneidad estructural de la vegetación, integrando tanto individuos dominantes como elementos de menor porte dentro de una misma unidad de muestreo.

DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La definición del número de unidades de muestreo se realizó mediante un enfoque estadístico, con el propósito de asegurar la representatividad de los datos obtenidos y la confiabilidad de las estimaciones de los atributos de la vegetación dentro del Área de Influencia del proyecto. Este procedimiento se basa en la variabilidad observada en campo y no exclusivamente en la superficie total del área de estudio, lo que permite ajustar el esfuerzo de muestreo a las condiciones reales de la vegetación.

El método empleado corresponde a los criterios propuestos por Boris Mostacedo y Thomas S. Fredericksen (2000), así como por C. Gaillard y M.G. Pece (2011), quienes establecen que el tamaño de muestra debe determinarse a partir de un muestreo piloto que permita estimar la variabilidad de los parámetros ecológicos de interés. Este enfoque es aplicable a poblaciones finitas, donde el número total de unidades potenciales puede ser acotado dentro del Área de Influencia del proyecto.

El procedimiento consistió en la realización de un premuestreo mediante el establecimiento de parcelas representativas, a partir del cual se obtuvieron valores preliminares de los atributos de la vegetación. Con esta información se calculó el coeficiente de variación (CV), el cual expresa

la dispersión relativa de los datos y constituye el parámetro base para estimar el tamaño de muestra requerido.

La determinación del número de unidades de muestreo (n) se efectuó mediante la siguiente expresión:

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{E^2 + \frac{t^2 CV^2}{N}}$$

donde:

- *n* = número de unidades de muestreo
- *t* = valor de la distribución t de Student para un nivel de confianza del 95%
- *CV* = coeficiente de variación obtenido del premuestreo
- *E* = error permisible, considerado en 20%
- *N* = número total de unidades potenciales en el Área de Influencia del proyecto

Para la definición del valor de *N* se adoptó el criterio establecido en las Normas Técnicas Forestales propuestas por Frith y Ubiera (2001), desarrolladas para la evaluación de ecosistemas forestales naturales. Dicho criterio establece que, para superficies mayores a 40 ha, la intensidad de muestreo mínima debe ser del 1.5%, con un nivel de confianza no menor al 95%. Con base en lo anterior, y considerando que el Área de Influencia del proyecto presenta una superficie de 298.624 ha, se determinó una superficie de muestreo de 4.4793 ha. A partir de esta superficie y considerando parcelas de 520 m² (13 m × 40 m), se estimó un total de 86 unidades de muestreo, valor que corresponde a *N* para la aplicación del método estadístico.

El coeficiente de variación se obtuvo a partir de la desviación estándar de los datos del premuestreo, calculada mediante la siguiente expresión:

$$CV = \frac{s * 100}{X}$$

Donde:
s= desviación estándar
X= promedio

$$S = \sqrt{\frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{N}}{N - 1}}$$

Donde *S* corresponde a la desviación estándar y *d* representa los valores registrados en cada unidad de muestreo del premuestreo.

Para la aplicación del método, se establecieron cinco unidades de muestreo preliminares distribuidas dentro del Área de Influencia del proyecto, con el fin de capturar la variabilidad inicial

de la vegetación. Los resultados obtenidos permitieron estimar el tamaño de muestra requerido, asegurando que el número de parcelas definitivo fuera suficiente para describir la estructura y composición florística con un nivel de precisión aceptable.

Tabla III. 79.- Estimación del número de unidades de muestreo.

AREA AI (MX y VSAMX) =	298.62 ha
% A MUESTREAR =	0.015
TAMAÑO AREA A MUESTREAR =	4.47936 ha
TAMAÑO SITIOS MUESTREO =	0.052
NUMERO SITIOS EN TEORIA (N) =	86

CUADRANTE	DENSIDAD	DENSIDAD AL CUADRADO
1	19	361
2	15	225
3	18	324
4	31	961
5	27	729
SUMA =	**110**	**2600**
PROMEDIO =	**22**	
***s* =**	**6.708**	
***CV (%)* =**	**30.492**	
***t* =**	**2.1788**	
***E (%)* =**	**20**	
***N* =**	**86**	
***n* =**	**10**	

Como resultado del análisis, el valor estimado de *n* fue de 10 unidades de muestreo, cifra inferior al número de sitios efectivamente establecidos en el Área de Influencia del proyecto (15). Esta condición indica que el esfuerzo de muestreo aplicado supera el mínimo requerido desde el punto de vista estadístico, lo que respalda la confiabilidad de los datos obtenidos. En consecuencia, el muestreo realizado se considera suficiente para describir la composición y estructura para cada tipo de vegetación, garantizando una adecuada representatividad de las especies presentes en los ecosistemas del área de estudio.

Las estaciones de muestreo se establecieron de manera estratificada con base en los tipos de vegetación presentes dentro del Área de Influencia del proyecto, considerando la heterogeneidad ambiental asociada a la topografía, los suelos, los rasgos geológicos y la distribución de la cobertura vegetal. Se delimitaron 15 parcelas rectangulares de 520 m² (13 m × 40 m), distribuidas

entre los dos tipos de vegetación identificados, con el propósito de cubrir la variabilidad estructural y florística del área de estudio.

La siguiente figura presenta la ubicación espacial de las estaciones de muestreo dentro del Área de Influencia del proyecto.

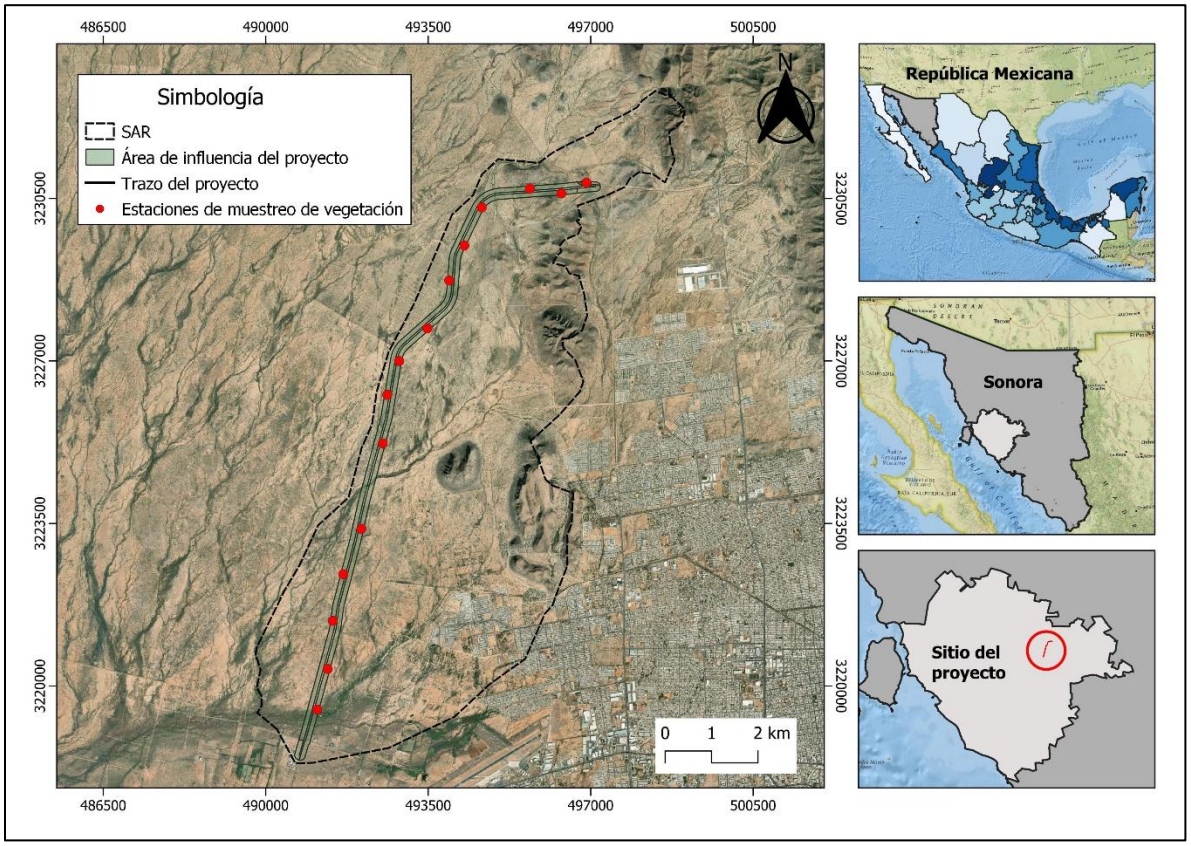


Figura III. 33.- Estaciones de muestreo de vegetación en el área de influencia del proyecto.

Tabla III. 80.- Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo de vegetacion en el AI.

ID	UTM XN	UTM YN
1	495688.418	3230711.03
2	494651.431	3230306.155
3	496909.894	3230839.796
4	493950.686	3228732.795
5	492874.48	3226997.081
6	492616.676	3226269.806
7	492519.782	3225224.744
8	492058.387	3223383.775
9	491670.814	3222405.616
10	491444.73	3221399.773
11	491333.995	3220366.246

12	491107.911	3219489.594
13	496366.46	3230607.535
14	494277.382	3229484.577
15	493482.215	3227701.332

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA

La caracterización de la estructura de la comunidad vegetal se sustentó en la cuantificación de atributos ecológicos que permiten describir la organización y dominancia de las especies dentro del AI. Entre los principales atributos considerados se incluyen la densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia ecológica, los cuales son indicadores ampliamente utilizados para evaluar la estructura y funcionamiento de comunidades vegetales.

La ***densidad*** se define como el número de individuos de una especie por unidad de superficie, expresada en este caso en individuos por hectárea, lo que permite estimar la abundancia relativa de cada taxón. La ***frecuencia*** describe la distribución espacial de las especies, indicando la proporción de unidades de muestreo en las que cada especie está presente. La ***cobertura*** corresponde a la proyección horizontal del follaje sobre el suelo, lo que permite estimar la ocupación del espacio aéreo por parte de las especies; este atributo no necesariamente se relaciona de manera directa con la densidad, ya que especies con bajo número de individuos pueden presentar coberturas amplias debido a su porte. El ***valor de importancia ecológica*** integra estos atributos, permitiendo identificar las especies con mayor dominancia estructural dentro de la comunidad, en función de su abundancia, distribución y ocupación del espacio.
A partir de los datos obtenidos se calcularon los parámetros estructurales por especie, incluyendo densidad (ind/ha), cobertura relativa, frecuencia relativa y valor de importancia ecológica, lo que permitió caracterizar la composición florística y la estructura de la vegetación en el área de estudio.

Resultados

En el área de influencia (AI) se identificaron 27 especies vegetales pertenecientes a 15 familias botánicas, representadas por formas de vida arbóreas, arbustivas, herbáceas y cactáceas asociadas principalmente a comunidades de mezquital xerófilo y vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo.

Con relación al estatus de conservación, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 únicamente se registró al palo fierro (*Olneya tesota*) bajo la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr). Asimismo, conforme a los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), ninguna de las especies registradas en el área de influencia se encuentra incluida en sus apéndices de protección.

Tabla III. 81.- Listado taxonómico de las especies identificadas en el AI y su estatus de protección.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOM-O59	CITES
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	Poaceae	-	-
2	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	Burseraceae	-	-
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Fabaceae	-	-
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Poaceae	-	-
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	Rhamnaceae	-	-
6	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Cordiaceae	-	-
7	*Cylindropuntia arbusculata*	Choya tasajillo	Cactaceae		
8	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
9	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	Cactaceae	-	-
10	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Asteraceae	-	-
11	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Fouquieriaceae	-	-
12	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Euphorbiaceae	-	-
13	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
14	*Krameria parvifolia*	Cosahui	Krameriaceae	-	-
15	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Zygophyllaceae	-	-
16	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	Sina	Cactaceae	-	-
17	*Lycium fremontii*	Salicieso	Solanaceae	-	-
18	*Mammillaria grahamii*	Viejito	Cactaceae	-	-
19	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	Fabaceae	-	-
20	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	**Pr**	-
21	*Parkinsonia florida*	Brea	Fabaceae	-	-
22	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Fabaceae	-	-
23	*Parkinsonia praecox*	Brea	Fabaceae	-	-
24	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Achatocarpaceae	-	-
25	*Prosopis velutina*	Mezquite	Fabaceae	-	-
26	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	Cactaceae	-	-
27	*Vallesia glabra*	Citavaro	Apocynaceae	-	-

Se realizó la caracterización de las especies vegetales con base en su forma de vida y estratificación vertical, de acuerdo con las definiciones propuestas por Pío Font Quer (2001), el estrato arbóreo corresponde a los elementos que integran la parte superior de la comunidad vegetal, conformado por especies con alturas mayores a 5 m.

El estrato arbustivo o medio incluye especies leñosas y cactáceas con alturas entre 1 y 5 m, mientras que el estrato inferior comprende especies herbáceas perennes y otros elementos de porte bajo con alturas entre 0.05 y 1.0 m.

Tabla III. 82.- Formas de vida vegetales presentes en el SAR.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	ESTRATO
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	Herbácea
2	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	Arbustivo
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Arbustivo
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Herbácea
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	Arbustivo
6	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	Arbustivo
7	*Cylindropuntia arbusculata*	Choya tasajillo	Cactacea
8	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactácea
9	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	Cactácea
10	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Arbustivo
11	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	Arbustivo
12	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Arbustivo
13	*Jatropha cuneata*	Matacora	Arbustivo
14	*Krameria parvifolia*	Cosahui	Arbustivo
15	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Arbustivo
16	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	Sina	Cactácea
17	*Lycium fremontii*	Salicieso	Arbustivo
18	*Mammillaria grahamii*	Viejito	Cactácea
19	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	Arbustivo
20	*Olneya tesota*	Palo fierro	Arbórea
21	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	Arbórea
22	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Arbórea
23	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Arbustivo
24	*Prosopis velutina*	Mezquite	Arbórea
25	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	Cactácea
26	*Vallesia glabra*	Citavaro	Arbustivo

A continuación se presentan los análisis de diversidad para el mezquital xerófilo y la vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo.

Mezquital xerófilo (MX)

En el Mezquital Xerófilo se registraron 23 especies vegetales distribuidas en diferentes formas de vida, de las cuales 4 corresponden al estrato arbóreo, 13 al estrato arbustivo, 2 a especies herbáceas y 4 a cactáceas. Con relación al estatus de conservación, de acuerdo con la NOM-

059-SEMARNAT-2010, solamente el palo fierro (*Olneya tesota*) se encuentra listado en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr).

Con base en la información obtenida mediante las parcelas de muestreo establecidas en campo, se determinó la hectárea tipo correspondiente al Mezquital Xerófilo, integrando los valores de densidad, cobertura y composición de las especies registradas. Lo anterior permitió caracterizar la estructura y organización de esta comunidad vegetal dentro del área de estudio

Tabla III. 83.- Listado de especies vegetales identificadas en el MX.

ID	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ HA	COBERTURA/ HA
1	Zacate liebrero	*Bouteloua rothrockii*	117	16
2	Torote prieto	*Bursera laxiflora*	11	57
3	Piojito	*Caesalpinia palmeri*	26	29
4	Zacate buffel	*Cenchrus ciliaris*	1363	236
5	Crucillo	*Condalia warnockii*	40	27
6	Vara prieta	*Cordia parvifolia*	11	29
7	Tasajo	*Cylindropuntia arbuscula*	1	0
8	Rama blanca	*Encelia farinosa*	325	45
9	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	3	37
10	Matacora	*Jatropha cuneata*	5	4
11	Cosahui	*Krameria parvifolia*	9	1
12	Gobernadora	*Larrea tridentata*	21	12
13	Sina	*Lophocereus schottii var. schottii*	5	7
14	Salicieso	*Lycium fremontii*	44	20
15	Viejito	*Mammillaria grahamii*	3	0
16	Uña de gato	*Mimosa laxiflora*	3	1
17	Palo fierro	*Olneya tesota*	28	132
18	Palo verde azul	*Parkinsonia florida*	1	5
19	Palo verde	*Parkinsonia microphylla*	40	120
20	Huevito	*Phaulothamnus spinescens*	1	6
21	Mezquite	*Prosopis velutina*	46	190
22	Pitahaya	*Stenocereus thurberi*	5	22
23	Citavaro	*Vallesia glabra*	5	1
			2,113	

Cabe mencionar que la mayor densidad registrada corresponde al zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) representando aproximadamente el 64.5 % de la densidad total estimada para este tipo de vegetación.

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) presentó el valor más alto dentro del área de influencia (AI), con un IVI de 97.156, ubicándose

en la clase 1. Este resultado refleja una marcada dominancia ecológica de la especie, asociada principalmente a su elevada densidad relativa y amplia frecuencia de distribución en los sitios evaluados, lo que evidencia su alta capacidad de establecimiento y ocupación dentro de la comunidad vegetal.

En la clase 2 se ubicaron la rama blanca (*Encelia farinosa*) y el mezquite (*Prosopis velutina*), con valores de IVI de 30.306 y 30.172, respectivamente. Ambas especies representan componentes estructurales relevantes dentro del AI; *Encelia farinosa* destacó principalmente por su abundancia y frecuencia, mientras que *Prosopis velutina* presentó una importante contribución en términos de cobertura relativa, asociada a su porte arbóreo y desarrollo estructural.

Por su parte, el palo verde (*Parkinsonia microphylla*) y el palo fierro (*Olneya tesota*) se agruparon en la clase 3, con valores de IVI de 25.871 y 25.049, respectivamente, aportando elementos arbóreos de relevancia ecológica para la estructura y funcionalidad de la vegetación presente en el área evaluada.

Las especies restantes se distribuyeron en las clases 4 y 5, reflejando menor representatividad ecológica dentro de la comunidad vegetal debido a sus bajos valores de densidad, cobertura y frecuencia relativa. No obstante, estas especies contribuyen a incrementar la heterogeneidad florística y estructural del ecosistema.

Tabla III. 84.- Valores de los atributos ecológicos de las especies presentes en el Mezquital Xerófilo del AI.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	5.537	1.585	4.478	11.600	4
2	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	0.521	5.678	2.985	9.183	4
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	1.230	2.935	4.478	8.644	4
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	64.505	23.695	8.955	97.156	1
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	1.893	2.734	2.985	7.612	4
6	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	0.521	2.943	1.493	4.956	5
7	*Cylindropuntia arbuscula*	Tasajo	0.047	0.046	1.493	1.586	5
8	*Encelia farinosa*	Rama blanca	15.381	4.477	10.448	30.306	2
9	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	0.142	3.709	1.493	5.344	4
10	*Jatropha cuneata*	Matacora	0.237	0.420	4.478	5.135	4
11	*Krameria parvifolia*	Cosahui	0.426	0.068	1.493	1.987	5
12	*Larrea tridentata*	Gobernadora	0.994	1.208	2.985	5.187	4
13	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	0.237	0.684	2.985	3.906	5
14	*Lycium fremontii*	Salicieso	2.082	1.980	4.478	8.540	4
15	*Mammillaria grahamii*	Viejito	0.142	0.007	1.493	1.641	5
16	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	0.142	0.081	1.493	1.716	5
17	*Olneya tesota*	Palo fierro	1.325	13.276	10.448	25.049	3

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

18	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	0.047	0.511	1.493	2.051	5
19	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	1.893	12.038	11.940	25.871	3
20	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.047	0.606	1.493	2.145	5
21	*Prosopis velutina*	Mezquite	2.177	19.039	8.955	30.172	2
22	*Stenocereus thurberi*	Pitahaya	0.237	2.194	4.478	6.908	4
23	*Vallesia glabra*	Citavaro	0.237	0.085	2.985	3.306	5
			100	100	100	300	

Para el área de influencia (AI) se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 1.376), lo que indica una diversidad de nivel bajo a intermedio, asociada a una comunidad vegetal con presencia de varias especies, aunque con marcada dominancia de algunos elementos herbáceos y arbustivos dentro de la estructura de la vegetación.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.439) refleja una distribución desigual de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando una dominancia ecológica importante dentro de la comunidad vegetal.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.6451, concentrando aproximadamente el 65 % de la abundancia total registrada en el área evaluada. En segundo término se ubicó la rama blanca (*Encelia farinosa*) con un valor de pi de 0.1538, mientras que el resto de las especies presentaron proporciones considerablemente menores.

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados indican que la estructura vegetal del área de influencia se encuentra fuertemente condicionada por la dominancia de *Cenchrus ciliaris*, especie introducida ampliamente establecida en ecosistemas áridos y semiáridos del noroeste de México, cuya elevada capacidad de dispersión y establecimiento favorece procesos de homogeneización de la cobertura herbácea. La baja equidad observada refleja que, aunque existe una riqueza florística relativamente amplia, la participación de la mayoría de las especies dentro de la comunidad es reducida frente a la marcada abundancia del zacate buffel.

Tabla III. 85.- Valores del índice de diversidad de especies vegetales presentes en el Mezquital Xerófilo en el AI.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	117	0.0554	-2.8937	-0.1602
Bursera laxiflora	Torote prieto	11	0.0052	-5.2580	-0.0274
Caesalpinia palmeri	Piojito	26	0.0123	-4.3978	-0.0541
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	1363	0.6451	-0.4384	-0.2828
Condalia warnockii	Crucillo	40	0.0189	-3.9670	-0.0751
Cordia parvifolia	Vara prieta	11	0.0052	-5.2580	-0.0274
Cylindropuntia arbuscula	Tasajo	1	0.0005	-7.6559	-0.0036
Encelia farinosa	Rama blanca	325	0.1538	-1.8720	-0.2879

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Fouquieria splendens	Ocotillo	3	0.0014	-6.5573	-0.0093
Jatropha cuneata	Matacora	5	0.0024	-6.0464	-0.0143
Krameria parvifolia	Cosahui	9	0.0043	-5.4586	-0.0233
Larrea tridentata	Gobernadora	21	0.0099	-4.6113	-0.0458
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	5	0.0024	-6.0464	-0.0143
Lycium fremontii	Salicieso	44	0.0208	-3.8717	-0.0806
Mammillaria grahamii	Viejito	3	0.0014	-6.5573	-0.0093
Mimosa laxiflora	Uña de gato	3	0.0014	-6.5573	-0.0093
Olneya tesota	Palo fierro	28	0.0133	-4.3237	-0.0573
Parkinsonia florida	Palo verde azul	1	0.0005	-7.6559	-0.0036
Parkinsonia microphylla	Palo verde	40	0.0189	-3.9670	-0.0751
Phaulothamnus spinescens	Huevito	1	0.0005	-7.6559	-0.0036
Prosopis velutina	Mezquite	46	0.0218	-3.8272	-0.0833
Stenocereus thurberi	Pitahaya	5	0.0024	-6.0464	-0.0143
Vallesia glabra	Citavaro	5	0.0024	-6.0464	-0.0143
TOTAL:		**2113**	**1.0000**		**-1.3764**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.3764***
Riqueza (S) =					***23***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***3.135***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.439***

Análisis de diversidad por estratos

Estrato arbóreo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), el mezquite (*Prosopis velutina*) y el palo verde (*Parkinsonia microphylla*) presentaron los valores más altos dentro del estrato arbóreo del área de influencia (AI), con IVI de 109.711 y 97.978, respectivamente, ubicándose ambos en la clase 1. Estos resultados indican que ambas especies constituyen los principales componentes estructurales del estrato arbóreo, al concentrar los mayores aportes en términos de densidad, cobertura y frecuencia relativa.

El mezquite destacó principalmente por presentar la mayor cobertura relativa, asociada a su porte arbóreo y desarrollo de copa, mientras que *Parkinsonia microphylla* registró la frecuencia relativa más alta, evidenciando una amplia distribución dentro de los sitios evaluados.

Por su parte, el palo fierro (*Olneya tesota*) se ubicó en la clase 2 con un IVI de 85.757, reflejando también una participación ecológica relevante dentro de la estructura arbórea de la comunidad vegetal, particularmente por su contribución en cobertura y frecuencia relativa.

Finalmente, el palo verde azul (*Parkinsonia florida*) se agrupó en la clase 3 con un IVI de 6.555, indicando una baja representatividad ecológica dentro del estrato arbóreo debido a sus menores valores de densidad, cobertura y frecuencia.

Tabla III. 86.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Prosopis velutina*	Mezquite	40.000	42.438	27.273	109.711	1
2	*Olneya tesota*	Palo fierro	24.348	29.591	31.818	85.757	2
3	*Parkinsonia florida*	Palo verde azul	0.870	1.140	4.545	6.555	3
4	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	34.783	26.832	36.364	97.978	1
			100	100	100	300	

Para el estrato arbóreo se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H' = 1.258), lo que indica una diversidad de nivel intermedio, asociada a la participación de varias especies dentro de la estructura de la comunidad vegetal. Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.781) refleja una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, indicando ausencia de una dominancia absoluta dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.4585, seguido por el palo fierro (*Olneya tesota*) con 0.2664 y el palo verde (*Parkinsonia microphylla*) con 0.1834, evidenciando que estas especies representan los principales componentes estructurales del estrato arbóreo.

Tabla III. 87.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbóreo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Prosopis velutina	Mezquite	46	0.4000	-0.9163	-0.3665
Olneya tesota	Palo fierro	28	0.2435	-1.4127	-0.3440
Parkinsonia florida	Palo verde azul	1	0.0087	-4.7449	-0.0413
Parkinsonia microphylla	Palo verde	40	0.3478	-1.0561	-0.3673
TOTAL:		**115**	**1.0000**		**-1.119**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					**1.119**
Riqueza (S) =					**4**
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					**1.386**
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					**0.807**

Estrato arbustivo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), la rama blanca (*Encelia farinosa*) presentó el valor más alto dentro del estrato arbustivo de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX), con un IVI de 105.250, ubicándose en la clase 1.

En la clase 2 se ubicó el torote prieto (*Bursera laxiflora*) con un IVI de 30.166, destacando principalmente por su importante aporte en cobertura relativa, asociado a individuos de mayor porte y desarrollo estructural dentro del estrato arbustivo.

Por su parte, el salicieso (*Lycium fremontii*), el piojito (*Caesalpinia palmeri*) y el crucillo (*Condalia warnockii*) se agruparon en la clase 3, con valores de IVI de 26.428, 26.406 y 24.988, respectivamente, contribuyendo de manera importante a la composición y heterogeneidad estructural de la comunidad vegetal.

Las especies vara prieta (*Cordia parvifolia*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), lomboy (*Jatropha cuneata*) y gobernadora (*Larrea tridentata*) se ubicaron en la clase 4, mientras que el cosahui (*Krameria parvifolia*), uña de gato (*Mimosa laxiflora*), huevito (*Phaulothamnus spinescens*) y citavaro (*Vallesia glabra*) se agruparon en la clase 5, reflejando menor representatividad ecológica dentro del estrato debido a sus bajos valores de densidad, cobertura y frecuencia relativa.

Tabla III. 88.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bursera laxiflora*	Torote prieto	2.183	21.087	6.897	30.166	2
2	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	5.159	10.903	10.345	26.406	3
3	*Condalia warnockii*	Crucillo	7.937	10.155	6.897	24.988	3
4	*Cordia parvifolia*	Vara prieta	2.183	10.932	3.448	16.562	4
5	*Encelia farinosa*	Rama blanca	64.484	16.628	24.138	105.250	1
6	*Fouquieria splendens*	Ocotillo	0.595	13.777	3.448	17.820	4
7	*Jatropha cuneata*	Lomboy	0.992	1.561	10.345	12.898	4
8	*Krameria parvifolia*	Cosahui	1.786	0.253	3.448	5.487	5
9	*Larrea tridentata*	Gobernadora	4.167	4.486	6.897	15.549	4
10	*Lycium fremontii*	Salicieso	8.730	7.353	10.345	26.428	3
11	*Mimosa laxiflora*	Uña de gato	0.595	0.302	3.448	4.346	5
12	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.198	2.249	3.448	5.896	5
13	*Vallesia glabra*	Citavaro	0.992	0.315	6.897	8.203	5
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 1.386), lo que indica una diversidad de nivel bajo a intermedio, asociada a una comunidad vegetal compuesta por varias especies arbustivas, aunque con marcada dominancia de algunos elementos dentro del estrato.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J’ = 0.540) refleja una distribución moderadamente desigual de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando una tendencia hacia la dominancia ecológica de una especie sobre el resto de la comunidad vegetal.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la rama blanca (*Encelia farinosa*) con 0.6448, concentrando aproximadamente el 64 % de la abundancia total registrada en el estrato arbustivo. En segundo término se ubicaron el salicieso (*Lycium fremontii*) y el crucillo (*Condalia warnockii*), con valores de pi de 0.0873 y 0.0794, respectivamente, mientras que el resto de las especies presentaron participaciones considerablemente menores.

Tabla III. 89.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbustivo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bursera laxiflora	Torote prieto	11	0.0218	-3.8247	-0.0835
Caesalpinia palmeri	Piojito	26	0.0516	-2.9645	-0.1529
Condalia warnockii	Crucillo	40	0.0794	-2.5337	-0.2011
Cordia parvifolia	Vara prieta	11	0.0218	-3.8247	-0.0835
Encelia farinosa	Rama blanca	325	0.6448	-0.4388	-0.2829
Fouquieria splendens	Ocotillo	3	0.0060	-5.1240	-0.0305
Jatropha cuneata	Lomboy	5	0.0099	-4.6131	-0.0458
Krameria parvifolia	Cosahui	9	0.0179	-4.0254	-0.0719
Larrea tridentata	Gobernadora	21	0.0417	-3.1781	-0.1324
Lycium fremontii	Salicieso	44	0.0873	-2.4384	-0.2129
Mimosa laxiflora	Uña de gato	3	0.0060	-5.1240	-0.0305
Phaulothamnus spinescens	Huevito	1	0.0020	-6.2226	-0.0123
Vallesia glabra	Citavaro	5	0.0099	-4.6131	-0.0458
TOTAL:		**504**	**1.0000**		**-1.3859**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.3859***
Riqueza (S) =					***13***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***2.565***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.540***

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo de la VSAMX, el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) presentó el mayor valor de Índice de Valor de Importancia (IVI = 252.491), ubicándose en la clase 1 y constituyéndose como la especie claramente dominante dentro del estrato.

Por su parte, el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) registró un IVI de 47.509, correspondiente a la clase 2, con una participación considerablemente menor en términos estructurales y de cobertura. Aunque esta especie mantiene presencia frecuente en los sitios de muestreo, su contribución ecológica dentro del estrato herbáceo resulta secundaria respecto al dominio ejercido por *Cenchrus ciliaris*

Tabla III. 90.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	7.905	6.270	33.333	47.509	2
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	92.095	93.730	66.667	252.491	1
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 0.2006), lo que indica una diversidad muy baja, asociada a una comunidad vegetal con fuerte dominancia de una sola especie y mínima representación del resto de los componentes del estrato herbáceo.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.289) refleja una distribución marcadamente desigual de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando una clara dominancia ecológica dentro de la comunidad vegetal.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.9209, concentrando aproximadamente el 92 % de la abundancia total registrada. En segundo término, se ubicó el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) con un valor de pi de 0.0791, con una participación significativamente menor dentro de la comunidad

Tabla III. 91.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato herbáceo para el mezquital xerófilo.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	117	0.0791	-2.5376	-0.2006
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	1363	0.9209	-0.0824	-0.0758
	TOTAL:	**1480**	**1.0000**		**-0.2006**
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**0.2006**
				Riqueza (S) =	**2**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**0.693**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.289**

Cactáceas

En el estrato de cactáceas se observó que la pitaya (*Stenocereus thurberi*) presentó el mayor Índice de Valor de Importancia (IVI = 153.426), ubicándose en la clase 1, lo que la posiciona como la especie dominante dentro de la comunidad, con mayor representación en términos de densidad, cobertura y frecuencia. Esto indica que es la especie que mejor aprovecha los recursos disponibles en el ecosistema, reflejando mayor capacidad de establecimiento, competitividad y uso eficiente del espacio y recursos del estrato.

Por su parte, la sina (*Lophocereus schottii* var. *schottii*) registró un IVI de 87.636, correspondiente a la clase 2, reflejando una participación intermedia dentro del estrato, con presencia relevante pero subordinada a la especie dominante.

Tabla III. 92.- Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas presentes en el mezquital xerófilo.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Cylindropuntia arbuscula*	Choya tasajo	7.143	1.563	14.286	22.991	4
2	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	35.714	23.350	28.571	87.636	2
3	*Mammillaria grahamii*	Viejito	21.429	0.232	14.286	35.947	3
4	*Stenocereus thurberi*	Pitaya	35.714	74.855	42.857	153.426	1
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H' = 1.2540), lo que indica una diversidad de nivel intermedio, asociada a una comunidad de cactáceas compuesta por cuatro especies con presencia relativamente balanceada, aunque con ligera dominancia de algunos elementos del estrato.

Por su parte, el Índice de Equidad de Pielou (J' = 0.905) refleja una distribución alta y relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, lo que indica una baja dominancia ecológica y una estructura comunitaria equilibrada.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la sina (*Lophocereus schottii* var. *schottii*) y la pitaya (*Stenocereus thurberi*), ambas con 0.3571, concentrando aproximadamente el 36 % de la abundancia relativa cada una. En segundo término se ubicó el viejito (*Mammillaria grahamii*) con 0.2143, mientras que la choya tasajo (*Cylindropuntia arbuscula*) presentó la menor proporción con 0.0714

Tabla III. 93.- Valores de los índices de diversidad para las cactáceas del MX del AI.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Cylindropuntia arbuscula	Choya tasajo	1	0.0714	-2.6391	-0.1885
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	5	0.3571	-1.0296	-0.3677
Mammillaria grahamii	Viejito	3	0.2143	-1.5404	-0.3301
Stenocereus thurberi	Pitaya	5	0.3571	-1.0296	-0.3677
TOTAL:		**114**	**1.0000**		**-1.2540**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***1.2540***
Riqueza (S) =					***4***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.386***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.905***

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX)

En la VSAMX se registraron 13 especies vegetales distribuidas en distintos estratos de vida, correspondientes a 3 especies en el estrato arbóreo, 4 en el estrato arbustivo, 2 en el estrato herbáceo y 4 en el estrato de cactáceas.

En cuanto al estatus de conservación, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies registradas se encuentra enlistada, y tampoco presentan categoría de protección bajo la CITES.

A partir de la información derivada de las parcelas de muestreo, se determinó la hectárea tipo para la VSAMX, integrando los valores de densidad, cobertura y frecuencia de las especies presentes. Esto permitió caracterizar la estructura y composición de la comunidad vegetal dentro del área de influencia (AI).

Tabla III. 94.- Listado de especies vegetales identificadas en la VSAMX.

ID	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD/ HA	COBERTURA/ HA
1	Zacate liebrero	*Bouteloua rothrockii*	211	14.9528
2	Zacate buffel	*Cenchrus ciliaris*	186	78.1050
3	Crucillo	*Condalia warnockii*	3	4.3499
4	Choya	*Cylindropuntia fulgida*	288	140.6470
5	Tasajo	*Cylindropuntia versicolor*	3	12.0831
6	Rama blanca	*Encelia farinosa*	261	32.8660
7	Lomboy	*Jatropha cinerea*	3	1.4802
8	Sina	*Lophocereus schottii var. schottii*	11	86.0919
9	Viejito	*Mammillaria grahamii*	3	0.0076
10	Palo verde	*Parkinsonia micophylla*	3	37.0044
11	Brea	*Parkinsonia praecox*	61	595.8467
12	Huevito	*Phaulothamnus spinescens*	7	10.5967
13	Mezquite	*Prosopis velutina*	100	1308.2347
			1,140	

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) para la VSAMX, se identificó que el mezquite (*Prosopis velutina*) presentó el mayor valor (IVI = 83.625), ubicándose en la clase 1, por lo que se establece como la especie dominante dentro de la comunidad vegetal, con mayor aporte conjunto de densidad, cobertura y frecuencia.

En segundo término, la brea (*Parkinsonia praecox*) registró un IVI de 49.527, correspondiente a la clase 2, lo que indica una participación estructural importante dentro del estrato, aunque inferior a la especie dominante. En conjunto, las especies de las clases 1 y 2 (*Prosopis velutina* y *Parkinsonia praecox*) son las que mejor aprovechan los recursos disponibles en el ecosistema, evidenciando mayor capacidad de establecimiento, competencia y dominancia dentro de la VSAMX.

Tabla III. 95.- Valores de los atributos ecológicos de las especies presentes en VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	18.509	0.644	7.407	26.560	3
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	16.316	3.363	7.407	27.087	3
3	*Condalia warnockii*	Crucillo	0.263	0.187	3.704	4.154	5
4	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	25.263	6.056	7.407	38.727	3
5	*Cylindropuntia versicolor*	Tasajo	0.263	0.520	3.704	4.487	5
6	*Encelia farinosa*	Rama blanca	22.895	1.415	7.407	31.717	3
7	*Jatropha cinerea*	Lomboy	0.263	0.064	3.704	4.031	5
8	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	0.965	3.707	7.407	12.080	4
9	*Mammillaria grahamii*	Viejito	0.263	0.000	3.704	3.967	5

10	*Parkinsonia micophylla*	Palo verde	0.263	1.593	3.704	5.560	5
11	*Parkinsonia praecox*	Brea	5.351	25.658	18.519	49.527	2
12	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	0.614	0.456	7.407	8.478	5
13	*Prosopis velutina*	Mezquite	8.772	56.334	18.519	83.625	1
			100	100	100	300	

Para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX) se obtuvo un valor del Índice de Shannon-Wiener (H' = 2.038), lo que indica una diversidad de nivel intermedio a relativamente alta, asociada a la participación de diversas especies dentro de la estructura de la comunidad vegetal.

Por su parte, la equidad del Índice de Pielou (J' = 0.700) refleja una distribución relativamente homogénea de las abundancias entre las especies registradas, evidenciando ausencia de una dominancia absoluta por parte de una sola especie y una participación compartida entre distintos componentes de la vegetación.

Los valores de proporción relativa (pi) más altos correspondieron al zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) con 0.2583, seguido por el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.2385, el mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.1410 y la choya (*Cylindropuntia fulgida*) con 0.1078. Asimismo, el palo fierro (*Olneya tesota*) presentó un valor de pi= 0.0792, contribuyendo también de manera importante a la composición de la comunidad vegetal.

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados indican que la VSAMX mantiene una composición vegetal heterogénea y estructuralmente diversa, integrada por especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y cactáceas características de ambientes áridos. La participación conjunta de gramíneas, elementos leñosos y cactáceas refleja condiciones de vegetación secundaria con procesos de regeneración y establecimiento de especies adaptadas a disturbios y condiciones de estrés hídrico.

Tabla III. 96.- Valores del índice de diversidad de especies vegetales presentes en la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	211	0.1851	-1.6869	-0.3122
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	186	0.1632	-1.8130	-0.2958
Condalia warnockii	Crucillo	3	0.0026	-5.9402	-0.0156
Cylindropuntia fulgida	Choya	288	0.2526	-1.3758	-0.3476
Cylindropuntia versicolor	Tasajo	3	0.0026	-5.9402	-0.0156
Encelia farinosa	Rama blanca	261	0.2289	-1.4743	-0.3375
Jatropha cinerea	Lomboy	3	0.0026	-5.9402	-0.0156
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	11	0.0096	-4.6409	-0.0448
Mammillaria grahamii	Viejito	3	0.0026	-5.9402	-0.0156
Parkinsonia micophylla	Palo verde	3	0.0026	-5.9402	-0.0156
Parkinsonia praecox	Brea	61	0.0535	-2.9279	-0.1567
Phaulothamnus spinescens	Huevito	7	0.0061	-5.0929	-0.0313

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Prosopis velutina	Mezquite	100	0.0877	-2.4336	-0.2135
	TOTAL:	**1140**	**1.0000**		**-1.8175**
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***1.818***
				Riqueza (S) =	***13***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	***2.565***
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	***0.709***

Análisis de diversidad por estratos

Estrato arbóreo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato arbóreo de la VSAMX, el mezquite (*Prosopis velutina*) presentó el valor más alto (IVI = 173.827), ubicándose en la clase 1, por lo que se establece como la especie dominante dentro del estrato, con mayor contribución en términos de densidad, cobertura y frecuencia al aprovechar de mejor manera los recursos disponibles en el ecosistema.

En segundo término, la brea (*Parkinsonia praecox*) registró un IVI de 113.346, correspondiente a la clase 2, lo que refleja una participación estructural relevante dentro del estrato arbóreo, aunque inferior a la especie dominante.

Tabla III. 97.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Parkinsonia micophylla*	Palo verde	1.829	1.906	9.091	12.827	3
2	*Parkinsonia praecox*	Brea	37.195	30.697	45.455	113.346	2
3	*Prosopis velutina*	Mezquite	60.976	67.397	45.455	173.827	1
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 0.743), lo que indica una diversidad baja a intermedia en el estrato arbóreo de la VSAMX, asociada a una comunidad compuesta por tres especies con distribución desigual de abundancias.

El Índice de Equidad de Pielou (J’ = 0.676) refleja una distribución moderadamente equilibrada de los individuos entre las especies registradas, aunque con tendencia a la dominancia de una especie principal dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al mezquite (*Prosopis velutina*) con 0.6098, concentrando aproximadamente el 61 % de la abundancia total del estrato arbóreo. En segundo término se ubicó la brea (*Parkinsonia praecox*) con 0.3720, mientras que el palo verde (*Parkinsonia micophylla*) presentó la menor proporción con 0.0183, lo que evidencia una baja representación dentro de la comunidad.

Tabla III. 98.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbóreo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Parkinsonia micophylla	Palo verde	3	0.0183	-4.0013	-0.0732

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Parkinsonia praecox	Brea	61	0.3720	-0.9890	-0.3679
Prosopis velutina	Mezquite	100	0.6098	-0.4947	-0.3016
TOTAL:		**164**	**1.0000**		**-0.743**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***0.743***
Riqueza (S) =					***3***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***1.099***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.676***

Estrato arbustivo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato arbustivo de la VSAMX, la rama blanca (*Encelia farinosa*) presentó el valor más alto (IVI = 195.264), ubicándose en la clase 1, lo que la identifica como la especie dominante y la que mejor aprovecha los recursos disponibles dentro de este estrato, al concentrar la mayor proporción de densidad, cobertura y frecuencia.

En segundo término, el huevito (*Phaulothamnus spinescens*) registró un IVI de 57.386, correspondiente a la clase 2, lo que indica una participación estructural intermedia, con presencia constante en la comunidad, aunque sin alcanzar niveles de dominancia ecológica.

En la clase 3 se agruparon el crucillo (*Condalia warnockii*, IVI = 26.586) y el lomboy (*Jatropha cinerea*, IVI = 20.764), especies con baja contribución dentro del estrato, lo que refleja una presencia secundaria y una distribución limitada en las unidades de muestreo.

Tabla III. 99.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Condalia warnockii*	Crucillo	1.095	8.825	16.667	26.586	3
2	*Encelia farinosa*	Rama blanca	95.255	66.675	33.333	195.264	1
3	*Jatropha cinerea*	Lomboy	1.095	3.003	16.667	20.764	3
4	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	2.555	21.498	33.333	57.386	2
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 0.239), lo que indica una diversidad muy baja en el estrato arbustivo de la VSAMX, asociada a una comunidad fuertemente dominada por una sola especie y con participación marginal del resto de los componentes.

El Índice de Equidad de Pielou (J’ = 0.172) refleja una distribución altamente desigual de las abundancias, evidenciando una marcada dominancia ecológica y una estructura comunitaria poco equilibrada dentro del estrato.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a la rama blanca (*Encelia farinosa*) con 0.9526, concentrando aproximadamente el 95 % de la abundancia total, lo que evidencia un dominio casi absoluto dentro del estrato arbustivo. En contraste, el crucillo (*Condalia warnockii*), el lomboy (*Jatropha cinerea*) y el huevito (*Phaulothamnus spinescens*) presentaron valores muy bajos de proporción (0.0109 a 0.0255), reflejando una presencia mínima dentro de la comunidad.

Tabla III. 100.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato arbustivo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Condalia warnockii	Crucillo	3	0.0109	-4.5145	-0.0494
Encelia farinosa	Rama blanca	261	0.9526	-0.0486	-0.0463
Jatropha cinerea	Lomboy	3	0.0109	-4.5145	-0.0494
Phaulothamnus spinescens	Huevito	7	0.0255	-3.6672	-0.0937
	TOTAL:	**274**	**1.0000**		**-0.239**
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***0.239***
				Riqueza (S) =	***4***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	***1.386***
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	***0.172***

Estrato herbáceo

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) para el estrato herbáceo de la VSAMX, el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) presentó el valor más alto (IVI = 180.783), ubicándose en la clase 1, lo que lo identifica como la especie dominante dentro del estrato, con mayor contribución en cobertura, densidad y frecuencia, y mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

En segundo término, el zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) registró un IVI de 119.217, correspondiente a la clase 2, lo que indica una participación relevante dentro de la comunidad, aunque subordinada a la especie dominante.

Tabla III. 101.- Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	53.149	16.068	50.000	119.217	2
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	46.851	83.932	50.000	180.783	1
			100	100	100	300	

Se obtuvo un valor del Índice de Shannon (H’ = 0.336), lo que indica una diversidad baja en el estrato herbáceo de la VSAMX, asociada a una comunidad compuesta por dos especies con distribución relativamente cercana en sus abundancias, aunque sin una estructura plenamente equilibrada.

El Índice de Equidad de Pielou (J’ = 0.485) refleja una distribución moderadamente desigual de los individuos, lo que indica que, si bien no existe una dominancia extrema, sí se presenta una ligera ventaja en la abundancia de una de las especies.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió al zacate liebrero (*Bouteloua rothrockii*) con 0.5315, seguido del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) con 0.4685, lo que evidencia una distribución casi compartida entre ambas especies, sin una dominancia ecológica marcada.

Tabla III. 102.- Valores del índice de diversidad de especies del estrato herbáceo para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)

Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	211	0.5315	-0.6321	-0.3359
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	186	0.4685	-0.7582	-0.3552
TOTAL:		**397**	**1.0000**		**-0.336**
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***0.336***
Riqueza (S) =					***2***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					***0.693***
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					***0.485***

Cactáceas

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI) del estrato de cactáceas en la VSAMX, *Cylindropuntia fulgida* presentó el valor más alto (IVI = 186.650, clase 1), consolidándose como la especie dominante debido a su elevada densidad y cobertura, lo que refleja una alta capacidad de establecimiento y uso de los recursos del sitio.

En segundo término, *Lophocereus schottii* var. *schottii* registró un IVI de 72.987 (clase 2), con una participación intermedia dentro del estrato, sin alcanzar condiciones de dominancia.

Posteriormente, *Cylindropuntia versicolor* (IVI = 22.710, clase 3) y *Mammillaria grahammii* (IVI = 17.653, clase 4) mostraron una contribución baja y marginal, respectivamente.

Tabla III. 103.- Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas presentes en la VSAMX.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	94.426	58.890	33.333	186.650	1
2	*Cylindropuntia versicolor*	Choya tasajo	0.984	5.059	16.667	22.710	3
4	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	3.607	36.047	33.333	72.987	2
5	*Mammillaria grahammii*	Viejito	0.984	0.003	16.667	17.653	4
			100	100	100	300	

Se obtuvo un Índice de Shannon (H’ = 0.265), lo que indica una diversidad muy baja en el estrato de cactáceas, asociada a una comunidad fuertemente dominada por una sola especie.

El Índice de Equidad de Pielou (J’ = 0.191) evidencia una distribución altamente desigual de las abundancias, con una marcada concentración de individuos en una sola especie y una participación marginal del resto del ensamble.

El valor de proporción relativa (pi) más alto correspondió a *Cylindropuntia fulgida* con 0.9443, concentrando aproximadamente el 94 % de la abundancia total del estrato, lo que confirma su dominancia casi absoluta. En contraste, *Lophocereus schottii* var. *schottii* (0.0361), *Cylindropuntia versicolor* (0.0098) y *Mammillaria grahammii* (0.0098) presentaron valores muy bajos, reflejando una contribución ecológica mínima

Tabla III. 104.- Valores del índice de diversidad de especies de cactáceas para la VSAMX.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Cylindropuntia fulgida	Choya	288	0.9443	-0.0574	-0.0542
Cylindropuntia versicolor	Choya tasajo	3	0.0098	-4.6217	-0.0455
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	11	0.0361	-3.3224	-0.1198
Mammillaria grahammii	Viejito	3	0.0098	-4.6217	-0.0455
	TOTAL:	**305**	**1.0000**		**-0.265**
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***0.265***
				Riqueza (S) =	***4***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	***1.386***
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	***0.191***

III.2.2.5. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACION DEL AREA DEL PROYECTO (AP)

Composición y estructura florística por tipos de vegetación

La estructura de una comunidad vegetal, así como la dinámica de la misma puede ser caracterizada si se conocen algunos de los atributos de las especies que la conforman. Los atributos de la vegetación más conocidos son la densidad, frecuencia, cobertura y el valor de importancia ecológico de las mismas. La densidad de una especie (abundancia, para algunos autores) se interpreta como el número de individuos de esa especie que habitan por unidad de área, en este caso, por hectárea. La frecuencia nos da una idea sobre la distribución espacial de los individuos de una especie en una determinada área. El atributo de la vegetación conocido como cobertura (o dominancia por ciertos investigadores) nos indica la cantidad de terreno que está cubierto por el follaje de una especie. Debemos tener en cuenta que una especie no necesariamente por ser muy densa, cubrirá una gran superficie con su follaje. En otras palabras, una especie arbórea, con pocos individuos puede tener mayor cobertura que una especie muy abundante, pero con poco follaje. El valor de importancia nos indica que especie es la que juega un papel dominante sobre las demás, cual es la que controla el flujo de energía en ese ecosistema, cual es la que consume la mayor cantidad de recursos (nutrientes, agua, luz, etc.).

Los muestreos de vegetación se realizaron en el tramo del proyecto comprendido entre el km 11+000 y el km 26+200, donde el terreno presenta condiciones naturales con vegetación nativa. Con base en la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, Serie VII a escala 1:250,000, se identificaron dos tipos de vegetación en el área del proyecto: Mezquital Xerófilo (MX) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSAMX).

La determinación del número de sitios de muestreo para el área del proyecto, se realizó tomando como base la metodología propuesta por Frith y Ubiera (2001) en la que se propone, que para superficies con dimensiones mayores a 40 ha, se debe emplear una Intensidad de Muestreo correspondiente al 1.5% del total del área de interés para obtener resultados con un error menor al 5%. Así pues, para conocer los atributos de las especies que conforman las poblaciones de plantas establecidas en las áreas de interés, se realizaron muestreos consistentes en mediciones en 16 sitios. Las unidades de muestreo establecidas en los polígonos del proyecto fueron de forma rectangular de 520 m2 (40 x 13 metros), de acuerdo a la densidad y formas de vida de las especies vegetales presentes en las comunidades vegetales.

En forma adicional, después de haber trabajado con la primera técnica de muestreo, se realizó un ejercicio usando la metodología sugerida por Mostacedo y Fredericksen (op. cit.) como una forma para asegurar que el número de unidades de muestreo (n) para el mismo proyecto fueran estadísticamente representativas. La fórmula matemática para lograrlo es la siguiente:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2 + \frac{t^2 CV^2}{N}}$$

Donde:
n = número de unidades muestrales estadísticamente representativas.
E = error con el que se quiere obtener los valores, en ecología vegetal generalmente es del 20% (Mostacedo y Fredericksen, 2000 Op).
t = valor que se obtiene de las tablas "t de Student".
N = total de unidades muestrales en toda la población.

CV = coeficiente de variación, que deriva de:

$$CV = \frac{s * 100}{\bar{X}}$$

Donde:
s = desviación estándar.
ẋ = promedio.

SITIO DEL PROYECTO (MX Y VSAMX) =	**59.398 ha**
% A MUESTREAR =	**0.015**
TAMAÑO AREA A MUESTREAR =	**0.8909 ha**
TAMAÑO SITIOS MUESTREO =	**0.0520 ha**
NUMERO SITIOS EN TEORIA (N) =	**17**

CUADRANTE	DENSIDAD	DENSIDAD AL CUADRADO
1	65	4225
2	51	2601
3	50	2500
4	25	625
5	36	1296
SUMA =	**227**	11247
PROMEDIO =	**45**	
s =	**15.3**	
CV (%) =	**33.8**	
t =	**2.7765**	
E (%) =	**20**	
N =	**17**	
n =	**10**	

Como se observa, el valor estimado de *n* fue de 10; no obstante, con el fin de fortalecer la representatividad de los resultados, se establecieron un total de 16 sitios de muestreo distribuidos

en las áreas de Mezquital Xerófilo (10 sitios) y Vegetación Secundaria de Mezquital Xerófilo (6 sitios). Este incremento en el número de unidades de muestreo permitió contar con una base de datos más robusta, lo que respalda la representatividad estadística del muestreo y la adecuada caracterización de las especies presentes en los ecosistemas del área del proyecto.

Tabla III. 105 Coordenadas UTM de los sitios de muestreo dentro del área del proyecto

POLIGONO FORESTAL	TIPO DE VEGETACION	SITIO DE MUESTREO	FORMA DE LA UNIDAD MUESTRAL	ÁREA (m2)	COORD X	COORD Y
Polígono Libramiento Norponiente	MKX	1	Rectangular	512	496721	3230748
		2	Rectangular	512	496314	3230667
		3	Rectangular	512	495301	3230597
		4	Rectangular	512	494487	3230166
		5	Rectangular	512	494127	3229249
		6	Rectangular	512	493967	3228273
		7	Rectangular	512	493235	3227557
		8	Rectangular	512	492786	3226710
		9	Rectangular	512	492631	3225758
		10	Rectangular	512	492273	3224803
	VSaMKX	11	Rectangular	512	492066	3223792
	MKX	12	Rectangular	512	491850	3222803
		13	Rectangular	512	491554	3221855
	VSaMKX	14	Rectangular	512	491422	3220872
		15	Rectangular	512	491143	3219940
	MKX	16	Rectangular	512	490875	3218974

MKX = Mezquital Xerófilo
VSaMKX = Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo

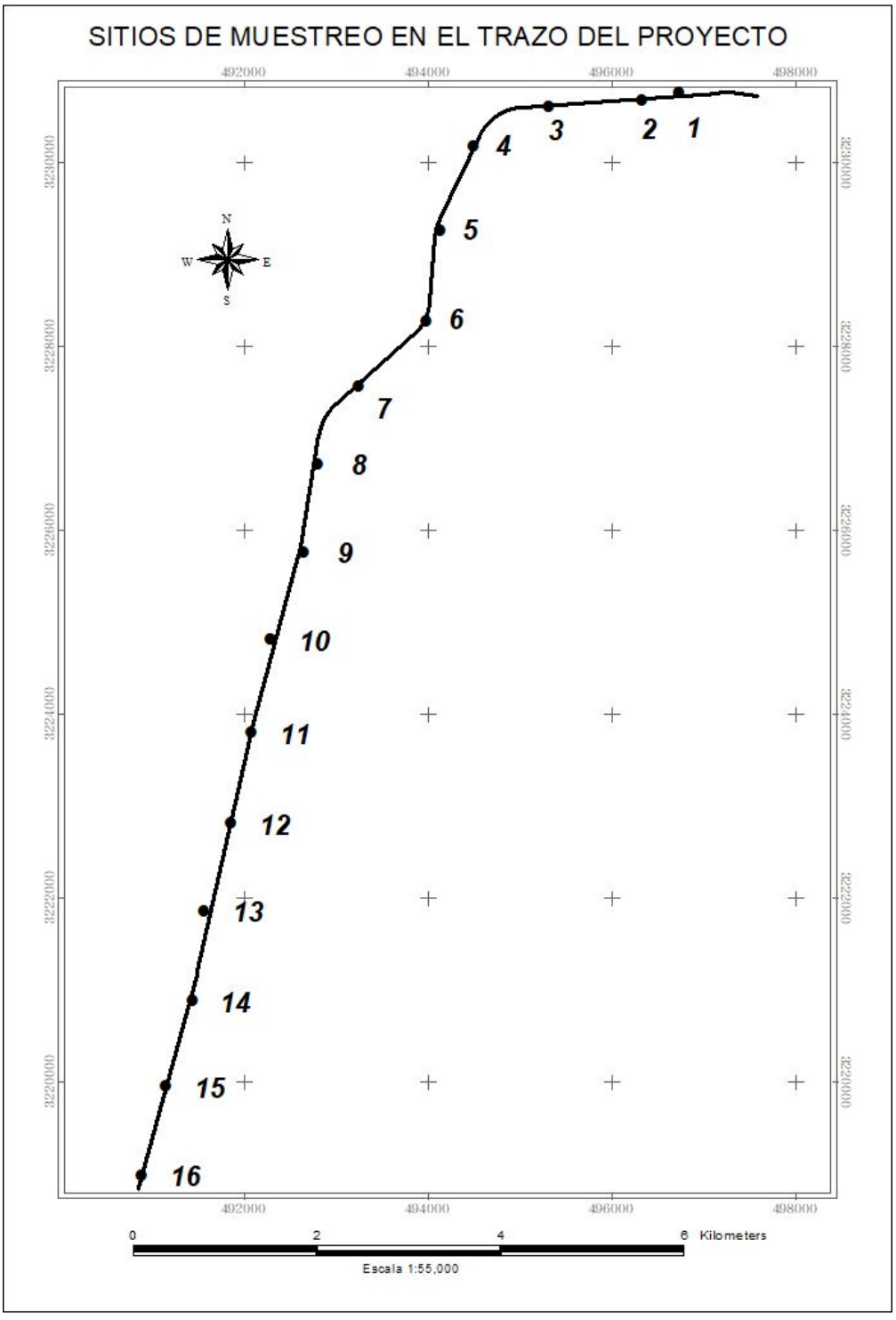


Figura III. 34 Distribución espacial de los sitios de muestreo en el área del proyecto

Con esta técnica se obtuvo la información de campo necesaria para conocer la densidad de individuos de cada especie que viven en las áreas de interés, así como la cobertura o superficie que esas especies ocupan en el proyecto y el valor de importancia ecológico que cada una de las especies desempeñan en esa comunidad.

Los resultados de los muestreos de la vegetación en las áreas de interés, se resumen en la información expuesta en las siguientes tablas:

Tabla III. 106 Especies vegetales presentes en los ecosistemas del área del proyecto.

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	NOM-O59	CITES
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	Fabaceae	-	-
2	*Bouteloua rotrockii*	Zacate liebrero	Poaceae	-	-
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Fabaceae	-	-
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Poaceae	-	-
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	Rhamnaceae	-	-
6	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactaceae	-	-
7	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Asteraceae	-	-
8	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Zygophyllaceae	A	II
9	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	Euphorbiaceae	-	-
10	*Jatropha cuneata*	Matacora	Euphorbiaceae	-	-
11	*Krameria parvifolia*	Cósahui	Krameriaceae	-	-
12	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	Cactaceae	-	-
13	*Lycium fremontii*	Salicieso	Solanaceae	-	-
14	*Olneya tesota*	Palo fierro	Fabaceae	Pr	-
15	*Parkinsonia florida*	Brea	Fabaceae	-	-
16	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Fabaceae	-	-
17	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Achatocarpaceae	-	-
18	*Prosopis velutina*	Mezquite	Fabaceae	-	-
19	*Randia thurberi*	Papachi borracho	Rubiaceae	-	-

Tabla III. 107 Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	SINÓNIMO
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	Pennisetum ciliare
Cylindropuntia fulgida	Choya	Opuntia fulgida
Krameria parvifolia	Cósahui	Krameria erecta
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	Pachycereus schottii
Parkinsonia florida	Brea	Cercidium floridum
Parkinsonia microphylla	Palo verde	Cercidium microphyllum

Respecto a la Norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de las especies mostradas, el guayacán se encuentra listado como amenazada (A), mientras que el palo fierro aparece sujeto a protección especial (Pr). De acuerdo a la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), de las especies antes citadas solo el guayacán se encuentra listada en su anexo II de protección. (DOF, 2010; CITES, 2017).

La tabla siguiente, nos indica la caracterización de las especies encontradas de acuerdo a su forma de vida; así, considerando las definiciones de arbusto y árbol expuestas por Font Quer (2001), los elementos arbóreos se agrupan en el estrato superior de la comunidad, comprendiendo especies que sobrepasan los 5 m de alto. En el estrato medio o arbustivo, figuran especies leñosas y cactáceas con porte de 1 a 5 metros. En el estrato inferior, de 0.05 a 1.00 metros, se incluyen diferentes especies de hierbas perennes.

Tabla III. 108 Formas de vida de las especies vegetales presentes en los ecosistemas del área del proyecto.

No.	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA
1	*Acacia constricta*	Mezquitillo	Arbustiva
2	*Bouteloua rotrockii*	Zacate liebrero	Herbácea
3	*Caesalpinia palmeri*	Piojito	Arbustiva
4	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	Herbácea
5	*Condalia warnockii*	Crucillo	Arbustiva
6	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	Cactácea
7	*Encelia farinosa*	Rama blanca	Arbustiva
8	*Guaiacum coulteri*	Guayacán	Arbustiva
9	*Jatropha cardiophylla*	Sangrengado	Arbustiva
10	*Jatropha cuneata*	Matacora	Arbustiva
11	*Krameria parvifolia*	Cósahui	Arbustiva
12	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	Cactácea
13	*Lycium fremontii*	Salicieso	Arbustiva
14	*Olneya tesota*	Palo fierro	Arbórea
15	*Parkinsonia florida*	Brea	Arbórea
16	*Parkinsonia microphylla*	Palo verde	Arbórea
17	*Phaulothamnus spinescens*	Huevito	Arbustiva
18	*Prosopis velutina*	Mezquite	Arbórea
19	*Randia thurberi*	Papachi borracho	Arbustiva

Atributos de las especies vegetales

La estructura de una comunidad vegetal, así como la dinámica de la misma puede ser caracterizada si se conocen algunos de los atributos de las especies que la conforman. Los atributos de la vegetación más conocidos son la densidad, frecuencia, cobertura y el valor de importancia ecológico de las mismas. La densidad de una especie se interpreta como el número de individuos de esa especie que habitan por unidad de área, en este caso, por hectárea. La frecuencia nos da una idea sobre la distribución espacial de los individuos de una especie en una

determinada área. El atributo de la vegetación conocido como cobertura nos indica la cantidad de terreno que está cubierto por el follaje de una especie. Debemos tener en cuenta que una especie no necesariamente por ser muy densa, cubrirá una gran superficie con su follaje. En otras palabras, una especie arbórea, con pocos individuos puede tener mayor cobertura que una especie muy abundante, pero con poco follaje. El valor de importancia nos indica que especie es la que juega un papel dominante sobre las demás, cual es la que controla el flujo de energía en ese ecosistema, cual es la que consume la mayor cantidad de recursos (nutrientes, agua, luz, etc.).

Para conocer los atributos de las especies que conforman las poblaciones de plantas establecidas en el área del proyecto, se realizaron muestreos consistentes en mediciones en un total de 16 parcelas rectangulares con un área de 520 m2, cómo se mencionó anteriormente. Dentro de cada cuadrante se identificaron taxonómicamente todas las plantas y se registró el número de individuos por especie y se midió la cobertura de su follaje y la altura de las plantas. Con esta metodología se obtuvo la información de campo necesaria para conocer la densidad de individuos de cada especie por ha, la cobertura o superficie que esas especies ocupan por unidad de área, la frecuencia con la que se presentan las especies a lo largo del terreno, así como el valor de importancia ecológico que cada una de las especies desempeñan en esa comunidad.

Los resultados de las mediciones de la vegetación para cada estación de muestreo dentro del mezquital xerófilo el cual es el tipo de vegetación afectado por el desarrollo del proyecto en el área del proyecto, se resumen en la información expuesta en las siguientes tablas:

Mezquital xerófilo (MKX)

Sitio 1

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Caesalpinia palmeri	Piojito	4
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	13
Encelia farinosa	Rama blanca	5
Lycium fremontii	Salicieso	1
Parkinsonia microphylla	Palo verde	1
Prosopis velutina	Mezquite	1

Sitio 2

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	154
Encelia farinosa	Rama blanca	43
Guaiacum coulteri	Guayacán	1
Olneya tesota	Palo fierro	4
Parkinsonia microphylla	Palo verde	4

Sitio 3

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Acacia constricta	Mezquitillo	1
Caesalpinia palmeri	Piojito	4
Condalia warnockii	Crucillo	1
Encelia farinosa	Rama blanca	9
Krameria parvifolia	Cósahui	1
Olneya tesota	Palo fierro	2
Prosopis velutina	Mezquite	6

Sitio 4

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	154
Condalia warnockii	Crucillo	1
Encelia farinosa	Rama blanca	22
Jatropha cuneata	Matacora	1
Lycium fremontii	Salicieso	2
Olneya tesota	Palo fierro	3
Parkinsonia microphylla	Palo verde	7
Prosopis velutina	Mezquite	4
Randia thurberi	Papachi borracho	1

Sitio 5

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Encelia farinosa	Rama blanca	3
Lycium fremontii	Salicieso	2
Jatropha cardiophylla	Sangrengado	1
Olneya tesota	Palo fierro	4
Parkinsonia microphylla	Palo verde	3
Prosopis velutina	Mezquite	7

Sitio 6

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cenchrus ciliaris	*Zacate buffel*	*55*
Lycium fremontii	*Salicieso*	*2*
Prosopis velutina	*Mezquite*	*8*

Sitio 7

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	20
Encelia farinosa	Rama blanca	23
Parkinsonia microphylla	Palo verde	5
Prosopis velutina	Mezquite	3

Sitio 8

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Bouteloua rotrockii	Zacate liebrero	154
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	154
Encelia farinosa	Rama blanca	15
Jatropha cuneata	Matacora	1
Olneya tesota	Palo fierro	3
Prosopis velutina	Mezquite	5

Sitio 9

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cenchrus ciliaris	Zacate buffel	7
Encelia farinosa	Rama blanca	37
Jatropha cardiophylla	Sangrengado	1
Olneya tesota	Palo fierro	1
Parkinsonia microphylla	Palo verde	3
Prosopis velutina	Mezquite	1

Sitio 10

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Encelia farinosa	Rama blanca	1
Parkinsonia microphylla	Palo verde	2

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital xerófilo (VSaMKX)

Sitio 11

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cylindropuntia fulgida	Choya	38
Encelia farinosa	Rama blanca	17
Parkinsonia microphylla	Palo verde	6
Prosopis velutina	Mezquite	1

Sitio 12

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Cylindropuntia fulgida	Choya	29
Parkinsonia microphylla	Palo verde	2
Prosopis velutina	Mezquite	5

Sitio 13

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	1
Lycium fremontii	Salicieso	1
Olneya tesota	Palo fierro	1
Phaulothamnus spinescens	Salicieso	1
Prosopis velutina	Mezquite	3

Sitio 14

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Lycium fremontii	Salicieso	5
Olneya tesota	Palo fierro	1
Prosopis velutina	Mezquite	2

Sitio 15

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Condalia warnockii	Crucillo	1
Kremeria parvifolia	Cósahui	8
Lophocereus schottii var. schottii	Sina	1
Olneya tesota	Palo fierro	1
Prosopis velutina	Mezquite	3

Sitio 16

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DENSIDAD/sitio
Parkinsonia florida	Brea	17
Phaulothamnus spinescens	Huevito	3
Prosopis velutina	Mezquite	63

Índice de Valor de Importancia (IVI)

De acuerdo a Odum y Warrett (2006), el Índice de Valor de Importancia (IVI) es un índice desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie vegetal en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

IVI = Densidad relativa (%) + Dominancia relativa (%) + Frecuencia relativa (%)

Donde la Densidad relativa de una especie es igual a la densidad de la especie dividida entre la densidad total de todas las especies multiplicada por 100; la dominancia relativa es igual al área basal o cobertura de la especie dividida entre el área basal o cobertura total de todas las especies

multiplicada por 100; la frecuencia relativa es igual a la aparición de la especie en un sitio dividida entre la frecuencia total de todas las especies multiplicada por 100.

Para el caso de comunidades vegetales los autores Odum y Warrett, al igual que Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) y Brower y Zar (1977), consideran que el factor Dominancia debe ser estimado en base a algún atributo medible y significativo de las plantas como puede ser el área basal o su cobertura y no por su densidad como ocurre con las especies animales. El argumento principal consiste en que una especie con un número de individuos (por ejemplo un pasto) superior a especies arbustivas y arbóreas puede adquirir un alto IVI si consideramos el factor Densidad para estimar su Dominancia en la comunidad, lo cual no significa que en la realidad eso sea verdad ya que una población menos densa de alguna especie arbustiva o arbórea, debido a su gran cobertura, puede jugar un mejor papel en el funcionamiento del ecosistema al considerar que produce mayor cantidad de oxígeno, fija mayor cantidad carbono, aprovecha can mayor intensidad los recursos suelo, agua, luz, etcétera.

Así pues, para la estimación de los índices de valor de importancia (IVI) de las especies vegetales en el área del proyecto, se consideró el factor Cobertura como equivalente de Dominancia en la ecuación de Odum y Warrett expuesta en párrafos anteriores.

En las tablas siguientes se presentan los valores de IVI y otros atributos de las especies vegetales muestreadas dentro de los tipos de vegetación afectados por el desarrollo del proyecto en el área del proyecto; la información se presenta por estratos y formas de vida de las especies registradas.

Mezquital xerófilo (MKX)

Tabla III. 109 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en el mezquital xerófilo del proyecto

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Olneya tesota*	Palo fierro	22.08	17.61	28.57	68.26	3
2	*Parkinsonia microphylla*	Brea	32.47	29.98	33.33	95.78	2
3	*Prosopis velutina*	Mezquite	45.45	52.41	38.10	135.96	1
			100	100	100	300	

Donde:
DR = Densidad relativa expresada en valores porcentuales,
CR = Cobertura relativa expresada en valores porcentuales,
FR = Frecuencia relativa expresada en valores porcentuales
V.I. = Valor de importancia que nos indica el peso ecológico que tiene esa especie en la comunidad,
CLASE = La categoría que tiene la especie en términos de su papel ecológico dentro de la comunidad.

En la tabla anterior podemos observar que el mezquite (*Prosopis velutina*) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies en el estrato arbóreo de la comunidad vegetal en el ecosistema de vegetación de mezquital xerófilo en el área del proyecto; así, esta

especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

Tabla III. 110 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en el mezquital xerófilo para el área del proyecto

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	Acacia constricta	Mezquitillo	0.55	0.78	4.17	5.50	4
2	Caesalpinia palmeri	Piojito	4.37	14.43	8.33	27.13	2
3	Condalia warnockii	Crucillo	1.09	1.98	8.33	11.41	3
4	Encelia farinosa	Rama blanca	86.34	65.26	37.50	189.10	1
5	Guaiacum coulteri	Guayacán	0.55	0.78	4.17	5.50	4
6	Jatropha cardiophylla	Sangrengado	1.09	4.96	4.17	10.22	3
7	Jatropha cuneata	Matacora	1.09	2.05	8.33	11.47	3
8	Krameria parvifolia	Cósahui	0.55	0.66	4.17	5.37	4
9	Lycium fremontii	Salicieso	3.83	8.21	16.67	28.70	2
10	Randia thurberi	Papachi borracho	0.55	0.89	4.17	5.60	4
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que la rama blanca (Encelia farinosa) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies arbustivas de la comunidad vegetal en el ecosistema de vegetación de mezquital xerófilo; así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de cactáceas de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

Tabla III. 111 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato herbáceo que habitan en el mezquital xerófilo del área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Bouteloua rothrockii*	Zacate liebrero	21.66	48.71	12.50	82.87	2
2	*Cenchrus ciliaris*	Zacate buffel	78.34	51.29	87.50	217.13	1
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies en el estrato herbáceo de la comunidad vegetal en el mezquital xerófilo del área del proyecto; así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

En el ecosistema de mezquital xerófilo del área del proyecto, no se encontraron especies de cactáceas.

Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo (VSaMKX)

Tabla III. 112 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbóreo que habitan en la vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Olneya tesota*	Palo fierro	2.86	18.82	25.00	46.68	2
2	*Parkinsonia microphylla*	Brea	7.62	10.50	16.67	34.79	3
3	*Parkinsonia florida*	Palo verde	16.19	0.42	8.33	24.95	4
4	*Prosopis velutina*	Mezquite	73.33	70.26	50.00	193.59	1
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que el mezquite (*Prosopis velutina*) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies en el estrato arbóreo de la comunidad vegetal en el ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo del área del proyecto; así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

Tabla III. 113 Valores de los atributos ecológicos de las especies del estrato arbustivo que habitan en la vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Condalia warnockii*	Crucillo	2.78	25.22	14.29	42.28	4
2	*Encelia farinosa*	Rama blanca	47.22	4.29	14.29	65.80	2
3	*Krameria parvifolia*	Cósahui	22.22	34.13	14.29	70.64	1
4	*Lycium fremontii*	Salicieso	16.67	25.26	28.57	70.50	1
5	*Phaulothamnus spinescens*	Papachi borracho	11.11	11.10	28.57	50.78	3
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que el cósahui (*Krameria parvifolia*) y el salicieso (*Lycium fremontii*) son las especies que dominan en forma conjunta en todos los aspectos sobre las demás especies en el estrato arbustivo de la comunidad vegetal en el ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo del área del proyecto; así, estas especies son las que, en codominancia, aprovechan más que ninguna otra especie de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

En el ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo del área del proyecto, no se encontraron elementos del estrato herbáceo.

Tabla III. 114 Valores de los atributos ecológicos de las especies de cactáceas que habitan en la vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo del área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	DR	CR	FR	V.I.	CLASE
1	*Cylindropuntia fulgida*	Choya	97.10	26.30	50.00	173.40	1
2	*Lophocereus schottii var. schottii*	Sina	2.90	73.70	50.00	126.60	2
			100	100	100	300	

En la tabla anterior podemos observar que la choya (*Cylindropuntia fulgida*) es la especie que domina en todos los aspectos sobre las demás especies de cactáceas de la comunidad vegetal

en el ecosistema de vegetación de vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo así, esta especie es la que aprovecha más que ninguna otra especie de cactáceas de la comunidad los recursos agua, luz, suelo, espacio, etc.

III.2.2.6. COMPARACION FLORISTICA ENTRE EL SAR, AI Y AP

De manera general, con base en la riqueza específica registrada en cada unidad ambiental, el Sistema Ambiental Regional (SAR) presentó la mayor diversidad florística con 34 especies, seguido por el Área de Influencia (AI) con 27 especies, mientras que el Área del Proyecto (AP) registró 19 especies. Esta tendencia evidencia una disminución progresiva en la riqueza conforme aumenta el grado de intervención, lo cual se asocia a diferencias en el estado de conservación, la continuidad del hábitat y la intensidad de perturbación antrópica entre los tres niveles de análisis.

Tabla III. 115.- Comparacion de presencia ausencia de especies entre los sistemas ambientales.

ID	ESPECIES EN TOTAL	SAR	AI	AP
1	*Acacia constricta*	X	-	X
2	*Bouteloua rothrockii*	X	X	X
3	*Bursera laxiflora*	X	X	-
4	*Bursera microphylla*	X	-	-
5	*Caesalpinia palmeri*	X	X	X
6	*Carnegiea gigantea*	X	-	-
7	*Cenchrus ciliaris*	X	X	X
8	*Celtis pallida*	X	-	-
9	*Condalia warnockii*	X	X	X
10	*Cordia parvifolia*	X	X	-
11	*Cylindropuntia fulgida*	X	X	X
12	*Cylindropuntia versicolor*	X	X	-
	Cylindropuntia arbuscula	-	X	-
13	*Encelia farinosa*	X	X	X
14	*Ferocactus herrerae*	X	-	-
15	*Fouquieria splendens*	X	X	-
16	*Guaiacum coulteri*	X	-	X
17	*Jatropha cardiophylla*	X	-	X
18	*Jatropha cinerea*	X	X	-
19	*Jatropha cuneata*	X	X	X
20	*Krameria parvifolia*	X	X	X

21	*Larrea tridentata*	X	X	-
22	*Lophocereus schottii* var. *schotii*	X	X	X
23	*Lycium fremontii*	X	X	X
24	*Mammillaria grahamii*	X	X	-
25	*Mimosa laxiflora*	X	X	-
26	*Olneya tesota*	X	X	X
27	*Parkinsonia florida*	X	X	-
28	*Parkinsonia microphylla*	X	X	X
29	*Parkinsonia praecox*	X	X	X
30	*Phaulothamnus spinescens*	X	X	X
31	*Prosopis velutina*	X	X	X
32	*Randia thurberi*	x	-	X
33	*Stenocereus thurberi*	x	X	-
34	*Vallesia glabra*	x	X	-

El SAR integra la mayor heterogeneidad ambiental, lo que permite la presencia de un mayor número de especies y formas de vida, mientras que el AI mantiene una composición intermedia que aún conserva representatividad de la flora regional, aunque con ciertas pérdidas de elementos sensibles. En contraste, el AP presenta una reducción en la riqueza florística, lo cual es consistente con la presencia de infraestructura y disturbios previos, que han favorecido la simplificación de la comunidad vegetal.

En el análisis de composición florística se observa que varias especies están compartidas entre los tres sistemas, lo que indica conectividad ecológica y representación regional de la mayor parte de la flora registrada. Sin embargo, el AP excluye algunas especies presentes en el SAR y el AI, lo que refleja una filtración ecológica asociada a la transformación del hábitat.

En relación con el estatus de conservación, dentro del AP únicamente se registra una especie listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, correspondiente al guayacán (*Guaiacum coulteri*), la cual será sujeta a medidas de mitigación específicas, incluyendo acciones de rescate y reubicación de flora.

Finalmente, es importante destacar que todas las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) se encuentran representadas tanto en el Área de Influencia (AI) como en el Sistema Ambiental Regional (SAR), lo que evidencia que la composición florística afectada no es exclusiva del sitio de intervención ni presenta endemismos locales restringidos. En este sentido, la intervención se circunscribe a una porción del mosaico regional ya representado en unidades ambientales con mayor extensión y continuidad ecológica, donde dichas especies mantienen poblaciones funcionales.

Bajo este contexto, la modificación de la cobertura vegetal en el AP no implica una pérdida a escala regional de la biodiversidad, sino una redistribución local de abundancias dentro de un mismo conjunto florístico ampliamente distribuido en el SAR. Por lo tanto, la construcción del proyecto carretero no compromete la integridad de la diversidad biológica regional, ya que no se afecta la representación de especies a nivel de paisaje ni se interrumpe su continuidad ecológica en el sistema ambiental más amplio.

COMPARACIÓN BIOLÓGICA DE LA BIODIVERSIDAD ENTRE SAR, AI Y AP

El análisis comparativo de los índices ecológicos (riqueza específica, diversidad de Shannon-Wiener y equidad de Pielou) para los tipos de vegetación MX y VSAMX evidencia patrones consistentes de variación espacial entre el Sistema Ambiental Regional (SAR), el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP).

Tabla III. 116.- Comparación de valores estadísticos de la flora analizada, calculados para los ecosistemas del SAR, el AI y el AP.

Tipo de vegetación	NOM-059-SEMARNAT-2010			Riqueza de especies (S)			Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´)			Índice de Equidad de Pielou (J)		
	CUSTF	AI	SAR	CUSTF	AI	SAR	CUSTF	AI	SAR	CUSTF	AI	SAR
MX	1	1	**3**	16	14	**22**	1.9599	1.9900	**2.2600**	0.7069	0.7540	**0.7312**
VSAMX	1	0	**1**	13	18	**16**	1.8008	2.4090	**2.3280**	0.7021	0.8340	**0.8390**

De acuerdo con Orellana-Lara (2009), el Índice de Shannon considera tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa de los individuos que integran una comunidad, permitiendo evaluar de manera más integral la diversidad biológica de los ecosistemas. En términos ecológicos, una comunidad presenta mayor diversidad cuando existe un mayor número de especies y una distribución más equilibrada de sus abundancias.

En términos de **riqueza específica**, el SAR presenta los valores más altos en ambos tipos de vegetación, con 32 especies en MX y 20 en VSAMX, lo que refleja una mayor disponibilidad de hábitats, heterogeneidad ambiental y continuidad ecológica. El AI muestra valores intermedios (23 y 13 especies), mientras que el AP registra la menor riqueza (15 y 11 especies), lo cual es consistente con la reducción de microhábitats derivada de procesos de transformación y fragmentación del paisaje.

Respecto al índice de **diversidad de Shannon (H')**, en MX el SAR alcanza 1.78, superior al AI (1.376) y al AP (1.311), mientras que en VSAMX el SAR también presenta el mayor valor (2.098), seguido del AI (1.818) y el AP (1.684). Este patrón confirma que la diversidad florística es mayor en el SAR, asociado a una estructura comunitaria más compleja y menos influenciada por disturbios antrópicos, mientras que el AP conserva valores intermedios, lo que indica que mantiene representación florística relevante dentro del gradiente regional.

En cuanto a la **equidad (J)**, los valores muestran una tendencia relativamente estable entre unidades, aunque con ligeras variaciones. En MX, el AP (0.484) presenta una equidad ligeramente mayor que el SAR (0.514) y el AI (0.439), lo que sugiere una distribución más balanceada de abundancias en un contexto de menor riqueza. En VSAMX, los valores son muy

cercanos (SAR = 0.700, AI = 0.709, AP = 0.702), lo que indica que, pese a las diferencias en riqueza y diversidad, la estructura de dominancia es comparable entre los tres sistemas.

Los resultados confirman que el **SAR concentra la mayor biodiversidad regional**, mientras que el **AP, aunque presenta menor riqueza, mantiene valores de diversidad y equidad cercanos a los del sistema regional en VSAMX**, lo que evidencia que las especies presentes en el área del proyecto forman parte del pool florístico regional y no representan pérdida de biodiversidad a escala del sistema ambiental, sino una reducción localizada en la riqueza específica asociada a la transformación del hábitat.

III.2.3.FAUNA

III.2.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL SAR

Como ya se explicó anteriormente sobre la biogeografía de México, de acuerdo al estudio de Morrone (2005), el SAR del proyecto se localiza en la Región Neártica y dentro ésta, en la provincia biogeográfica Sonora. Es importante mencionar que, por su parte, la CONABIO ha publicado mapas referentes a la distribución biogeográfica de los grupos faunísticos del país, mismos que se muestran en párrafos siguientes.

Grupos Faunísticos del SAR

México, junto con China, India, Colombia y Perú se encuentra entre los cinco países llamados “megadiversos”, los cuales en conjunto albergan entre el 60% y 70% de la diversidad biológica conocida del planeta. En México se encuentra representado el 12% de la diversidad terrestre del planeta. Prácticamente todos los tipos de vegetación terrestres conocidos se encuentran representados en el país, y algunos ecosistemas, como los humedales de Cuatrocienégas en Coahuila sólo se encuentran en México.

Esta diversidad es el resultado de la compleja topografía y geología, y de los diversos climas y microclimas que se encuentran en todo el territorio. Asimismo, la ubicación geográfica de México hace que se distinga por ser el territorio de unión de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, lo que quiere decir que en el país han evolucionado especies de distinta afinidad ecológica y geográfica.

México ocupa el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles, el segundo en mamíferos y el cuarto en anfibios y plantas. La diversidad biológica de nuestro país se caracteriza por estar compuesta de un gran número de especies endémicas, es decir, que son exclusivas al país. Aproximadamente el 50% de las especies de plantas que se encuentran en nuestro territorio son

endémicas, esto se traduce en aproximadamente 15,000 especies que, si desaparecieran en México, desaparecerían del planeta. Los reptiles y anfibios tienen una proporción de especies endémicas de 57% y 65%, respectivamente y los mamíferos (terrestres y marinos) de 32%.
Además, nuestro país alberga cerca del 10% de las especies silvestres registradas en el mundo, gran parte de ellas endémicas: es quinto lugar con mayor número de especies de plantas, cuarto en anfibios, segundo en mamíferos y primero en reptiles. No obstante que más de 108,000 especies en el país han sido descritas -entre ellas 864 especies de reptiles, 528 especies de mamíferos, 361 de anfibios y 1,800 especies de mariposas-, se calcula que podrían ser millones las que habitan nuestros suelos, aguas u otros sitios recónditos.

En los párrafos siguientes se da a conocer la información por grupo faunístico de las especies que habitan en el SAR del área del proyecto. Es importante mencionar que en el valle donde se encuentra el SAR del proyecto no existen corredores biológicos (cañadas, cauces de corrientes superficiales, entre otras), sitios de congregación de especies de fauna (lagos, represas, áreas de alimentación, entre otras) y áreas dedicadas a la conservación (áreas naturales protegidas, unidades de manejo ambiental, áreas de importancia ecológica, entre otras) que podrían ser afectadas por el desarrollo del proyecto.

Anfibios y reptiles

De acuerdo con el esquema zoogeográfico propuesto por la CONABIO (2008)[2], la microcuenca donde se ubica el predio del proyecto, forma parte de la provincia herpetofáunística llamada Desierto del Colorado Sonorense, la cual comprende las zonas costeras de todo el Estado de Sonora, una fracción de Baja California y gran parte del Estado de Sinaloa.

[2] *CONABIO. 2008. Capital Natural de México: Volumen 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 620 p.*

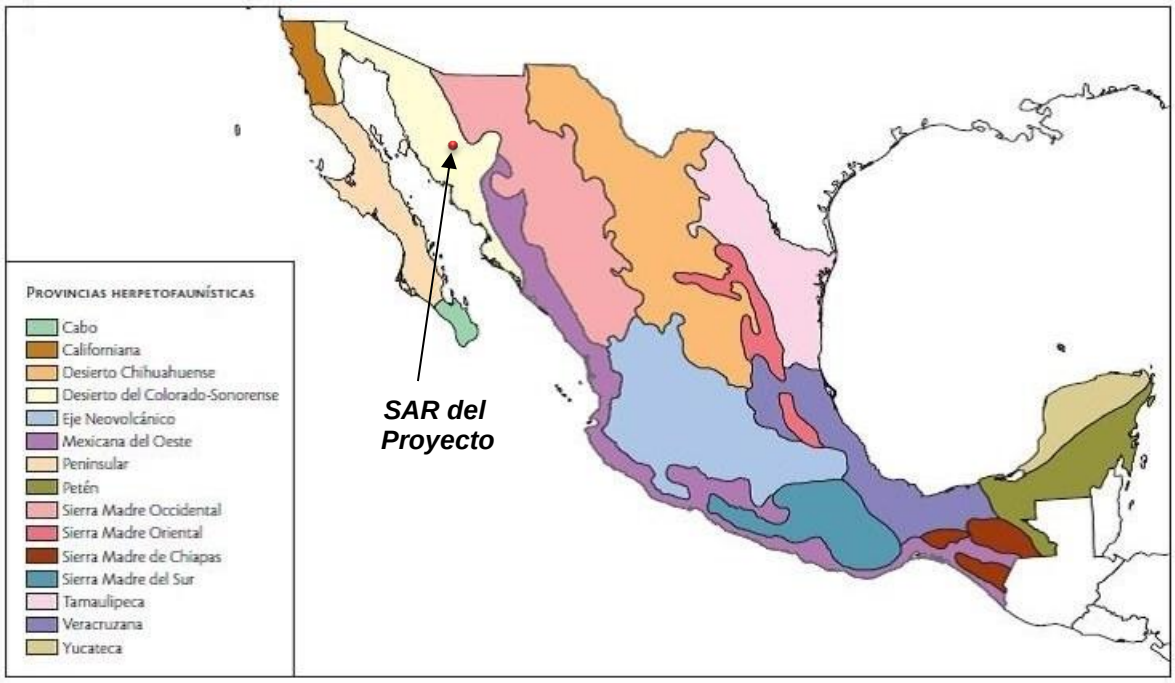


Figura III. 35.- Ubicación de la Cuenca Hidrográfica del proyecto en relación a las provincias herpetofaunísticas del país.

Para México se conocen 978 especies de anfibios y reptiles: 285 corresponden a anfibios y 693 corresponden reptiles, de los cuales el 55% de estas especies son endémicas debido a la separación de los organismos por barreras geográficas, resultando en la diferenciación del grupo original en nuevas especies, e igualmente asociado a los cambios climáticos durante el pleistoceno (Flores-Villela, en T.P. Ranwnoorthy *et al*, 1993).

Mediante estudios posteriores, Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), actualizan la información para México, país que ocupa el segundo lugar mundial en riqueza de anfibios y reptiles con alrededor de 1,165 especies, de las cuales 606 son endémicas.

La herpetofauna de Sonora que se conoce hasta hoy incluye 186 especies nativas divididas en 85 géneros y 32 familias. Ésta se encuentra constituida por 35 especies de anfibios y 151 especies de reptiles que colonizaron hábitats terrestres y de agua dulce, incluidas cinco tortugas marinas y una víbora marina (Molina y van Devender, 2010). Los endemismos están representados por cinco especies continentales (*Aspidoscelis opatae*, *Crotaphytus dickersonae*, *Phrynosoma ditmarsi*, *Trachemys yaquia*, *Xantusia jaycolei*).

Sonora cuenta con 86 especies (46.23%) de reptiles y anfibios sujetos a protección por la SEMARNAT (Enderson *et. al.*, 2009). Una de las especies nativas ha sido erradicada: *Crocodylus acutus*. Este único miembro del orden Crocodilia conocido en Sonora fue visto por última vez en

el Estado en un estero cerca de Guaymas en 1973. Varios registros históricos de esta especie provienen de los alrededores de la Isla del Tiburón y de Punta Sargento (Molina y van Devender, 2010).

De acuerdo a Valdez-Zamudio (2024), la herpetofauna de probable ocurrencia en la CH del área del proyecto está compuesta por 12 especies de anfibios y 53 de reptiles. Los anfibios se agrupan en 1 orden y en 6 familias y solo 3 especies están sujetas a Protección Especial por la norma oficial de la SEMARNAT, mientras que las especies de reptiles se incluyen en 2 órdenes y 17 familias, de las cuales 26 están listadas en alguna categoría de protección por la SEMARNAT (11 como amenazadas y 15 bajo protección especial); también es importante mencionar que una especie de reptil (*Boa constrictor*) está incluida en el Apéndice I y otra (*Heloderma suspectum*) en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Tabla III. 117.- Anfibios que pueden desarrollarse en el área de la cuenca hidrográfica del proyecto y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
ANURA	Bufonidae	*Bufo alvarius*	Sapo del Desierto Sonorense	-
		Bufo cognatus	Sapo de espuelas	-
		Bufo debilis	Sapo verde	Pr
		Bufo kelloggi	Sapo mexicano pequeño	-
		Bufo mazatlanensis	Sapito pinto de Mazatlán	-
		Bufo punctatus	Sapo de puntos rojos	-
	Hylidae	*Hyla arenicolor*	Ranita de las piedras	-
		Pternohyla fodiens	Ranita minera	-
	Leptodactylidae	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita de hojarasca	-
	Microhylidae	*Gastrophryne olivacea*	Sapo oliváceo boca angosta	Pr
	Ranidae	*Rana forreri*	Rana leopardo de Forrer	Pr
	Scaphiopodidae	*Scaphiopus couchii*	Sapo cavador	-

Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: Pr = bajo protección especial.

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Bufo alvarius	Sapo del Desierto Sonorense	*Incilius alvarius*
Bufo cognatus	Sapo de espuelas	*Anaxyrus cognatus*
Bufo debilis	Sapo verde	*Anaxyrus debilis*
Bufo kelloggi	Sapo mexicano pequeño	*Anaxyrus kelloggi*
Bufo mazatlanensis	Sapito pinto de Mazatlán	*Incilius mazatlanensis*
Bufo punctatus	Sapo de puntos rojos	*Anaxyrus punctatus*

Pternohyla fodiens	Ranita minera	*Smilisca fodiens*
Rana forreri	Rana leopardo de Forrer	*Lithobates forreri*

Tabla III. 118.- Reptiles que ocurren en el área de la cuenca de estudio y su estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
SQUAMATA	Boidae	*Boa constrictor*	Boa constrictora	A
		Lichanura trivirgata	Boa rosada del noroeste	A
	Colubridae	*Arizona elegans*	Culebra brillante	-
		Chilomeniscus cinctus	Culebra arenera variable	Pr
		Drymarchon corais	Culebra prieta	-
		Gyalopion quadrangulare	Culebra nariz de gancho del desierto	Pr
		Heterodon nasicus	Serpiente nariz de cerdo	Pr
		Hypsiglena torquata	Culebra nocturna	Pr
		Lampropeltis getula	Serpiente real común	A
		Masticophis bilineatus	Culebra chirrionera sonorense	-
		Masticophis flagellum	Culebra chicotera	-
		Masticophis mentovarius	Culebra chirrionera neotropical	-
		Oxybelis aeneus	Culebra bejuquillo mexicana	-
		Phyllorhynchus browni	Coralillo blanco y negro	Pr
		Phyllorhynchus decurtatus	Culebra nariz lanceolada pinta	-
		Pituophis sayi	Serpiente de Gopher	-
		Rhinocheilus lecontei	Culebra narizona	-
		Salvadora hexalepis	Culebra chata occidental	-
		Senticolis triaspis	Culebra ratonera verde	-
		Sympholis lippiens	Culebra cola corta mexicana	-
		Tantilla hobartsmithi	Culebra cabeza prieta	-
		Tantilla wilcoxi	Culebra cabeza prieta de Chihuahua	-
		Tantilla yaquia	Culebra cabeza prieta yaqui	-
		Trimorphodon biscutatus	Culebra lira	A
	Crotaphytidae	*Crotaphytus nebrius*	Lagartija de collar de Sonora	-
	Elapidae	*Micruroides euryxanthus*	Coralillo de Sonora	A
	Eublepharidae	*Coleonyx fasciatus*	Gecko de bandas negras	-
		Coleonyx variegatus	Gecko Bandeado del Noroeste	Pr
	Helodermatidae	*Heloderma suspectum*	Monstruo de Gila	A
	Iguanidae	*Ctenosaura macrolopha*	Iguana cola espinosa de Sonora	-
		Dipsosaurus dorsalis	Iguana del desierto	-
	Leptotyphlopidae	*Leptotyphlops humilis*	Culebra ciega del noroeste	-
	Natricidae	*Thamnophis cyrtopsis*	Culebra listonada cuello negro	A
		Thamnophis marcianus	Culebra listonada manchada	A
	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Perrita; cachora arenera	A
		Holbrookia maculata	Lagartija sorda	-
		Phrynosoma solare	Camaleón real	-
		Sceloporus clarkii	Lagartija espinosa del noroeste	-
		Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	-
		Urosaurus ornatus	Lagartija de árbol norteña	-
		Uta stansburiana	Lagartija de mancha lateral norteña	A
	Phyllodactylidae	*Phyllodactylus homolepidurus*	Salamanquesa sonorense	Pr
	Scincidae	*Eumeces parviauriculatus*	Eslizón pigmeo norteño	Pr
		Eumeces tetragrammus	Eslizón de cuatro líneas	-
	Teiidae	*Cnemidophorus burti*	Huico manchado	-
		Cnemidophorus sonorae	Huico manchado sonorense	-
		Cnemidophorus tigris	Huico tigre del noroeste	-
	Viperidae	*Crotalus atrox*	Cascabel de diamantes	Pr
		Crotalus molossus	Cascabel de cola negra	Pr

		Crotalus tigris	Cascabel Tigre	Pr
TESTUDINES	Emydidae	*Trachemys scripta*	Tortuga pintada	Pr
	Kinosternidae	*Kinosternon alamosae*	Tortuga de pantano de Álamos	Pr
		Kinosternon flavescens	Tortuga de pantano amarilla	-
		Kinosternon integrum	Tortuga de pantano mexicana	Pr
		Kinosternon sonoriense	Tortuga de pantano de Sonoyta	Pr
	Testudinidae	*Gopherus agassizii*	Tortuga del Desierto de Mojave	A

**Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: A = amenazadas; Pr = bajo protección especial.*

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Chilomeniscus cinctus	Culebra arenera variable	*Chilomeniscus stramineus*
Gyalopion quadrangulare	Culebra nariz de gancho del desierto	*Gyalopion quadrangularis*
Pituophis sayi	Serpiente de Gopher	*Pituophis catenifer*
Eumeces parviauriculatus	Eslizón pigmeo norteño	*Plestiodon parviauriculatus*
Eumeces tetragrammus	Eslizón de cuatro líneas	*(Plestiodon tetragrammus)*
Cnemidophorus burti	Huico manchado	*(Aspidoscelis burti)*
Cnemidophorus sonorae	Huico manchado sonorense	*(Aspidoscelis sonorae)*
Cnemidophorus tigris	Huico tigre del noroeste	*(Aspidoscelis tigris)*

Mamíferos

La fauna de mamíferos de México es una de las más diversas del mundo, ya que en términos de número de especies ocupa el segundo lugar mundial, después de Indonesia. La fauna de mamíferos de México incluye un total de 504 especies nativas y 3 introducidas, clasificadas en 188 géneros y 45 familias. El 30% (147) de las especies son endémicas del país y el resto de la fauna es una combinación de elementos neárticos y neotropicales en proporciones casi iguales, con 207 especies compartidas con América del Norte y 217 con América del Sur; 64 de estas especies son compartidas con ambos sub-continentes.

Adicionalmente, 55 especies son endémicas de Mesoamérica. La distribución de las especies de mamíferos entre los órdenes también muestra que la fauna mexicana resulta de la combinación de elementos neárticos y neotropicales. En todos los órdenes, excepto uno, la proporción de especies para México es intermedia entre el valor para la región Neártica y la Neotropical. La excepción es el orden Chiroptera, que representa alrededor del 30% de la fauna de mamíferos terrestres en México, y son principalmente Neotropicales (Arita y Ceballos, 2006).

Sonora cuenta con 126 especies de mamíferos terrestres, las cuales representan 27% del total en México. Sonora cuenta con 76% de las familias y casi la mitad (49%) de todos los géneros presentes en el país. Los grupos mejor representados a escala nacional son los carnívoros (78%) y los artiodáctilos (56%). Los grupos más diversos de mamíferos terrestres en el estado son los roedores (44%), los murciélagos (30%) y los carnívoros (14%). Sonora tiene treinta especies

enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se conocen dos especies extintas, aunque pueden ser más. No hay especies endémicas para la región continental, pero hay 5 especies en México que sólo están presentes en Sonora. Existen 35 especies de posible presencia en el Estado (Castillo-Gámez y otros, 2010).

De acuerdo con el esquema zoogeográfico propuesto por la CONABIO (2008), la microcuenca donde se ubica el predio del proyecto, forma parte de la provincia mastofáunística Sonorense, la cual comprende la mayor parte del Estado de Sonora y una pequeña porción del noroeste de Chihuahua (Figura III.25).

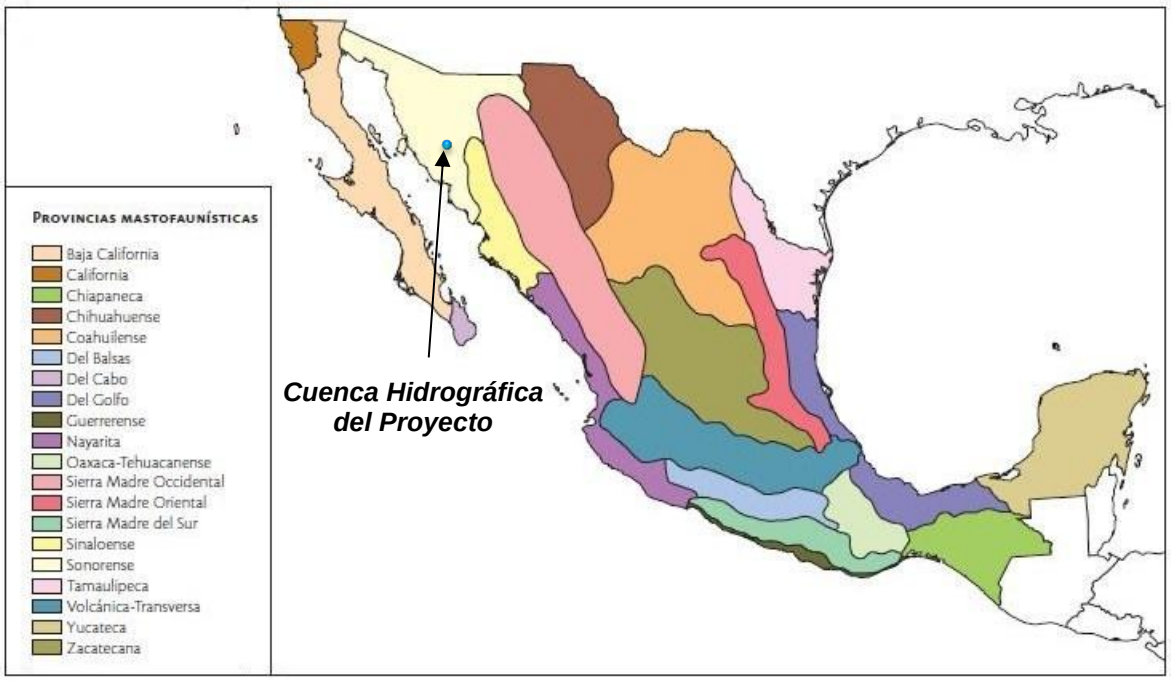


Figura III. 36.- Ubicación de la cuenca hidrográfica del proyecto en relación a las provincias mastofaunísticas del país[3].

A continuación, se presenta una lista de las especies de mamíferos que pueden habitar en el área de la cuenca hidrográfica del proyecto de acuerdo a Valdez-Zamudio (2024) y pueden presentarse 74 especies pertenecientes a 7 órdenes y 18 familias, de las cuales 9 especies están listadas en alguna categoría de protección por la SEMARNAT (6 como amenazadas, 1 bajo protección especial y 2 en peligro de extinción); también es importante mencionar que dos especies (*Leopardus pardalis* y *Panthera onca*) están incluidas en el Apéndice I y otra dos (*Lynx rufus* y *Puma concolor*) en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

[3] Fuente: *CONABIO. 2008. Capital Natural de México: Volumen 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 620 p.*

Tabla III. 119.- Mamíferos en el área de la cuenca de estudio según registros bibliográficos y entrevistas con habitantes de la región.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOM 059
ARTIODACTYLA	Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	A
		Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	-
	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Pecarí de collar	-
CARNIVORA	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	-
		Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	-
	Felidae	*Leopardus pardalis*	Ocelote	P
		Lynx rufus	Gato montés; lince americano	-
		Panthera onca	Jaguar	P
		Puma concolor	Puma	-
	Mustelidae	*Mephitis macroura*	Zorrillo; zorrillo encapuchado	-
		Spilogale gracilis	Zorrillo manchado	-
		Taxidea taxus	Tlalcoyote; tejón americano	A
	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Cacomixtle norteño	A
		Nasua narica	Tejón; coatí	A
		Procyon lotor	Mapache	-
		Procyon lotor mexicanus	Mapache	-
		Procyon lotor pallidus	Mapache	-
DIDELPHIMORPHIA	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	-
		Marmosa canescens	Tlacuache ratón gris	-
EULIPOTYPHLA	Soricidae	*Notiosorex crawfordi*	Musaraña desértica norteña	A
LAGOMORPHA	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre torda, L. antílope	Pr
		Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	-
		Sylvilagus floridanus	Conejo del este	-
QUIROPTERA	Molossidae	*Eumops underwoodi*	Murciélago con bonete de Underwood	-
		Nyctinomops femorosaccus	Murciélago cola libre con bolsa	-
		Nyctinomops macrotis	Murciélago cola libre mayor	-
		Tadarida brasiliensis	Murciélago cola libre brasileño	-
	Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago barba arrugada	-
		Pteronotus davyi	Murciélago espalda desnuda	-
		Pteronotus parnellii	Murciélago bigotudo de Parnell	-
		Pteronotus personatus	Murciélago bigotudo	-
	Natalidae	*Natalus stramineus*	Murciélago mexicano oreja de embudo	-
	Phyllostomidae	*Artibeus hirsutus*	Murciélago frugívoro peludo	-
		Choeronycteris mexicana	Murciélago trompudo mexicano	A
		Leptonycteris yerbabuenae	Murciélago magueyero menor	-
		Macrotus californicus	Murciélago orejón californiano	-
		Sturnira lilium	Murciélago de charreteras menor	-
	Vespertilionidade	*Antrozous pallidus*	Murciélago pálido	-

		Corynorhinus mexicanus	Murciélago orejón mexicano	-
		Corynorhinus townsendii	Murciélago orejón de Townsend	-
		Eptesicus serotinus	Murciélago hortelano	-
		Euderma maculatum	Murciélago pinto	-
		Idionycteris phyllotis	Murciélago mula de Allen	-
		Lasiurus cinereus	Murciélago gris o ceniciento	-
		Lasiurus xanthinus	Murciélago amarillo de La Laguna	-
		Myotis auriculus	Murciélago orejudo	-
		Myotis californicus	Myotis californiano	-
		Myotis fortidens	Myotis canelo	-
		Pipistrellus hesperus	Pipistrelo del Oeste Americano	-
		Rhogeessa parvula	Murciélago amarillo menor	-
RODENTIA	Geomidae	*Thomomys bottae*	Tuza norteña	-
	Heteromyidae	*Chaetodipus baileyi*	Rata de abazones sonorense	-
		Chaetodipus goldmani	Rata de abazones de Goldman	-
		Chaetodipus intermedius	Rata de abazones de roca	-
		Chaetodipus penicillatus pricei	Rata de abazones del desierto	-
		Dipodomys merriami merriami	Rata canguro de Merriam	-
		Liomys pictus	Ratón espinoso pintado	-
	Muridae	*Neotoma albigula albigula*	Rata magueyera	-
		Neotoma albigula melanura	Rata magueyera	-
		Neotoma albigula venusta	Rata magueyera	-
		Onychomys torridus	Ratón alacranero del sur	-
		Oryzomys couesi lambi	Rata arrocera de Coues	-
		Peromyscus eremicus sinaloensis	Ratón de cactus	-
		Peromyscus merriami	Rata de campo	-
		Reithrodontomys fulvescens	Ratón Cosechador aleonado	-
		Reithrodontomys megalotis	Ratón Cosechador común	-
		Sigmodon arizonae	Rata algodonera de Arizona	-
	Sciuridae	*Ammospermophilus harrisii*	Ardilla antílope de Sonora	-
		Spermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	-
		Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	-

**Especies listadas en la NOM bajo algún estatus de protección: A = amenazada; Pr = bajo protección especial; P = en peligro de extinción*

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Leopardus pardalis	Ocelote	*Felis pardalis*
Panthera onca (Felis onca)	Jaguar	*Felis onca*
Puma concolor	Puma	*Felis concolor*
Marmosa canescens	Tlacuache ratón gris	*Tlacuatzin canescens*
Notiosorex crawfordi	Musaraña desértica norteña	*Sorex crawfordi*
Lasiurus cinereus	Murciélago gris o ceniciento	*Aeorestes cinereus*

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Lasiurus xanthinus	Murciélago amarillo de La Laguna	*Dasypterus xanthinus*
Pipistrellus hesperus	Pipistrelo del Oeste Americano	*Parastrellus hesperus*
Spermophilus tereticaudus	Ardillón cola redonda	*Xerospermophilus tereticaudus*
Spermophilus variegatus	Ardillón de las rocas	*Otospermophilus variegatus*

Aves

México, como uno de los países más diversos, cuenta con aproximadamente el 10% de la población mundial de aves, lo que representa aproximadamente 1,070 especies (Molina y van Devender, 2010).

La avifauna conocida de Sonora incluye 556 especies, las cuales pertenecen a 73 familias y 20 órdenes. De acuerdo con su estatus estacional, 227 especies son residentes, 46 residentes de verano, 233 migratorias de larga distancia y 50 migratorias parciales. 28 especies están en riesgo a escala global de acuerdo a la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la IUCN, 290 están incluidas en el Acta de Conservación de Aves Migratorias Neotropicales de Estados Unidos y 66 en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (Villaseñor-Gómez y otros, 2010).

Con respecto a sus hábitos, 162 especies de aves de Sonora son acuáticas, 380 terrestres y catorce principalmente aéreas (golondrinas y vencejos). Entre las especies acuáticas, 78 son marinas (10 pelágicas, 63 costeras y 5 ocupan ocasionalmente el agua dulce del interior), 60 especies son esencialmente de agua dulce (16 habitan exclusivamente agua dulce del interior, 8 son de estero y 36 de estero y del interior) y 24 especies usan indistintamente tanto aguas de la costa como del interior.

De acuerdo a la publicación de Valdez-Zamudio (2024), en la cuenca hidrográfica del área de estudio pueden presentarse 27 especies de aves, tanto residentes como migratorias, incluidas en 15 órdenes y 31 familias, de las cuales 6 especies están listadas en alguna categoría de protección por la SEMARNAT (5 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción); también es importante mencionar que una especie (*Falco peregrinus*) está incluida en el Apéndice I y otras 9 en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). En la siguiente tabla se citan tales especies.

Tabla III. 120.- Especies de aves que pueden presentarse en el área de la cuenca de estudio.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOM-059
ACCIPITRIFORMES	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho rufo	Pr
		Buteo albicaudatus	Aguililla Cola blanca	-
		Buteo nitidus	Aguililla gris	-
		Buteo swainsoni	Aguililla de swainson	Pr
		Circus cyaneus	Gavilán rastrero	-

		Pandion haliaetus	Gavilán pescador	-
		Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	Pr
APODIFORMES	Trochilidae	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	-
		Cynanthus latirostris	Colibrí pico ancho	-
CAPRIMULGIFORMES	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	-
		Chordeiles minor	Chotacabras zumbón	-
		Phalaenoptilus nuttallii	Tapacamino tevíi	-
CATHARTIFORMES	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-
		Coragyps atratus	Zopilote común	-
COLUMBIFORMES	Columbidae	*Columba fasciata*	Paloma de collar	-
		Columba flavirostris	Paloma morada	-
		Columbina inca	Tórtola cola larga	-
		Columbina passerina	Tórtola coquita	-
		Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	-
		Zenaida asiatica	Paloma de alas blancas	-
		Zenaida macroura	Paloma huilota	-
CORACIIFORMES	Alcedinidae	*Ceryle alcyon*	Martín-pescador norteño	-
		Chloroceryle americana	Martín-pescador verde	-
CUCULIFORMES	Cuculidae	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	-
		Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	-
		Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	-
CHARADRIIFORMES	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	-
	Scolopacidae	*Actitis macularia*	Playero alzacolita	-
		Calidris minutilla	Playero chichicuilote	-
		Gallinago gallinago	Agachona común	-
FALCONIFORMES	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	-
		Falco columbarius	Halcón esmerejón	-
		Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr
		Falco sparverius	Cernícalo americano	-
GALLIFORMES	Phasianidae	*Callipepla douglasii*	Codorniz de Douglas	-
		Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	-
		Colinus virginianus	Codorniz común	-
PASSERIFORMES	Bombycillidae	*Bombycilla cedrorum*	Ampelis chinito	-
	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	-
		Corvus cryptoleucus	Cuervo llanero	-
	Emberizidae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	-
		Aimophila carpalis	Zacatonero ala rufa	-
		Aimophila cassinii	Zacatonero de cassin	-
		Ammodramus savannarum	Gorrión chapulín	-
		Amphispiza bilineata	Zacatonero garganta negra	-
		Amphispiza quinquestriata	Zacatonero cinco rayas	-

		Calamospiza melanocorys	Gorrión ala blanca	-
		Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo	-
		Cardinalis sinuatus	Cardenal pardo	-
		Chondestes grammacus	Gorrión arlequín	-
		Dendroica coronata	Chipe coronado	-
		Euphagus cyanocephalus	Tordo ojo amarillo	-
		Geothlypis trichas	Mascarita común	-
		Guiraca caerulea	Picogordo azul	-
		Icteria virens	Buscabreña	-
		Icterus bullockii	Bolsero calandria	-
		Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	-
		Icterus pustulatus	Bolsero dorso rayado	-
		Melospiza lincilnii	Gorrión de lincoln	-
		Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	-
		Molothrus ater	Tordo cabeza café	-
		Passerina amoena	Colorín lázuli	-
		Passerina versicolor	Colorín morado	-
		Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	-
		Pipilo chlorurus	Toquí cola verde	-
		Pipilo fuscus	Toquí pardo	-
		Piranga ludoviciana	Tángara capucha roja	-
		Piranga rubra	Tángara roja	-
		Pooecetes gramineus	Gorrión cola blanca	-
		Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	-
		Spizella atrogularis	Gorrión barba negra	-
		Spizella breweri	Gorrión de brewer	-
		Spizella pallida	Gorrión pálido	-
		Spizella passerina	Gorrión ceja blanca	-
		Sturnella neglecta	Pradero occidental	-
		Vermivora celata	Chipe corona naranja	-
		Vermivora luciae	Chipe rabadilla rufa	-
		Wilsonia pusilla	Chipe corona negra	-
		Zonotrichia leucophrys	Gorrión corona blanca	-
	Fringillidae	*Carduelis lawrencei*	Jilguero gris	-
		Carduelis pinus	Jilguero pinero	-
		Carduelis psaltria	Jilguero dominico	-
		Carpodacus mexicanus	Pinzón mexicano	-
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-
		Progne subis	Golondrina azulnegra	-
		Stelgidopteryx serripennis	Golondrina ala aserrada	-
		Tachycineta albilinea	Golondrina manglera	-
		Tachycineta bicolor	Golondrina bicolor	-

		Tachycineta thalassina	Golondrina verdemar	-
	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Alcaudón verdugo	-
	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle norteño	-
		Toxostoma bendirei	Cuitlacoche pico corto	-
		Toxostoma crissale	Cuitlacoche crisal	-
		Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche pico curvo	-
	Motacillidae	*Anthus rubescens*	Bisbita de agua	-
	Muscicapidae	*Catharus guttatus*	Zorzal cola rufa	-
		Polioptila caerulea	Perlita azulgris	-
		Polioptila melanura	Perlita del desierto	-
		Polioptila nigriceps	Perlita sinaloense	-
		Regulus calendula	Reyezuelo de rojo	P
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión casero	-
	Ptilogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	-
	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	-
	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	-
		Salpinctes obsoletus	Chivirín saltarroca	-
		Thryothorus sinaloa	Chivirín sinaloense	-
		Troglodytes aedon	Chivirín saltapared	-
	Tyrannidae	*Camptostoma imberbe*	Mosquero lampiño	-
		Empidonax difficilis	Mosquero californiano	-
		Empidonax oberholseri	Mosquero oscuro	-
		Empidonax wrightii	Mosquero gris	-
		Myiarchus cinerascens	Papamoscas cenizo	-
		Myiarchus nuttingi	Papamoscas de nutting	-
		Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano	-
		Myiodynastes luteiventris	Papamoscas atigrado	-
		Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	-
		Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	-
		Sayornis nigricans	Papamoscas negro	-
		Sayornis saya	Papamoscas llanero	-
		Tyrannus melancholicus	Tirano tropical	-
		Tyrannus verticalis	Tirano pálido	-
	Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo de bell	-
		Vireo gilvus	Vireo gorjeador	-
		Vireo vicinior	Vireo gris	-
PELECANIFORMES	Ardeidae	*Butorides virescens*	Garceta verde	-
		Egretta thula	Garceta pie-dorado	-
	Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	Espátula rosada	-
PICIFORMES	Picidae	*Colaptes auratus*	Carpintero de pechera	-
		Colaptes chrysoides	Carpintero collarejo desértico	-

		Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	-
		Picoides scalaris	Carpintero mexicano	-
PODICIPEDIFORMES	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	Pr
STRIGIFORMES	Strigidae	*Bubo virginianus*	Búho cornudo	-
		Glaucidium brasilianum	Tecolote bajeño	-
		Otus kennicottii	Tecolote occidental	-
	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de campanario	-

Sinonimia taxonómica

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	SINONIMO
Callipepla douglasii	Codorniz de Douglas	Lophortyx douglasii
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	Lophortyx gambelii
Zenaida macroura	Paloma huilota	Zenaidura macroura

Muestreo de fauna

En proyectos que implican la transformación de ecosistemas mediante cambio de uso de suelo, resulta fundamental evaluar y conservar la biodiversidad a escala local y regional, con el fin de mantener la continuidad de las especies silvestres de flora y fauna nativas, y asegurar el funcionamiento ecológico de los sistemas naturales a mediano y largo plazo.

En este contexto, se realizaron muestreos de fauna dentro del SAR con el objetivo de caracterizar la presencia de especies y evaluar que la ejecución del proyecto no comprometa la diversidad faunística en el área de influencia.

Es importante señalar que los registros de fauna se llevaron a cabo en las mismas estaciones de muestreo establecidas para la vegetación, lo que permitió asociar la presencia de especies animales con los distintos tipos de cobertura vegetal, facilitando la interpretación ecológica de la relación entre hábitat y distribución de la fauna presente en el área de estudio

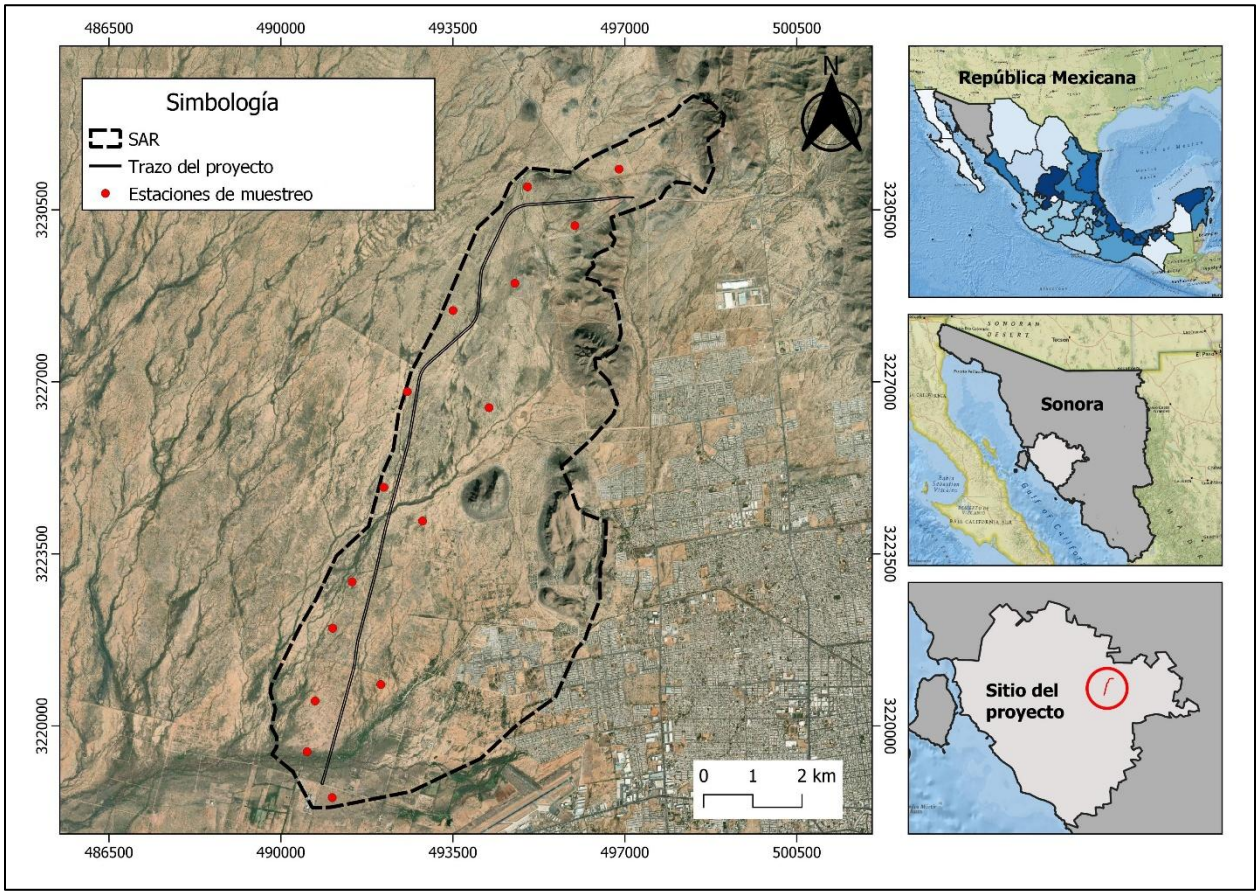


Figura III. 37.- Estaciones de muestreo de fauna en el SAR.

Monitoreo de Herpetofauna

La evaluación se desarrolló mediante métodos directos de observación y búsqueda activa, complementados con el registro de rastros, madrigueras, excretas, mudas de piel y otros indicios de presencia. Esta combinación permitió mejorar la detección de especies presentes en el área de estudio, particularmente en zonas donde los organismos presentan hábitos discretos o actividad restringida por las condiciones climáticas.

Para el muestreo se seleccionaron sitios representativos dentro del SAR, considerando diferencias en cobertura vegetal, tipo de suelo, presencia de cauces temporales, zonas pedregosas, áreas abiertas y otros ambientes con potencial de refugio o alimentación para la fauna silvestre. Con ello se buscó incluir los principales ambientes disponibles dentro del polígono evaluado.

Se establecieron tres transectos de búsqueda visual, cada uno con una longitud de 2 km y un ancho efectivo de observación de 5 m, cubriendo una superficie aproximada de 10,000 m² por transecto. Los recorridos se realizaron por dos personas, tanto en horario diurno como nocturno, ya que varias especies presentan mayor actividad durante diferentes periodos del día.

Durante cada recorrido se registraron todos los individuos observados o escuchados dentro del área de muestreo. Para cada registro se anotó la especie, número de individuos, fecha, horario, tipo de ambiente y ubicación geográfica. Cuando existió duda en la identificación, los ejemplares fueron revisados temporalmente en sitio y liberados de inmediato en el mismo lugar donde fueron encontrados, evitando afectaciones a la fauna.

La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes, así como reconocer su distribución dentro del área del proyecto y la relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles.

Resultados

Durante los muestreos realizados no se registró presencia de anfibios en los sitios evaluados. En el caso de los reptiles, se identificaron 12 especies, agrupadas en 6 familias y 12 géneros distintos.

Con respecto a su estatus de conservación, dos especies se encuentran clasificadas en la categoría Amenazada (A) y dos especies en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr), de conformidad con la NOM-059-SEMARNAT vigente. En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en sus apéndices de protección.

Tabla III. 121.- Especies de reptiles observadas el sistema ambiental regional y su estado de protección bajo las normas oficiales.

Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja	N	LC	A	N/A
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Sonora*	*Semiannulata*	Culebra chata occidental	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Eublepharidae	*Coleonyx*	*variegatus*	Gecko bandeado del desierto	N	LC	Pr	N/A
Reptilia	Squamata	Iguanidae	*Dipsosaurus*	*dorsalis*	Iguana de desierto	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera	N	LC	A	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma*	*solare*	Camaleón cornudo sonorense	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste	N	LC	S/C	N/A

Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Uta*	*stansburiana*	Lagartija de árbol del noroeste	E	A	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes	N	LC	Pr	N/A

Los resultados de los muestreos de reptiles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III. 122.- Abundancias de las especies de reptiles encontradas en los muestreos dentro del Sistema ambiental regional del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	8
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	18
Coleonyx variegatus	Gecko bandeado del desierto	2
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1
Dipsosaurus dorsalis	Iguana del desierto	7
Hoolbrokia maculata	Logartija sorda menor	9
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2
Phrynosoma solare	Camaleón cornudo sonorense	2
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	2
Sonora semiannulata	Culebra de cabeza negra	1
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	3
Uta stansburiana	Lagartija de collar común	2

A continuación, se muestran la caracterización ecológica de la Herpetofauna registrada en el SAR:

Tabla III. 123.- Caracterización ecológica de la Herpetofauna identificada en el SAR.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Masticophis	*flagellum*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB
Sonora	*Semiannulata*	R	R	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB
Coleonyx	*variegatus*	R	R	S	INS	MX, VSA	AR, AB, CR
Dipsosaurus	*dorsalis*	R	C	S	HER	MX, VSA	AR, AB, CR
Callisaurus	*draconoides*	R	A	S	OMN	MX, VSA	CR, SB
Holbrookia	*maculata*	R	C	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Phrynosoma	*solare*	R	PC	S	INS, INV	MX, VSA	HB, CR, SB
Sceloporus	*magister*	R	PC	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Urosaurus	*graciosus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AR, AB
Uta	*stansburiana*	R	R	S	INS	MX, VSA	AR, AB
Aspidoscelis	*tigris*	R	C	S	INS	MX, VSA	AR, AB, CR
Crotalus	*atrox*	R	R	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB

ESTACIONALIDAD. *Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T).* ***ABUNDANCIA.*** *Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su observación es un dato importante).* ***SOCIABILIDAD.*** *Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).* ***ALIMENTACIÓN.*** *Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas****). HÁBITAT.*** *Clasificación: Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS).* ***DISTRIBUCIÓN VERTICAL****. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB), Estrato Criptogámico (CR) y Estrato Subterráneo (SB).*

Metodología para el monitoreo de Mastofauna

La evaluación se desarrolló mediante recorridos de campo para búsqueda de evidencias de presencia.

- **Recorridos de campo:** En cada sitio de muestreo, se establecieron dos transectos de muestreo de 2 km de longitud cada uno. Durante los recorridos se revisó una franja de observación a ambos lados del trayecto, registrando huellas, excretas, madrigueras, restos óseos, sitios de descanso, marcas en vegetación y avistamientos directos. Los recorridos se realizaron en horarios de mayor actividad faunística, comprendiendo un periodo matutino de 06:00 a 10:00 horas y un periodo vespertino-nocturno de 18:00 a 22:00 horas. Cada evidencia encontrada fue registrada con fecha, horario, ubicación y tipo de registro.

Resultados

Durante el monitoreo se registró un total de 10 especies de mamíferos, distribuidas en 5 órdenes y 8 familias. En relación con su estatus de conservación, de las especies con presencia en el SAR el tlalcoyote (*Taxidea taxus*) se encuentra incluida en la categoría de Sujeta a Protección Especial (Pr) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, el lince americano (*Lynx rufus*) se encuentra incorporado en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, categoría aplicable a especies cuyo comercio internacional se encuentra regulado para prevenir impactos sobre sus poblaciones silvestres.

Tabla III. 124.- Listado taxonómico de las especies de mastofauna en el SAR.

Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Artiodactyla	*Cervidae*	*Odocoileus*	*virginianus*	Venado cola blanca	N	LC	SC	N/A

Carnivora	Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote	N	LC	SC	N/A
Carnivora	Felidae	*Lynx*	*rufus*	Gato montés	N	LC	SC	II
Carnivora	*Mephitidae*	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado	N	LC	SC	N/A
Carnivora	*Canidae*	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto	N	LC	SC	N/A
Rodentia	*Heteromydae*	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam	N	LC	SC	N/A
Rodentia	*Cricetidae*	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto	N	LC	SC	N/A
Taxidea	*Mustelidae*	*Taxidea*	*taxus*	Tlalcoyote	N	LC	A	N/A

La clasificación taxonómica está basada en lo descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial, A, amenazada y SC, sin clasificación. La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).
La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados de los muestreos de mamíferos se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla III. 125.- Densidades de las especies de mamíferos encontrados en el sistema ambiental regional.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA
Canis latrans	Coyote	11
Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	3
Lepus alleni	Liebre antílope	9
Lynx rufus	Gato montés	2
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	7
Peromyscus eremicus	Ratón ciervo del desierto	2
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	9

Taxidea taxus	Tlalcoyote	1
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	2

La caracterización ecológica de las especies de mamíferos identificados en el sistema ambiental regional se muestra en la siguiente tabla

Tabla III. 126.- Atributos ecológicos de las especies de mamíferos que habitan en el sistema ambiental regional del proyecto.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Odocoileus	*virginianus*	R	C	G	HER	MX, VSA	AB, HB
Canis	*latrans*	R	C	G	CAR	MX, VSA	AB, HB
Lynx	*rufus*	R	PC	S	CAR	MX	AB, HB
Mephitis	*macroura*	R	R	S	INS	MX, VSA	HB, SB
Urocyon	*cinereoargenteus*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	AB, HB
Lepus	*alleni*	R	C	S	HER	MX, VSA	HB
Sylvilagus	*audubonii*	R	C	G	HER	MX, VSA	HB
Dipodomys	*Merriami*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB
Peromyscus	*eremicus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB
Taxidea	*taxus*	R	R	S	CAR	MX	AB, SB

ESTACIONALIDAD. Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T). ABUNDANCIA. Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su observación es un dato importante). SOCIABILIDAD. Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos). ALIMENTACIÓN. Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas). HÁBITAT. Clasificación: Matorral desértico micrófilo (MM), Matorral sacrocaule (MS), Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS) y Vegetación riparia (VR). DISTRIBUCIÓN VERTICAL. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB), Estrato Criptogámico (CR) y Estrato Subterráneo (SB).

Método de muestreo de aves

Transectos de observación

Se establecieron dos transectos de 1.5 km de longitud cada uno, sumando 6 km lineales de recorrido por jornada de muestreo. En cada trayecto se consideró una franja de observación de 10 m a cada lado del eje central. Los recorridos se realizaron a velocidad lenta y constante,

registrando todas las aves observadas o escuchadas durante el desplazamiento, ya sea perchadas, en vuelo o asociadas a la vegetación presente.

Puntos de conteo

De forma complementaria, se establecieron cuatro puntos de conteo fijos, ubicados al inicio y final de cada transecto. Los puntos mantuvieron una separación mínima de 200 m entre sí para evitar duplicidad de registros. En cada estación se efectuó una observación de 10 minutos utilizando un radio fijo de 25 m, dentro del cual se registraron todos los individuos detectados de forma visual o auditiva, incluyendo cantos y llamados.

Los monitoreos se realizaron durante los periodos de mayor actividad de las aves, comprendiendo un horario matutino de 06:00 a 09:00 horas y un horario vespertino de 17:00 a 19:00 horas. Para el desarrollo del trabajo de campo se utilizaron binoculares Nikon MONARCH M7 10x42, distanciómetro Bushnell PRIME 1500 LASER, cámara réflex Nikon D5200 con lente AF-P DX Nikkor 70-300 mm y equipo GPS Garmin GPSMAP 65 para georreferenciar transectos, puntos de conteo y registros relevantes.

La identificación de especies se realizó mediante observación directa, reconocimiento de vocalizaciones y revisión posterior de evidencia fotográfica. Como apoyo se consultaron guías especializadas de aves de Norteamérica y la aplicación Merlin Bird ID para corroboración de cantos y llamados. La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes en el área del proyecto y reconocer su relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles dentro del área evaluada.

Resultados

Durante los muestreos realizados se identificó un total de 18 especies de aves, agrupadas en 9 familias y 14 géneros. En relación con su estatus de conservación, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo.

Conforme a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, dos especies se encuentran clasificadas en la categoría Casi Amenazada (NT): cenzontle norteño (*Mimus polyglottos*) y carpintero del desierto (*Melanerpes uropygialis*).

Por otra parte, tres especies registradas se encuentran incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres: aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), cernícalo americano (*Falco sparverius*) y colibrí de ana (*Calypte anna*).

Tabla III. 127.- Listado de especies de aves encontradas en el SAR.

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Distribución	NOM-059	IUCN Red List	CITES
Accipitridae	*Buteo*	*jamaicensis*	Aguililla cola roja	N	SC	LC	Apéndice II

Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño	N	SC	LC	N/A
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar	N	SC	LC	N/A
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño	N	SC	LC	N/A
Falconidae	*Falco*	*sparverius*	Cernícalo americano	N	SC	LC	Apéndice II
Falconidae	*Caracara*	*plancus*	Caracara	N	SC	LC	N/A
Icteridae	*Icterus*	*cucullatus*	Bolsero encapuchado	N	SC	LC	N/A
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño	N	SC	NT	N/A
Odontophoridae	*Callipepla*	*gambelii*	Codorniz de Gambel	N	SC	LC	N/A
Picidae	*Melanerpes*	*uropygialis*	Carpintero del desierto	N	SC	NT	N/A
Remizidae	*Auriparus*	*flaviceps*	Baloncillo	N	SC	LC	N/A
Trochilidae	*Calypte*	*anna*	Colibrí de Ana	N	SC	LC	Apéndice II
Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*brunneicapillus*	Matraca del desierto	N	SC	LC	N/A
Tyrannidae	*Pyrocephalus*	*rubinus*	Mosquero cardenal	N	SC	LC	N/A
Tyrannidae	*Sayornis*	*saya*	Papamoscas llanero	N	SC	LC	N/A

La taxonomía está basada en la AOU publicada en 2018 y anexos, descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial y A, amenazada (SC: Sin Clasificación). La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).

La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados del monitoreo de avifauna se presentan en la siguiente tabla

Tabla III. 128.- Especies aves encontradas en el sistema ambiental regional.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA

Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	6
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	2
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	7
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	1
Sayornis saya	Papamoscas llanero	4
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	25
Columbina passerina	Tortolita rojiza	14
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	13
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	3
Cathartes aura	Zopilote aura	9
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	2
Falco sparverius	Cernícalo americano	1
Caracara plancus	Caracara	3
Auriparus flaviceps	Baloncillo	3
Calypte anna	Colibrí de Ana	1
Streptopelia decaocto	Paloma de collar	11
Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	4
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	2

En la siguiente tabla se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de aves presentes en el SAR y su posible afectación por la modificación, perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla III. 129.- Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de aves en el SAR.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Buteo	*jamaicensis*	R, VI	PC	S	CAR	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, AB
Cardinalis	*cardinalis*	R	C	P	CAR	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB
Cathartes	*aura*	R, M	C	G	INS	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Zenaida	*asiatica*	R, M	A	G	OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AB
Columbina	*passerina*	R,	A	G	CRO	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB
Streptopelia	*decaocto*	R, M	C	G	CRO	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB
Geococcyx	*californianus*	R	PC	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Falco	*sparverius*	R, VI	R	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Caracara	*plancus*	R	PC	S	CRO, OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB, CR
Icterus	*cucullatus*	R, M	PC	P	INS, INV, CAR	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB

Mimus	*polyglottos*	R	C	P	CAR, INS, INV	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB, HB
Callipepla	*gambelii*	R	A	G	INS	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AB, AR
Melanerpes	*uropygialis*	R	PC	P	INS, INV	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB
Auriparus	*flaviceps*	R	PC	S	OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AB, HB
Calypte	*anna*	R	PC	S	OMN, NEC	MM, MS, MX, VS, VR	AB, HB
Campylorhynchus	*brunneicapillus*	R	PC	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, CR
Pyrocephalus	*rubinus*	R, VI	PC	S	OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB
Sayornis	*saya*	R	PC	S	INS	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB, HB

Análisis de diversidad

El Índice Diversidad de Especies se determina usando diversos algoritmos matemáticos entre los que figuran el de Simpson, de Shannon - Wiener, de Margalef, entre otros; los dos primeros índices de diversidad están basados en la densidad absoluta de las especies mientras que el índice de diversidad de Margalef para estimar la biodiversidad de una comunidad se basa en el número de especies presentes, así como en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Moreno, 2001). Para efecto del presente proyecto, se consideró el índice de Shannon - Wiener; este índice de diversidad, como ya se mencionó, está basado en la densidad absoluta de las especies y se determina con la siguiente expresión matemática:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \left(\ln \left(p_i\right)\right)$$

Donde:
pi = ni/N y N = ∑ni
ni = Abundancia proporcional de la especie i
N = Suma total de la abundancia de todas las especies

Los valores de H´ varían de 1 a 5, de acuerdo a las siguientes condiciones (Moreno, 2001):
5, refleja condiciones óptimas / diversidad muy alta.
4, refleja muy buen estado / diversidad alta.
3 a 4, refleja buen estado / diversidad media-alta.
2 a 3, refleja estado moderado / diversidad media.
1 a 2, refleja perturbación / diversidad baja.
0 a 1, refleja mal estado / diversidad muy baja.

Los índices de diversidad estimados para las especies de los diferentes grupos faunísticos muestreados dentro del SAR correspondiente al proyecto, se muestran en las siguientes tablas:

Reptiles

Tabla III. 130.- Valores del índice de diversidad de las especies de reptiles registrados en el SAR del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	8	0.1404	-1.9636	-0.2756
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	18	0.3158	-1.1527	-0.3640
Coleonyx variegatus	Gecko bandeado del desierto	2	0.0351	-3.3499	-0.1175
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1	0.0175	-4.0431	-0.0709
Dipsosaurus dorsalis	Iguana del desierto	7	0.1228	-2.0971	-0.2575
Hoolbrokia maculata	Logartija sorda menor	9	0.1579	-1.8458	-0.2914
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2	0.0351	-3.3499	-0.1175
Phrynosoma solare	Camaleón cornudo sonorense	2	0.0351	-3.3499	-0.1175
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	2	0.0351	-3.3499	-0.1175
Sonora semiannulata	Culebra de cabeza negra	1	0.0175	-4.0431	-0.0709
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	3	0.0526	-2.9444	-0.1550
Uta stansburiana	Lagartija de collar común	2	0.0351	-3.3499	-0.1175
TOTAL:		**57**			-2.0731
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					***2.0731***
Riqueza (S) =					***12***
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					**2.485**
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					**0.834**

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad (Moreno 2001).

El SAR presentó una riqueza de 12 especies de reptiles, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 2.0731, valor que indica una comunidad con diversidad intermedia y una distribución relativamente balanceada de los individuos entre las especies registradas.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.834, lo que refleja una estructura comunitaria con buena uniformidad en las abundancias, aunque con cierta predominancia de algunas especies. En este caso, la cachora arenera (*Callisaurus draconoides*) destacó como la especie con mayor representación relativa, aportando una proporción poblacional de pi = 0.3158, por lo que fue la especie que más contribuyó a la estructura de la comunidad de reptiles en el SAR.

Mamíferos

Tabla III. 131.- Valor del índice de diversidad de las especies de mamíferos registrados en el SAR.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Canis latrans	Coyote	11	0.2340	-1.4523	-0.3399
Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	3	0.0638	-2.7515	-0.1756
Lepus alleni	Liebre antílope	9	0.1915	-1.6529	-0.3165

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Lynx rufus	Gato montés	2	0.0426	-3.1570	-0.1343
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1	0.0213	-3.8501	-0.0819
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	7	0.1489	-1.9042	-0.2836
Peromyscus eremicus	Ratón ciervo del desierto	2	0.0426	-3.1570	-0.1343
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	9	0.1915	-1.6529	-0.3165
Taxidea taxus	Tlalcoyote	1	0.0213	-3.8501	-0.0819
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	2	0.0426	-3.1570	-0.1343
	TOTAL:	**47**			-1.9990
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.9990**
				Riqueza (S) =	**10**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**2.303**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.8680**

Para los mamíferos, se presentó una riqueza de 10 especies, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 1.9990, lo cual indica una comunidad con diversidad intermedia y una distribución relativamente balanceada de los individuos entre las especies registradas.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.868, lo que refleja una distribución homogénea de las abundancias entre las especies registradas y una baja dominancia marcada dentro de la comunidad. No obstante, la especie con mayor representación relativa fue el coyote (*Canis latrans*), al registrar un valor de pi = 0.2340, derivado de su mayor abundancia y proporcionalidad poblacional, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la mastofauna evaluada.

Aves

Tabla III. 132.- Valores de los índices de diversidad para las especies de aves identificadas en el SAR.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	6	0.0541	-2.9178	-0.1577
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	2	0.0180	-4.0164	-0.0724
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	7	0.0631	-2.7636	-0.1743
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	1	0.0090	-4.7095	-0.0424
Sayornis saya	Papamoscas llanero	4	0.0360	-3.3232	-0.1198
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	25	0.2252	-1.4907	-0.3357
Columbina passerina	Tortolita rojiza	14	0.1261	-2.0705	-0.2611
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	13	0.1171	-2.1446	-0.2512
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	3	0.0270	-3.6109	-0.0976
Cathartes aura	Zopilote aura	9	0.0811	-2.5123	-0.2037
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	2	0.0180	-4.0164	-0.0724
Falco sparverius	Cernícalo americano	1	0.0090	-4.7095	-0.0424
Caracara plancus	Caracara	3	0.0270	-3.6109	-0.0976

Auriparus flaviceps	Baloncillo	3	0.0270	-3.6109	-0.0976
Calypte anna	Colibrí de Ana	1	0.0090	-4.7095	-0.0424
Streptopelia decaocto	Paloma de collar	11	0.0991	-2.3116	-0.2291
Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	4	0.0360	-3.3232	-0.1198
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	2	0.0180	-4.0164	-0.0724
TOTAL:		**111**			-2.4895
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					2.4895
Riqueza (S) =					18
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					2.890
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					0.861

Para las aves, se estimó una riqueza de 18 especies, lo que la posicionó como el grupo faunístico con mayor número de taxa registrados. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de H = 2.4895, valor que indica una comunidad diversa y con adecuada representación de especies dentro del área evaluada.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.861, lo que refleja una distribución relativamente uniforme de las abundancias, aunque con ligera predominancia de algunas especies más comunes. En este sentido, la paloma ala blanca fue la especie mejor representada, al registrar un valor de pi = 0.2252, derivado de su mayor abundancia relativa, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la avifauna en el sistema ambiental regional.

Información taxonómica e imágenes de las especies faunísticas del SAR

A manera de un catálogo informativo complementario, en las tablas siguientes se incluyen los datos taxonómicos de las especies de fauna encontradas en el sistema ambiental regional, así como imágenes fotográficas de individuos representantes de esas especies

Tabla III. 133.- Datos taxonómicos e imágenes de los reptiles identificados en el SAR.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja
Colubridae	*Sonora*	*Semiannulata*	Culebra chata occidental
Eublepharidae	*Coleonyx*	*variegatus*	Gecko bandeado del desierto
Iguanidae	*Dipsosaurus*	*dorsalis*	Iguana de desierto
Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera
Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor
Phrynosomatidae	*Phrynosoma*	*solare*	Camaleón cornudo sonorense
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto
Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste
Phrynosomatidae	*Uta*	*stansburiana*	Lagartija de árbol del noroeste
Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental
Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes



Sonora semiannulata



Callisaurus draconoides



Dipsosaurus dorsalis



Urosaurus graciosus



Aspidoscelis tigris

Tabla III. 134.- Datos taxonómicos e imágenes de los mamíferos identificados en el SAR.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Cervidae	*Odocoileus*	*virginianus*	Venado cola blanca
Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote
Felidae	*Lynx*	*rufus*	Gato montés

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Mephitidae	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado
Canidae	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris
Leporidae	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope
Leporidae	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto
Heteromydae	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam
Cricetidae	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto
Mustelidae	*Taxidea*	*taxus*	Tlalcoyote



Canis latrans



Lepus alleni



Peromyscus eremicus



Mephitis macroura



Dipodomys merriami

Tabla III. 135.- Datos taxonómicos e imágenes de aves identificadas en el SAR.

Familia	Género	Especie	Nombre Común
Accipitridae	*Buteo*	*jamaicensis*	Aguililla cola roja
Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca
Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza
Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño
Falconidae	*Falco*	*sparverius*	Cernícalo americano
Falconidae	*Caracara*	*plancus*	Caracara
Icteridae	*Icterus*	*cucullatus*	Bolsero encapuchado
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño
Odontophoridae	*Callipepla*	*gambelii*	Codorniz de Gambel
Picidae	*Melanerpes*	*uropygialis*	Carpintero del desierto
Remizidae	*Auriparus*	*flaviceps*	Baloncillo
Trochilidae	*Calypte*	*anna*	Colibrí de Ana
Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*brunneicapillus*	Matraca del desierto
Tyrannidae	*Pyrocephalus*	*rubinus*	Mosquero cardenal
Tyrannidae	*Sayornis*	*saya*	Papamoscas llanero



Cardinalis cardinalis



Cathartes aura



Zenaida asiatica



Columbina passerina



Caracara plancus



Callipepla gambelii



Mimus polyglottos



Melanerpes uropygialis

III.2.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL AI

Monitoreo de Herpetofauna

Se establecieron cuatro transectos de búsqueda visual, cada uno con una longitud de 2 km y un ancho efectivo de observación de 5 m, cubriendo una superficie aproximada de 10,000 m² por transecto. Los recorridos se realizaron por dos personas, tanto en horario diurno como nocturno, ya que varias especies presentan mayor actividad durante diferentes periodos del día.

Durante cada recorrido se registraron todos los individuos observados o escuchados dentro del área de muestreo. Para cada registro se anotó la especie, número de individuos, fecha, horario, tipo de ambiente y ubicación geográfica. Cuando existió duda en la identificación, los ejemplares fueron revisados temporalmente en sitio y liberados de inmediato en el mismo lugar donde fueron encontrados, evitando afectaciones a la fauna.

La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes, así como reconocer su distribución dentro del área del proyecto y la relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles.

Resultados

Durante los muestreos realizados no se registró presencia de anfibios en los sitios evaluados. En el caso de los reptiles, se identificaron 9 especies, agrupadas en 1 orden y 5 familias distintos.

Con respecto a su estatus de conservación, dos especies se encuentran clasificadas en la categoría Amenazada (A) (*Masticophis flagellum* y *Callisaurus draconoides*) y dos especies en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr), de conformidad con la NOM-059-SEMARNAT vigente (*Coleonyx variegatus* y *Crotalus atrox*). En cuanto a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en sus apéndices de protección.

Tabla III. 136.- Especies de reptiles observadas en el área de influencia del proyecto y su estado de protección bajo las normas oficiales.

Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja	N	LC	A	N/A
Reptilia	Squamata	Eublepharidae	*Coleonyx*	*variegatus*	Gecko bandeado del desierto	N	LC	Pr	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera	N	LC	A	N/A

Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Uta*	*stansburiana*	Lagartija de árbol del noroeste	E	A	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes	N	LC	Pr	N/A

Los resultados de los muestreos de reptiles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III. 137.- Densidades de las especies de reptiles encontradas en los muestreos dentro del área de influencia del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	4
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	7
Coleonyx variegatus	Gecko bandeado del desierto	1
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	2
Hoolbrokia maculata	Logartija sorda menor	8
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	4
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	1
Uta stansburiana	Lagartija de collar común	7

A continuación, se muestran la caracterización ecológica de la Herpetofauna registrada en el AI:

Tabla III. 138.- Caracterización ecológica de la Herpetofauna identificada en el AI.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Masticophis	*flagellum*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB
Coleonyx	*variegatus*	R	R	S	INS	MX, VSA	AR, AB, CR
Callisaurus	*draconoides*	R	A	S	OMN	MX, VSA	CR, SB
Holbrookia	*maculata*	R	C	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Sceloporus	*magister*	R	PC	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Urosaurus	*graciosus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AR, AB
Uta	*stansburiana*	R	R	S	INS	MX, VSA	AR, AB
Aspidoscelis	*tigris*	R	C	S	INS	MX, VSA	AR, AB, CR
Crotalus	*atrox*	R	R	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB

ESTACIONALIDAD. *Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T).* ***ABUNDANCIA.*** *Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su*

observación es un dato importante). ***SOCIABILIDAD.*** *Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).* ***ALIMENTACIÓN.*** *Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas****). HÁBITAT.*** *Clasificación: Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS).* ***DISTRIBUCIÓN VERTICAL****. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB) y Estrato Subterráneo (SB).*

Metodología para el monitoreo de Mastofauna

La evaluación se desarrolló mediante recorridos de campo para búsqueda de evidencias de presencia.

- **Recorridos de campo:** En cada sitio de muestreo, se establecieron dos transectos de muestreo de 2 km de longitud cada uno. Durante los recorridos se revisó una franja de observación a ambos lados del trayecto, registrando huellas, excretas, madrigueras, restos óseos, sitios de descanso, marcas en vegetación y avistamientos directos. Los recorridos se realizaron en horarios de mayor actividad faunística, comprendiendo un periodo matutino de 06:00 a 10:00 horas y un periodo vespertino-nocturno de 18:00 a 22:00 horas. Cada evidencia encontrada fue registrada con fecha, horario, ubicación y tipo de registro.

Resultados

Durante el monitoreo se registró un total de 7 especies de mamíferos, distribuidas en 3 órdenes y 5 familias. En cuanto a su estatus de conservación, de acuerdo con la SEMARNAT y la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo. Asimismo, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, instrumento internacional que regula el comercio de especies de flora y fauna silvestres con el propósito de prevenir afectaciones a sus poblaciones naturales.
Tabla III. 139 Especies del grupo de mastofauna dentro de alguna categoría de conservación en el AI.

Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Carnivora	Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote	N	LC	SC	N/A
Carnivora	*Mephitidae*	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado	N	LC	SC	N/A
Carnivora	*Canidae*	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto	N	LC	SC	N/A

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Rodentia	*Heteromydae*	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam	N	LC	SC	N/A
Rodentia	*Cricetidae*	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto	N	LC	SC	N/A

La clasificación taxonómica está basada en lo descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial, A, amenazada y SC, sin clasificación. La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).
La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados de los muestreos de mamíferos se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla III. 140.- Densidades de las especies de mamíferos encontrados en el área de influencia.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA
Canis latrans	Coyote	4
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	1
Lepus alleni	Liebre antílope	9
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	8
Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	1
Peromyscus eremicus	Ratón ciervo del desierto	1
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1

La caracterización ecológica de las especies de mamíferos identificados en el área de influencia se muestra en la siguiente tabla

Tabla III. 141 Atributos ecológicos de las especies de mamíferos que habitan en el área de influencia del proyecto.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Canis	*latrans*	R	C	G	CAR	MX, VSA	AB, HB
Mephitis	*macroura*	R	R	S	INS	MX, VSA	HB, SB
Urocyon	*cinereoargenteus*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	AB, HB
Lepus	*alleni*	R	C	S	HER	MX, VSA	HB

Sylvilagus	*audubonii*	R	C	G	HER	MX, VSA	HB
Dipodomys	*Merriami*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB
Peromyscus	*eremicus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB

ESTACIONALIDAD. Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T). ABUNDANCIA. Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su observación es un dato importante). SOCIABILIDAD. Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos). ALIMENTACIÓN. Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas). HÁBITAT. Clasificación: Matorral desértico micrófilo (MM), Matorral sacrocaule (MS), Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS) y Vegetación riparia (VR). DISTRIBUCIÓN VERTICAL. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB), Estrato Criptogámico (CR) y Estrato Subterráneo (SB).

Método de muestreo de aves

Transectos de observación

Se establecieron dos transectos de 1.5 km de longitud cada uno, sumando 6 km lineales de recorrido por jornada de muestreo. En cada trayecto se consideró una franja de observación de 10 m a cada lado del eje central. Los recorridos se realizaron a velocidad lenta y constante, registrando todas las aves observadas o escuchadas durante el desplazamiento, ya sea perchadas, en vuelo o asociadas a la vegetación presente.

Puntos de conteo

De forma complementaria, se establecieron cuatro puntos de conteo fijos, ubicados al inicio y final de cada transecto. Los puntos mantuvieron una separación mínima de 200 m entre sí para evitar duplicidad de registros. En cada estación se efectuó una observación de 10 minutos utilizando un radio fijo de 25 m, dentro del cual se registraron todos los individuos detectados de forma visual o auditiva, incluyendo cantos y llamados.

Los monitoreos se realizaron durante los periodos de mayor actividad de las aves, comprendiendo un horario matutino de 06:00 a 09:00 horas y un horario vespertino de 17:00 a 19:00 horas. Para el desarrollo del trabajo de campo se utilizaron binoculares Nikon MONARCH M7 10x42, distanciómetro Bushnell PRIME 1500 LASER, cámara réflex Nikon D5200 con lente AF-P DX Nikkor 70-300 mm y equipo GPS Garmin GPSMAP 65 para georreferenciar transectos, puntos de conteo y registros relevantes.

La identificación de especies se realizó mediante observación directa, reconocimiento de vocalizaciones y revisión posterior de evidencia fotográfica. Como apoyo se consultaron guías

especializadas de aves de Norteamérica y la aplicación Merlin Bird ID para corroboración de cantos y llamados. La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes en el área del proyecto y reconocer su relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles dentro del área evaluada.

Resultados

Durante los muestreos realizados se identificó un total de 10 especies de aves, agrupadas en 8 familias y 10 géneros. En cuanto a su estatus de conservación, de acuerdo con la SEMARNAT y la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo. Asimismo, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, instrumento internacional que regula el comercio de especies de flora y fauna silvestres con el propósito de prevenir afectaciones a sus poblaciones naturales.

Tabla III. 142.- Listado de especies de aves encontradas en el AI.

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Distribución	NOM-059	IUCN Red List	CITES
Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño	N	SC	LC	N/A
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar	N	SC	LC	N/A
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño	N	SC	LC	N/A
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño	N	SC	NT	N/A
Odontophoridae	*Callipepla*	*gambelii*	Codorniz de Gambel	N	SC	LC	N/A
Picidae	*Melanerpes*	*uropygialis*	Carpintero del desierto	N	SC	NT	N/A
Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*brunneicapillus*	Matraca del desierto	N	SC	LC	N/A

La taxonomía está basada en la AOU publicada en 2018 y anexos, descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial y A, amenazada (SC: Sin Clasificación). La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).

La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies

amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados del monitoreo de avifauna se presentan en la siguiente tabla

Tabla III. 143.- Especies aves encontradas en el AI.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	7
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	1
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	4
Cathartes aura	Zopilote aura	5
Columbina passerina	Tortolita rojiza	3
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	1
Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	2
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	3
Streptopelia decaocto	Paloma de collar	6
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	16

En la siguiente tabla se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de aves presentes en el área de influencia del proyecto y su posible afectación por la modificación, perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla III. 144.- Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de aves en el AI.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Cardinalis	*cardinalis*	R	C	P	CAR	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB
Cathartes	*aura*	R, M	C	G	INS	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Zenaida	*asiatica*	R, M	A	G	OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AB
Columbina	*passerina*	R,	A	G	CRO	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB
Streptopelia	*decaocto*	R, M	C	G	CRO	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB
Geococcyx	*californianus*	R	PC	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Mimus	*polyglottos*	R	C	P	CAR, INS, INV	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB, HB
Callipepla	*gambelii*	R	A	G	INS	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AB, AR

Melanerpes	*uropygialis*	R	PC	P	INS, INV	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB
Campylorhynchus	*brunneicapillus*	R	PC	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, CR

Análisis de diversidad

El Índice Diversidad de Especies se determina usando diversos algoritmos matemáticos entre los que figuran el de Simpson, de Shannon - Wiener, de Margalef, entre otros; los dos primeros índices de diversidad están basados en la densidad absoluta de las especies mientras que el índice de diversidad de Margalef para estimar la biodiversidad de una comunidad se basa en el número de especies presentes, así como en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Moreno, 2001). Para efecto del presente proyecto, se consideró el índice de Shannon - Wiener; este índice de diversidad, como ya se mencionó, está basado en la densidad absoluta de las especies y se determina con la siguiente expresión matemática:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \left(\ln \left(p_i\right)\right)$$

Donde:

$pi = n_i/N$ y $N = \sum n_i$
n_i = Abundancia proporcional de la especie *i*
N = Suma total de la abundancia de todas las especies

Los valores de H´ varían de 1 a 5, de acuerdo a las siguientes condiciones (Moreno, 2001):

5, refleja condiciones óptimas / diversidad muy alta.
4, refleja muy buen estado / diversidad alta.
3 a 4, refleja buen estado / diversidad media-alta.
2 a 3, refleja estado moderado / diversidad media.
1 a 2, refleja perturbación / diversidad baja.
0 a 1, refleja mal estado / diversidad muy baja.

Los índices de diversidad estimados para las especies de los diferentes grupos faunísticos muestreados dentro del AI correspondiente al proyecto, se muestran en las siguientes tablas:

Reptiles

Tabla III. 145.- Valores del índice de diversidad de las especies de reptiles registrados el AI del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	4	0.1111	-2.1972	-0.2441
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	7	0.1944	-1.6376	-0.3184
Coleonyx variegatus	Gecko bandeado del desierto	1	0.0278	-3.5835	-0.0995
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	2	0.0556	-2.8904	-0.1606
Hoolbrokia maculata	Logartija sorda menor	8	0.2222	-1.5041	-0.3342
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2	0.0556	-2.8904	-0.1606
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	4	0.1111	-2.1972	-0.2441
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	1	0.0278	-3.5835	-0.0995
Uta stansburiana	Lagartija de collar común	7	0.1944	-1.6376	-0.3184
	TOTAL:	**36**			-1.9796
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***1.9796***
				Riqueza (S) =	***9***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**2.197**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.901**

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad (Moreno 2001).

El AI presentó una riqueza de 9 especies de reptiles, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 1.9796, valor que indica una comunidad con diversidad intermedia y una distribución relativamente balanceada de los individuos entre las especies registradas.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.901, lo que refleja una estructura comunitaria con buena uniformidad en las abundancias, aunque con cierta predominancia de algunas especies. En este caso, la lagartija sorda menor (*Hoolbrokia maculata*) destacó como la especie con mayor representación relativa, aportando una proporción poblacional de pi = 0.2222, por lo que fue la especie que más contribuyó a la estructura de la comunidad de reptiles en el área de influencia.

Mamíferos

Tabla III. 146.- Valor del índice de diversidad de las especies de mamíferos registrados en el AI.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Canis latrans	Coyote	4	0.1600	-1.8326	-0.2932
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	1	0.0400	-3.2189	-0.1288
Lepus alleni	Liebre antílope	9	0.3600	-1.0217	-0.3678
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	8	0.3200	-1.1394	-0.3646
Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	1	0.0400	-3.2189	-0.1288
Peromyscus eremicus	Ratón ciervo del desierto	1	0.0400	-3.2189	-0.1288
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1	0.0400	-3.2189	-0.1288
	TOTAL:	**25**			-1.5406
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.5406**

Riqueza (S) =	**7**
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.946**
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.792**

Para los mamíferos, se presentó una riqueza de 7 especies, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 1.5406, valor que indica una comunidad con diversidad relativamente baja y una composición poco estructurada.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.792, lo que refleja una distribución poco homogénea de las abundancias entre las especies registradas y una baja dominancia marcada dentro de la comunidad. Así, la especie con mayor representación relativa fue la liebre antilope (*Lepus alleni*), al registrar un valor de pi = 0.3600, derivado de su mayor abundancia y proporcionalidad poblacional, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la mastofauna evaluada.

Aves

Tabla III. 147.- Valores de los índices de diversidad para las especies de aves identificadas en el AI.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Callipepla gambelii	Codorniz de Gambel	7	0.1458	-1.9253	-0.2808
Campylorhynchus brunneicapillus	Matraca del desierto	1	0.0208	-3.8712	-0.0807
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	4	0.0833	-2.4849	-0.2071
Cathartes aura	Zopilote aura	5	0.1042	-2.2618	-0.2356
Columbina passerina	Tortolita rojiza	3	0.0625	-2.7726	-0.1733
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	1	0.0208	-3.8712	-0.0807
Melanerpes uropygialis	Carpintero del desierto	2	0.0417	-3.1781	-0.1324
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	3	0.0625	-2.7726	-0.1733
Streptopelia decaocto	Paloma de collar	6	0.1250	-2.0794	-0.2599
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	16	0.3333	-1.0986	-0.3662
TOTAL:		**48**			-1.9899
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =					1.9899
Riqueza (S) =					10
Diversidad máxima (Hmax) = LnS =					2.303
Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax					0.864

Para las aves, se estimó una riqueza de 10 especies, lo que la posicionó como el grupo faunístico con mayor número de taxa registrados. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de H = 1.9899, lo que indica una comunidad con diversidad intermedia y representación de varias especies dentro del sitio de estudio.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.864, lo que refleja una distribución relativamente uniforme de las abundancias, aunque con ligera predominancia de algunas especies más comunes. En este sentido, la paloma ala blanca fue la especie mejor representada, al registrar

un valor de pi = 0.3333, derivado de su mayor abundancia relativa, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la avifauna en el área de influencia del proyecto.

Información taxonómica e imágenes de las especies faunísticas del área de influencia

A manera de un catálogo informativo complementario, en las tablas siguientes se incluyen los datos taxonómicos de las especies de fauna encontradas en el área del proyecto, así como imágenes fotográficas de individuos representantes de esas especies.

Tabla III. 148.- Datos taxonómicos e imágenes de los reptiles encontrados en el área de influencia.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja
Eublepharidae	*Coleonyx*	*variegatus*	Gecko bandeado del desierto
Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera
Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto
Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste
Phrynosomatidae	*Uta*	*stansburiana*	Lagartija de árbol del noroeste
Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental
Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes
Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja
Eublepharidae	*Coleonyx*	*variegatus*	Gecko bandeado del desierto
Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera
Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto



Aspidoscelis tigris



Sceloporus magister



Callisaurus draconoides



Holbrookia maculata

Tabla III. 149.- Datos taxonómicos e imágenes de los mamíferos encontrados en el área de influencia.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote
Mephitidae	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado
Canidae	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris
Leporidae	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope
Leporidae	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto
Heteromydae	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam
Cricetidae	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto



Canis latrans



Lepus alleni



Sylvilagus audobonii

Tabla III. 150.- Datos taxonómicos e imágenes de las aves encontrados en el área de influencia.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca
Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza
Columbidae	*Streptopelia*	*decaocto*	Paloma de collar
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño
Odontophoridae	*Callipepla*	*gambelii*	Codorniz de Gambel
Picidae	*Melanerpes*	*uropygialis*	Carpintero del desierto
Troglodytidae	*Campylorhynchus*	*brunneicapillus*	Matraca del desierto



Cardinalis cardinalis



Geococcyx californianus



Melanerpes uropygialis



Campylorhynchus brunneicapillus

III.2.3.3. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE DEL AP

Monitoreo de Herpetofauna

La evaluación se desarrolló mediante métodos directos de observación y búsqueda activa, complementados con el registro de rastros, madrigueras, excretas, mudas de piel y otros indicios de presencia. Esta combinación permitió mejorar la detección de especies presentes en el área de estudio, particularmente en zonas donde los organismos presentan hábitos discretos o actividad restringida por las condiciones climáticas.

Para el muestreo se seleccionaron sitios representativos dentro del área del proyecto, considerando diferencias en cobertura vegetal, tipo de suelo, presencia de cauces temporales, zonas pedregosas, áreas abiertas y otros ambientes con potencial de refugio o alimentación para la fauna silvestre. Con ello se buscó incluir los principales ambientes disponibles dentro del polígono evaluado.

Se establecieron tres transectos de búsqueda visual, cada uno con una longitud de 2 km y un ancho efectivo de observación de 5 m, cubriendo una superficie aproximada de 10,000 m² por transecto. Los recorridos se realizaron por dos personas, tanto en horario diurno como nocturno, ya que varias especies presentan mayor actividad durante diferentes periodos del día.

Durante cada recorrido se registraron todos los individuos observados o escuchados dentro del área de muestreo. Para cada registro se anotó la especie, número de individuos, fecha, horario, tipo de ambiente y ubicación geográfica. Cuando existió duda en la identificación, los ejemplares fueron revisados temporalmente en sitio y liberados de inmediato en el mismo lugar donde fueron encontrados, evitando afectaciones a la fauna.

La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes, así como reconocer su distribución dentro del área del proyecto y la relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles.

Resultados

Durante los muestreos realizados no se registró presencia de anfibios en los sitios evaluados. En el caso de los reptiles, se identificaron 7 especies, agrupadas en 4 familias y 7 géneros distintos.

En cuanto a su estatus de conservación, de acuerdo con la SEMARNAT y la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo. Asimismo, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, instrumento internacional que regula el comercio de especies de flora y fauna silvestres con el propósito de prevenir afectaciones a sus poblaciones naturales

Tabla III. 151.- Especies de reptiles observadas el área del proyecto y su estado de protección bajo las normas oficiales.

Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Reptilia	Squamata	Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja	N	LC	A	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera	N	LC	A	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental	N	LC	S/C	N/A
Reptilia	Squamata	Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes	N	LC	Pr	N/A

Los resultados de los muestreos de reptiles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III. 152.- Densidades de las especies de reptiles encontradas en los muestreos dentro del área del proyecto.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	5
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	13
Holbrookia maculata	Lagartija sorda menor	6
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	1
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	3
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1

A continuación, se muestran la caracterización ecológica de la Herpetofauna registrada en el área del proyecto:

Tabla III. 153.- Caracterización ecológica de la Herpetofauna identificada en el AP.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Masticophis	*flagellum*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB
Callisaurus	*draconoides*	R	A	S	OMN	MX, VSA	CR, SB
Holbrookia	*maculata*	R	C	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Sceloporus	*magister*	R	PC	S	INS, INV	MX, VSA	AR, AB
Urosaurus	*graciosus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AR, AB
Aspidoscelis	*tigris*	R	C	S	INS	MX, VSA	AR, AB, CR
Crotalus	*atrox*	R	R	S	CAR	MX, VSA	HB, CR, SB

ESTACIONALIDAD. *Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T).* ***ABUNDANCIA.*** *Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su observación es un dato importante).* ***SOCIABILIDAD.*** *Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos).* ***ALIMENTACIÓN.*** *Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas****). HÁBITAT.*** *Clasificación: Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS).* ***DISTRIBUCIÓN VERTICAL****. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB), Estrato Criptogámico (CR) y Estrato Subterráneo (SB).*

Metodología para el monitoreo de Mastofauna

La evaluación se desarrolló mediante recorridos de campo para búsqueda de evidencias de presencia.

- **Recorridos de campo:** En cada sitio de muestreo, se establecieron dos transectos de muestreo de 2 km de longitud cada uno. Durante los recorridos se revisó una franja de observación a ambos lados del trayecto, registrando huellas, excretas, madrigueras, restos óseos, sitios de descanso, marcas en vegetación y avistamientos directos. Los recorridos se realizaron en horarios de mayor actividad faunística, comprendiendo un periodo matutino de 06:00 a 10:00 horas y un periodo vespertino-nocturno de 18:00 a 22:00 horas. Cada evidencia encontrada fue registrada con fecha, horario, ubicación y tipo de registro.

Resultados

Durante el monitoreo se registró un total de 7 especies de mamíferos, distribuidas en 3 órdenes y 5 familias. En relación a su estatus de conservación, de acuerdo con la SEMARNAT y la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo. Asimismo, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, instrumento internacional que regula el comercio de especies de flora y fauna silvestres con el propósito de prevenir afectaciones a sus poblaciones naturales

Tabla III. 154.- Listado taxonomico de especies de mamiferos en el AP.

Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Distribución	IUCN	NOM-059	Apéndice CITES
Carnivora	Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote	N	LC	SC	N/A
Carnivora	*Mephitidae*	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado	N	LC	SC	N/A
Carnivora	*Canidae*	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope	N	LC	SC	N/A
Logomorpha	*Leporidae*	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto	N	LC	SC	N/A
Rodentia	*Heteromydae*	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam	N	LC	SC	N/A
Rodentia	*Cricetidae*	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto	N	LC	SC	N/A

La clasificación taxonómica está basada en lo descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial, A, amenazada y SC, sin clasificación. La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).
La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados de los muestreos de mamíferos se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla III.- Densidades de las especies de mamíferos encontrados en el área del proyecto.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA
Canis latrans	Coyote	3

Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	2
Lepus alleni	Liebre antílope	7
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1
Peromyscus eremicus	Ratón de cactus	1
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	6
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	1

La caracterización ecológica de las especies de mamíferos identificados en el área del proyecto se muestra en la siguiente tabla

Tabla III. 155 Atributos ecológicos de las especies de mamíferos que habitan en el sistema área del proyecto.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Canis	*latrans*	R	C	G	CAR	MX, VSA	AB, HB
Mephitis	*macroura*	R	R	S	INS	MX, VSA	HB, SB
Urocyon	*cinereoargenteus*	R	PC	S	CAR	MX, VSA	AB, HB
Lepus	*alleni*	R	C	S	HER	MX, VSA	HB
Sylvilagus	*audubonii*	R	C	G	HER	MX, VSA	HB
Dipodomys	*Merriami*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB
Peromyscus	*eremicus*	R	PC	S	INS	MX, VSA	AB, HB, CR, SB

ESTACIONALIDAD. Categorías: Residentes (R), Visitantes Invernales (VI), Visitantes de Verano (VV), Migratorias (M) y Transitorias (T). ABUNDANCIA. Categorías: (A) Abundante (fácilmente detectable en grandes números), (C) Común (observada en números bajos y en grupos pequeños), (PC) Poco Común (se observan pocos individuos), (R) Rara (observada en números muy bajos) y (O) Ocasional (su observación es un dato importante). SOCIABILIDAD. Categorías: (S) Solitario (se observa un solo individuo). (P) Pareja (se desplaza en pareja sea época reproductiva o no). (G) Gregaria (conformación de grupos de tres o más individuos). ALIMENTACIÓN. Categorías: (HER) Herbívoro, (CAR) Carnívoro, (CRO) Carroñero, (FRG) Frugívoro (consumen principalmente frutos), (GRA) Granívoro, (INS) Insectívoro, (NEC) Nectarívoro, (INV) invertebrado (invertebrados forman la base de su alimentación) y (OMN) Omnívoro (consumen semillas, insectos, vertebrados, frutos, hojas). HÁBITAT. Clasificación: Matorral desértico micrófilo (MM), Matorral sacrocaule (MS), Mezquital xerófilo (MX), Vegetación secundaria arbustiva (VS) y Vegetación riparia (VR). DISTRIBUCIÓN VERTICAL. Categorías: Estrato Aéreo (AE), Estrato Arbóreo (AR), Estrato Arbustivo (AB), Estrato Herbáceo (HB), Estrato Criptogámico (CR) y Estrato Subterráneo (SB).

Método de muestreo de aves

Transectos de observación

Se establecieron dos transectos de 1.5 km de longitud cada uno, sumando 6 km lineales de recorrido por jornada de muestreo. En cada trayecto se consideró una franja de observación de 10 m a cada lado del eje central. Los recorridos se realizaron a velocidad lenta y constante,

registrando todas las aves observadas o escuchadas durante el desplazamiento, ya sea perchadas, en vuelo o asociadas a la vegetación presente.

Puntos de conteo

De forma complementaria, se establecieron cuatro puntos de conteo fijos, ubicados al inicio y final de cada transecto. Los puntos mantuvieron una separación mínima de 200 m entre sí para evitar duplicidad de registros. En cada estación se efectuó una observación de 10 minutos utilizando un radio fijo de 25 m, dentro del cual se registraron todos los individuos detectados de forma visual o auditiva, incluyendo cantos y llamados.

Los monitoreos se realizaron durante los periodos de mayor actividad de las aves, comprendiendo un horario matutino de 06:00 a 09:00 horas y un horario vespertino de 17:00 a 19:00 horas. Para el desarrollo del trabajo de campo se utilizaron binoculares Nikon MONARCH M7 10x42, distanciómetro Bushnell PRIME 1500 LASER, cámara réflex Nikon D5200 con lente AF-P DX Nikkor 70-300 mm y equipo GPS Garmin GPSMAP 65 para georreferenciar transectos, puntos de conteo y registros relevantes.

La identificación de especies se realizó mediante observación directa, reconocimiento de vocalizaciones y revisión posterior de evidencia fotográfica. Como apoyo se consultaron guías especializadas de aves de Norteamérica y la aplicación Merlin Bird ID para corroboración de cantos y llamados. La información obtenida permitió integrar el listado de especies presentes en el área del proyecto y reconocer su relación con los distintos tipos de vegetación y ambientes disponibles dentro del área evaluada.

Resultados

Durante los muestreos realizados se identificó un total de 7 especies de aves, agrupadas en 6 familias y 7 géneros.

En cuanto a su estatus de conservación, de acuerdo con la SEMARNAT y la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies identificadas se encuentra incluida en alguna categoría de riesgo. Asimismo, ninguna de las especies registradas se encuentra incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, instrumento internacional que regula el comercio de especies de flora y fauna silvestres con el propósito de prevenir afectaciones a sus poblaciones naturales

Tabla III. 156.- Listado de especies de aves encontradas en el área del proyecto.

Familia	Género	Especie	Nombre Común	Distribución	NOM-059	IUCN Red List	CITES
Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño	N	SC	LC	N/A
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura	N	SC	LC	N/A
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca	N	SC	LC	N/A

Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza	N	SC	LC	N/A
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño	N	SC	LC	N/A
Falconidae	*Caracara*	*plancus*	Caracara	N	SC	LC	N/A
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño	N	SC	NT	N/A

La taxonomía está basada en la AOU publicada en 2018 y anexos, descrito por la CONABIO (2019). Los estatus de protección son indicados para la Norma Oficial Mexicana (NOM-059; SEMARNAT, 2010) como: Pr, sujeta a protección especial y A, amenazada (SC: Sin Clasificación). La Lista Roja de UICN - IUCN Red List of Threatened Species (2022), incluye las siguientes categorías: Datos Insuficientes (DD), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), En Peligro Crítico (CR), Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Los códigos para la categoría de Distribución son: E, endémico de México, SE, semiendémico de México y N nativo de México, EX, exótico, IN, invasora (CONABIO, 2023).

La CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio (N/A: No Aplica).

Los resultados del monitoreo de avifauna se presentan en la siguiente tabla

Tabla III. 157.- Especies aves encontradas en el área del proyecto.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	2
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	6
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	20
Columbina passerina	Tortolita rojiza	11
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	3
Cathartes aura	Zopilote aura	4
Caracara plancus	Caracara	1

En la siguiente tabla se dan a conocer otros criterios importantes que caracterizan a las poblaciones de aves presentes en el área del proyecto y su posible afectación por la modificación, perturbación o eliminación de su hábitat.

Tabla III. 158.- Rasgos ecológicos de las poblaciones de las especies de aves en el área del proyecto.

Genero	Especie	Estacionalidad	Abundancia	Sociabilidad	Alimentación	Hábitat	Distribución Vertical
Cardinalis	*cardinalis*	R	C	P	CAR	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB
Cathartes	*aura*	R, M	C	G	INS	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Zenaida	*asiatica*	R, M	A	G	OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AB
Columbina	*passerina*	R,	A	G	CRO	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB
Geococcyx	*californianus*	R	PC	S	GRA	MM, MS, MX, VS, VR	HB, AB, AR
Caracara	*plancus*	R	PC	S	CRO, OMN	MM, MS, MX, VS, VR	AE, AR, HB, CR
Mimus	*polyglottos*	R	C	P	CAR, INS, INV	MM, MS, MX, VS, VR	AR, AB, HB

Análisis de diversidad

El Índice Diversidad de Especies se determina usando diversos algoritmos matemáticos entre los que figuran el de Simpson, de Shannon - Wiener, de Margalef, entre otros; los dos primeros índices de diversidad están basados en la densidad absoluta de las especies mientras que el índice de diversidad de Margalef para estimar la biodiversidad de una comunidad se basa en el número de especies presentes, así como en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Moreno, 2001). Para efecto del presente proyecto, se consideró el índice de Shannon - Wiener; este índice de diversidad, como ya se mencionó, está basado en la densidad absoluta de las especies y se determina con la siguiente expresión matemática:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \left(\ln \left(p_i\right)\right)$$

Donde:
pi = ni/N y N = ∑ni
ni = Abundancia proporcional de la especie i
N = Suma total de la abundancia de todas las especies

Los valores de H´ varían de 1 a 5, de acuerdo a las siguientes condiciones (Moreno, 2001):
5, refleja condiciones óptimas / diversidad muy alta.
4, refleja muy buen estado / diversidad alta.
3 a 4, refleja buen estado / diversidad media-alta.
2 a 3, refleja estado moderado / diversidad media.
1 a 2, refleja perturbación / diversidad baja.
0 a 1, refleja mal estado / diversidad muy baja.

Los índices de diversidad estimados para las especies de los diferentes grupos faunísticos muestreados dentro del SAR correspondiente al proyecto, se muestran en las siguientes tablas:

Reptiles

Tabla III. 159.- Valores del índice de diversidad de las especies de reptiles registrados en el área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Aspidoscelis tigris	Huico occidental	5	0.1613	-1.8245	-0.2943
Callisaurus draconoides	Cachora arenera	13	0.4194	-0.8690	-0.3644
Holbrookia maculata	Lagartija sorda menor	6	0.1935	-1.6422	-0.3179
Masticophis flagellum	Culebra chirrionera roja	2	0.0645	-2.7408	-0.1768
Sceloporus magister	Lagartija espinosa del desierto	1	0.0323	-3.4340	-0.1108
Urosaurus graciosus	Lagartija de árbol del noroeste	3	0.0968	-2.3354	-0.2260
Crotalus atrox	Cascabel de diamantes	1	0.0323	-3.4340	-0.1108
	TOTAL:	**31**			-1.6009
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	***1.6009***
				Riqueza (S) =	***7***
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.946**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.823**

Los valores de H´ varían de 1 a 5; aquellos ≥ 3 indican alta diversidad (Moreno 2001).

El SAR presentó una riqueza de 7 especies de reptiles, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 1.6009, valor que indica una comunidad con diversidad intermedia y una distribución relativamente balanceada de los individuos entre las especies registradas.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.823, lo que refleja una estructura comunitaria con buena uniformidad en las abundancias, aunque con cierta predominancia de algunas especies. En este caso, la cachora arenera (*Callisaurus draconoides*) destacó como la especie con mayor representación relativa, aportando una proporción poblacional de pi = 0.4194, por lo que fue la especie que más contribuyó a la estructura de la comunidad de reptiles en el área del proyecto.

Mamíferos

Tabla III. 160.- Valor del índice de diversidad de las especies de mamíferos registrados en el área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Canis latrans	Coyote	3	0.1429	-1.9459	-0.2780
Dipodomys merriami	Rata canguro de Merriam	2	0.0952	-2.3514	-0.2239
Lepus alleni	Liebre antílope	7	0.3333	-1.0986	-0.3662
Mephitis macroura	Zorrillo listado	1	0.0476	-3.0445	-0.1450
Peromyscus eremicus	Ratón de cactus	1	0.0476	-3.0445	-0.1450
Sylvilagus audubonii	Conejo del desierto	6	0.2857	-1.2528	-0.3579

Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	1	0.0476	-3.0445	-0.1450
	TOTAL:	**21**			-1.6610
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	**1.6610**
				Riqueza (S) =	**7**
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	**1.946**
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	**0.854**

Para los mamíferos, se presentó una riqueza de 7 especies, para las cuales se estimó un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H = 1.6610, lo cual indica una comunidad con diversidad intermedia y una distribución relativamente balanceada de los individuos entre las especies registradas.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.854, lo que refleja una distribución homogénea de las abundancias entre las especies registradas y una baja dominancia marcada dentro de la comunidad. No obstante, la especie con mayor representación relativa fue la liebre antilope (*Lepus alleni*), al registrar un valor de pi = 0.3333, derivado de su mayor abundancia y proporcionalidad poblacional, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la mastofauna evaluada.

Aves

Tabla III. 161.- Valores de los índices de diversidad para las especies de aves identificadas en el área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DENSIDAD/HA	p_i = n/N	ln(n/N)	n/N*ln(n/N)
Mimus polyglottos	Cenzontle norteño	2	0.0426	-3.1570	-0.1343
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño	6	0.1277	-2.0584	-0.2628
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	20	0.4255	-0.8544	-0.3636
Columbina passerina	Tortolita rojiza	11	0.2340	-1.4523	-0.3399
Geococcyx californianus	Correcaminos norteño	3	0.0638	-2.7515	-0.1756
Cathartes aura	Zopilote aura	4	0.0851	-2.4639	-0.2097
Caracara plancus	Caracara	1	0.0213	-3.8501	-0.0819
	TOTAL:	**47**			-1.5678
				Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) =	1.5678
				Riqueza (S) =	7
				Diversidad máxima (Hmax) = LnS =	1.946
				Índice de Equidad de Pielou (J) = H´/Hmax	0.806

Para las aves, se estimó una riqueza de 7 especies, lo que la posicionó como el grupo faunístico con mayor número de taxa registrados. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de H = 1.5678, valor que indica una comunidad diversa y con adecuada representación de especies dentro del área evaluada.

El índice de equidad de Pielou fue de J = 0.806, lo que refleja una distribución relativamente uniforme de las abundancias, aunque con ligera predominancia de algunas especies más comunes. En este sentido, la paloma ala blanca fue la especie mejor representada, al registrar

un valor de pi = 0.4255, derivado de su mayor abundancia relativa, por lo que constituyó la especie con mayor aporte a la estructura de la avifauna en el área del proyecto.

Información taxonómica e imágenes de las especies faunísticas del AP

A manera de un catálogo informativo complementario, en las tablas siguientes se incluyen los datos taxonómicos de las especies de fauna encontradas en el área del proyecto, así como imágenes fotográficas de individuos representantes de esas especies

Tabla III. 162.- Datos taxonómicos e imágenes de los reptiles identificados en el AP.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Colubridae	*Masticophis*	*flagellum*	Culebra chirrionera roja
Phrynosomatidae	*Callisaurus*	*draconoides*	Cachora arenera
Phrynosomatidae	*Holbrookia*	*maculata*	Lagartija sorda menor
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*magister*	Lagartija espinosa del desierto
Phrynosomatidae	*Urosaurus*	*graciosus*	Lagartija de árbol del noroeste
Teiidae	*Aspidoscelis*	*tigris*	Huico occidental
Viperidae	*Crotalus*	*atrox*	Cascabel de diamantes



Callisaurus draconoides



Holbrookia maculata



Masticophis flagellum



Sceloporus magister

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Tabla III. 163.- Datos taxonómicos e imágenes de los mamíferos identificados en el AP.

Familia	Genero	Especie	Nombre Común
Canidae	*Canis*	*latrans*	Coyote
Mephitidae	*Mephitis*	*macroura*	Zorrillo listado
Canidae	*Urocyon*	*cinereoargenteus*	Zorra gris
Leporidae	*Lepus*	*alleni*	Liebre antílope
Leporidae	*Sylvilagus*	*audubonii*	Conejo del desierto
Heteromydae	*Dipodomys*	*Merriami*	Rata canguro de Merriam
Cricetidae	*Peromyscus*	*eremicus*	Ratón ciervo del desierto



Canis latrans



Mephitis macroura



Peromyscus eremicus



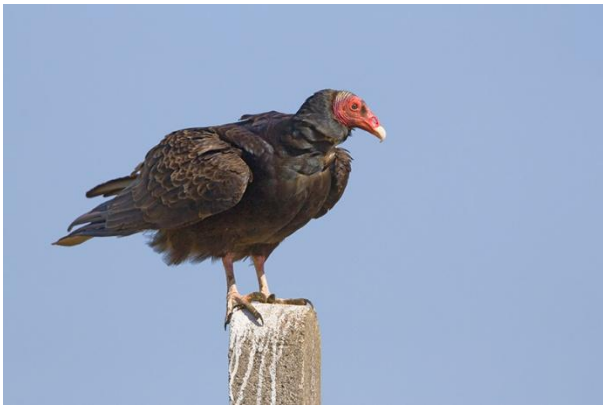
Sylvilagus audubonii

Tabla III. 164.- Datos taxonómicos e imágenes de aves identificadas en el AP.

Familia	Género	Especie	Nombre Común
Cardinalidae	*Cardinalis*	*cardinalis*	Cardenal norteño
Cathartidae	*Cathartes*	*aura*	Zopilote aura
Columbidae	*Zenaida*	*asiatica*	Paloma ala blanca

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Columbidae	*Columbina*	*passerina*	Tortolita rojiza
Cuculidae	*Geococcyx*	*californianus*	Correcaminos norteño
Falconidae	*Caracara*	*plancus*	Caracara
Mimidae	*Mimus*	*polyglottos*	Cenzontle norteño



Cathartes aura



Zenaida asiatica



Geococcyx californianus
Mimus polyglottos



Mimus polyglottos
Melanerpes uropygialis

III.2.4. PAISAJE

El paisaje constituye un componente integrador del sistema ambiental, en tanto expresa, en una misma unidad perceptual, la interacción entre la estructura físico-geomorfológica, la cobertura vegetal, la huella antrópica y los atributos escénicos del territorio. En el contexto de obras lineales de infraestructura carretera, su evaluación permite anticipar cambios en la percepción visual del entorno asociados a la apertura del derecho de vía, terracerías, cortes y terraplenes, señalamiento e incorporación de una nueva “franja” de rodamiento, así como valorar la capacidad del territorio para absorber dichos cambios sin pérdida significativa de su coherencia visual. Para este proyecto se adopta un enfoque basado en tres dimensiones complementarias: visibilidad del paisaje, calidad paisajística y fragilidad visual, consistentes con el esquema metodológico

empleado en evaluaciones de vías de comunicación y con el ejemplo de referencia utilizado para el análisis de paisaje en proyectos carreteros.

El proyecto es una obra carretera de 26.2 km que integra un segmento de ampliación/modernización sobre la carretera Nyco (del km 0+000 al km 11+000) y un tramo de libramiento (del km 11+000 al km 26+200), enlazando la Carretera Federal MEX 15 con el corredor hacia la zona poniente (conexión a SON 100 mediante vialidad existente en el extremo occidental). En términos fisiográficos, el trazo se desarrolla predominantemente sobre una unidad de “gran bajada con lomerío” y cruza una porción de “sierra escarpada compleja” asociada a la Sierra del Bachoco, condición que introduce contrastes locales en forma del terreno (planicies/lomeríos versus ladera/relieve más abrupto) y, por tanto, en la apertura o confinamiento de la cuenca visual. El uso de suelo en el polígono y colindancias inmediatas corresponde a un entorno rural–periurbano con predominio de actividades pecuarias extensivas (agostaderos/pastoreo), sobre una matriz de vegetación xerófila en la que se reconocen comunidades como mezquital y matorral sarco-crasicaule; en el entorno inmediato no se desarrolla agricultura. La superficie total asociada al derecho de vía y obras permanentes es de 115.8663 ha; de ellas, 59.398 ha corresponden a superficie a afectar de mezquital xerófilo y vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo, y se contempla un programa de reforestación en 60 ha como medida de integración/compensación ecológica y visual.

Visibilidad del paisaje

La visibilidad del proyecto se explica por la relación entre: (i) la geometría del relieve (lomeríos y bajadas con tramos de mayor control visual en el cruce serrano), (ii) la altura/estructura de la vegetación xerófila (pantallas visuales de baja a media altura, discontinuas pero funcionales), y (iii) la “proyección vertical” efectiva de la obra (predominantemente horizontal, con elementos puntuales de mayor presencia como cortes/terraplenes, alcantarillas/puentes y señalamiento). En las porciones de gran bajada con lomerío, la cuenca visual tiende a ser relativamente abierta a escala local, con líneas de vista que se prolongan sobre planos de pendiente suave; sin embargo, la propia textura del lomerío y la cobertura xerófila generan interrupciones y filtrado visual que reducen la exposición continua del eje carretero desde observadores laterales.

En términos de receptores visuales, la percepción directa del proyecto se concentra en los usuarios de la vía (observación lineal “en eje”) y en observadores puntuales asociados a caminos y servicios existentes, predios ganaderos y sectores periurbanos cercanos al extremo oriental del corredor, donde se reconoce además un contexto de expansión habitacional y demanda creciente de infraestructura vial. En el tramo de ampliación sobre la carretera Nyco, la visibilidad incremental se interpreta como una modificación sobre un corredor ya antropizado; en contraste, el tramo de libramiento nuevo implica una mayor “aparición” temporal de frentes de obra (acopios, superficies desnudas, maquinaria) durante la construcción, aunque la huella permanece confinada al derecho de vía y áreas autorizadas.

A escala de visibilidad media y lejana, la detectabilidad del proyecto disminuye por la baja altura estructural de la plataforma (salvo terraplenes/cortes localizados) y por el carácter predominantemente horizontal del relieve fuera del cruce serrano; así, el efecto visual más relevante no es la presencia volumétrica de la carretera, sino el contraste cromático y textural asociado a suelo desnudo, terracerías y materiales pétreos durante la etapa constructiva. Este

contraste se atenúa conforme avanzan la estabilización de taludes, el control de erosión y la revegetación, medidas que reducen el “brillo” y la discontinuidad de texturas en el campo visual.

Calidad paisajística

La calidad paisajística se valora a partir de atributos intrínsecos (coherencia del relieve, naturalidad/continuidad de la cobertura vegetal, presencia de elementos singulares como sierras y cauces intermitentes) y atributos extrínsecos (grado de intervención existente, accesibilidad, presencia de infraestructura y compatibilidad visual del uso de suelo). En el área de influencia del proyecto, el paisaje corresponde a un entorno árido típico del centro de Sonora, con predominio de vegetación xerófila (mezquital/matorral sarcocrasicaule) y una matriz de uso pecuario extensivo, con infraestructura y caminos dispersos en cercanía a la ciudad. La presencia de lomeríos y bajadas aporta variación escénica suave y un fondo visual característico, mientras que el cruce de la Sierra del Bachoco introduce un elemento orográfico más marcado que tiende a incrementar el interés visual local por contraste de formas.

No obstante, la calidad paisajística inmediata al eje carretero se interpreta como media, debido a la coexistencia de componentes naturales con una huella antrópica ya presente (red vial existente, pastoreo, infraestructura dispersa) y a la proximidad con áreas periurbanas. En este marco, el proyecto no introduce un uso territorial ajeno (la conectividad vial es un uso compatible con el corredor), pero sí genera una modificación perceptual por la sustitución de texturas (suelo natural/terracería a plataforma y carpeta de rodamiento, cunetas y señalamiento), particularmente perceptible durante construcción y en los primeros años de operación hasta que se consoliden las medidas de integración vegetal.

Fragilidad visual

La fragilidad visual se entiende como la susceptibilidad del paisaje a degradarse perceptualmente ante una perturbación, en función de su capacidad de absorber cambios sin perder su coherencia visual. En ambientes áridos, esta fragilidad suele aumentar por la lenta recuperación de la cobertura vegetal, la marcada exposición del suelo y la facilidad con la que se generan contrastes por remoción de vegetación y movimiento de materiales. En el proyecto, el impacto adverso relevante sobre este factor se asocia principalmente a las actividades de desmonte y despalme, que eliminan la cobertura vegetal de pantalla y exponen suelo desnudo, incrementando el contraste cromático y textural; en la evaluación del proyecto, este efecto se caracteriza como local y temporal, con reducción progresiva conforme se estabilicen suelos y se recupere cobertura vegetal por revegetación o regeneración natural.

Bajo este marco, la fragilidad visual del corredor se considera moderada: por un lado, existe una sensibilidad inherente del paisaje xerófilo ante superficies desnudas; por otro, el proyecto incorpora (i) confinamiento de frentes y acopios, (ii) retiro oportuno de excedentes, (iii) rehabilitación de áreas auxiliares, (iv) estabilización temprana y control de erosión y (v) revegetación progresiva de bordes y taludes, medidas que reducen contraste y aceleran la reintegración visual del corredor a la matriz paisajística. Adicionalmente, el compromiso de reforestar 60 ha contribuye a recuperar textura vegetal y continuidad visual en zonas restaurables, reforzando la mitigación del impacto paisajístico en el mediano plazo.

Finalmente, debe considerarse que durante operación la calidad paisajística puede verse modificada por el tránsito vehicular y actividades de mantenimiento (presencia dinámica de

vehículos, señalamiento, trabajos periódicos), efecto que tiende a ser persistente pero compatible con la función del corredor y que se gestiona mediante mantenimiento ordenado, control de residuos y conservación de bordes revegetados para evitar degradación visual secundaria.

Conclusión

En síntesis, el paisaje del área de estudio corresponde a un mosaico rural–periurbano de ambientes áridos, con fisiografía de lomeríos/bajadas y un cruce serrano local, donde la intervención carretera se integra como un elemento funcional de conectividad. El efecto más sensible se concentra en la etapa constructiva por aumento temporal de fragilidad visual (exposición de suelo y contrastes), mientras que la etapa de operación implica una modificación permanente de menor intensidad asociada a la presencia del corredor y su tránsito. La aplicación consistente de medidas de confinamiento, limpieza, estabilización, control de erosión y revegetación, sumada a la reforestación prevista, permite prever una integración visual progresiva y una reducción significativa del impacto paisajístico residual en el mediano plazo.

III.2.5. MEDIO SOCIOECONÓMICO

a) Demografía.

El asentamiento urbano de la ciudad de Hermosillo inició su crecimiento en las márgenes del río Sonora, en las inmediaciones de la zona oriente del cerro de la “La Campana”. A principios de Siglo se contaba con una población de alrededor de diez mil habitantes, cifra que se vio incrementada a 14,500 para 1910, no modificándose en forma significativa en la siguiente década de la Revolución.

A partir de la década de los cuarenta y debido al auge de la actividad agrícola en la región de la Costa de Hermosillo, se inició un dinámico crecimiento de la población urbana de la ciudad de Hermosillo, que se ha sostenida hasta la actualidad, lo que ha sido posible debido a la diversificación de la economía que ha permitido la generación de empleos en el comercio y servicios, lo que a partir de mediados de los setenta se vio reforzado por la inclusión de industria, Incluyendo la planta Ford y otras industrias relacionadas, así como la industria maquiladora y otras diversas.

El hecho de que la ciudad de Hermosillo sea la capital política del Estado y sede de las diversas oficinas gubernamentales, tanto a nivel Estatal como Federal, y la ubicación de centros de educación superior y otros factores han propiciado que personas de diferentes partes del Estado y del País, hayan emigrado y se hayan asentado en este centro de población. En la década de los cuarenta la tasa media anual de crecimiento demográfico fue superior al 8%, disminuyendo al orden de 6.1% y 4.9% anual en la década de los sesenta y setenta respectivamente, disminuyendo a 2.9 entre 1980 y 1990, presentando un aumento hasta 3.9 en los noventa. Actualmente la tasa de crecimiento de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de INEGI del 2020 fue del 1.8% como se muestra en la tabla inferior.

Tabla III. 165 Indicadores demográficos para la ciudad de Hermosillo.

Tasa de crecimiento[1]	Edad mediana[2]	Índice de envegecimiento[3]	Razón de dependencia económica[4]			Fecumdidad[5]	Mortalidad[6]
			Total	Infantil	Adultos mayores		
1.8%	30	47.3	44.6	34.2	10.4	1.91	5.7

La población para Hermosillo en el año de 1990 era de 406,417, incrementándose hasta 504,009 según los datos del conteo de población de 1995. Según el conteo de población y vivienda año 2005 la población estimada en Hermosillo es de 734,506, proyectándose que para el año 2020 la ciudad supere el millón de habitantes. Sin embargo, de acuerdo al Censo del 2020 de INEGI

apenas se alcanzó una población total de 936,263 habitantes de los cuales el 49% son hombres y el 50.1 % son mujeres.

Tabla III. 166 Poblacion Total del Hermosillo, de acuerdo al Censo de Poblacion y Vivienda INEGI 2020.

Población total	936,263
Hombres	49.9%
Mujeres	50.1%
Relación Hombres/Mujeres	96
Habla lengua indígena	9,757
Afro mexicana o afrodescendiente	20,506

La ciudad de Hermosillo concentra el 24% de la población total del Estado de Sonora. En las últimas décadas se ha visto incrementado el número de migrantes a la ciudad la cual representa el 42.8% de la población total del municipio, provenientes principalmente (49% de la población migrante) de las zonas rurales de la entidad, mientras que el 18.8% de la población de la población migrante proviene de otras ciudades de la entidad y el restante 32.2% de otros estados del país (para 1990 el 13.4% de la población total del Municipio provenía de otros estados, mientras que un 0.3% se registró que provenía de otros países). Los estados que principalmente aportan más emigrantes al municipio son Sinaloa, Chihuahua, Distrito Federal, Jalisco, Baja California y Nayarit.

En el XII Censo de Población y Vivienda del 2000 para el Estado de Sonora de INEGI, se estimó un escenario extremo en el incremento poblacional del Centro de población de Hermosillo, que podía llegar a alcanzar el millón de habitantes hacia el año 2020, lo cual casi se cumple de acuerdo a los datos actuales que presentamos. En ese mismo documento, se consideraba también la inminente incorporación de las localidades rurales ubicadas dentro del límite del centro de población (San Pedro el Saucito, La Victoria, el Tazajal y La Mesa del Seri, principalmente), lo cual actualmente también está sucediendo.

La ciudad de Hermosillo presenta una distribución de la población por edades con mayoría de jóvenes, lo que representa un fuerte potencial en cuanto a fuerza de trabajo. La pirámide poblacional de acuerdo a los datos del Censo del 2020 se tiene que se sigue presentado prácticamente la misma tendencia de acuerdo a la Figura inferior. En cuanto al nivel académico se tienen niveles de escolaridad por encima del promedio nacional y una importante cantidad de profesionistas y técnicos, mejorando esa tendencia con los datos del censo del 2020. Lo anterior representa que en el corto y mediano plazo se incorporen a la población económicamente activa importantes cantidades que requieren fuentes de trabajo, lo que hace necesaria la generación de nuevos empleos para cubrir esta demanda.

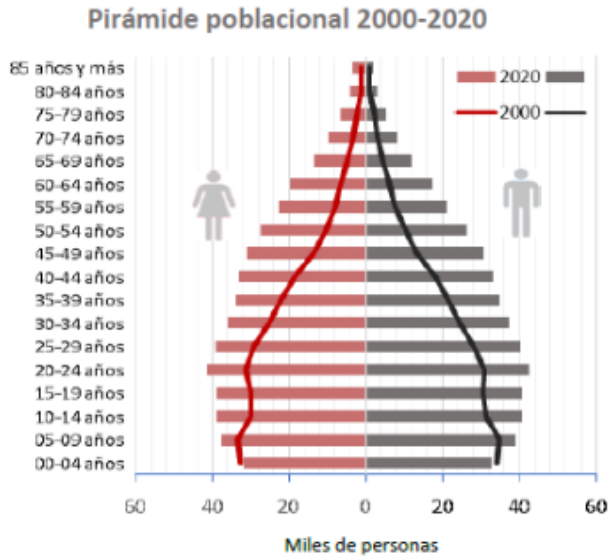


Figura III. 38 Piramide poblacional comparativa para el anio 2000 y 2020 en la ciudad de Hermosillo.

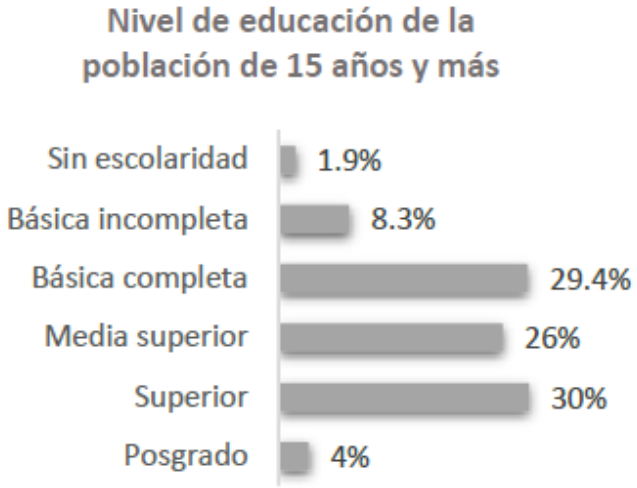


Figura III. 39 Nivel de escolaridad en la ciudad de centro de Poblaccion de Hermosillo.
Las figuras y tablas de este apartadode: Fuente https://coespo.sonora.gob.mx/indicadores.html.

Para el año 2020 la población Económicamente Activa (PEA) en el Centro de Población de Hermosillo es del 95% y desocupada del 4%, de los cuales el 57.9% son hombres y el 42.1 % son mujeres.



Figura III. 40 Poblacion Economicamennte activa para el Centro de Poblacion de Hermosillo de acuerdo a los datos del Censo de INEGI 2020. (Fuente: https://coespo.sonora.gob.mx/indicadores.html.)

Para el período 1995-2000, en la distribución porcentual de la población urbana ocupada por sector de actividad, destacan el sector servicios con 41,33%, y el de Comercio con 21,51%. Le sigue en importancia la industria de la Transformación que presenta un crecimiento ya que en 1995 representaba 14,4% de la población urbana ocupada, y para julio de 1998 ha llegado a 17,37%. Estos datos se modifican algunos sustancialmente en relación al Censo de Población INEGI 2020, como se observa en la figura inferior.

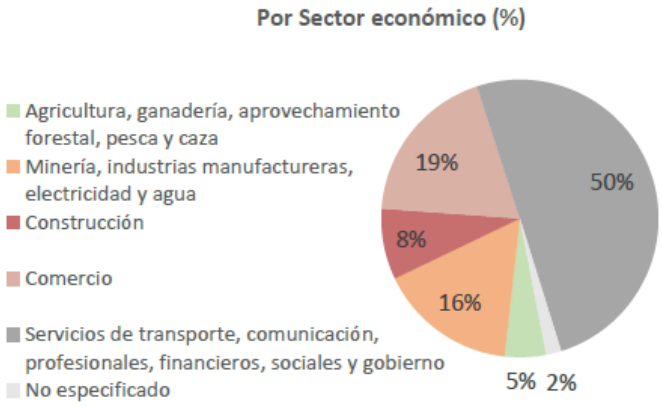


Figura III. 41 Ocupacion de la poblacion por sector economico.

Vivienda.

De Acuerdo a la misma referencia consultada, la vivienda particular en la ciudad de Hermosillo, el 85.4% están habitadas permanentemente, de habitadas un alto 20.5% y de uso temporal y un 4.1 %. De esta mismas viviendas el 99.% dispone de energía eléctrica, 99% tienen agua potable y el 98.5 % cuenta con drenaje.

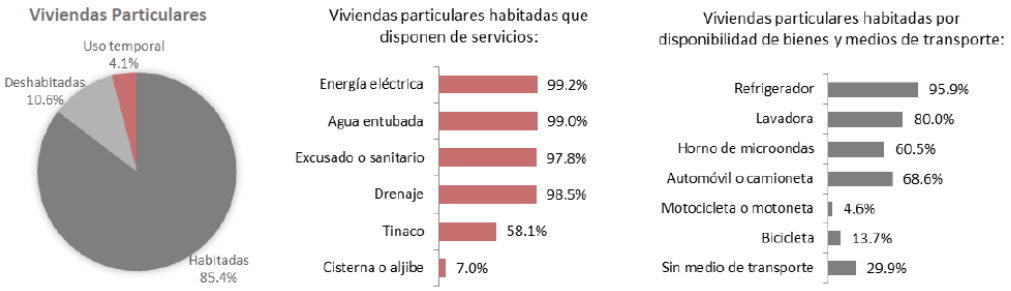


Figura III. 42 Comportamiento de la vivienda y servicios del centro de Poblacion de Hermosillo. (Fuente: https://coespo.sonora.gob.mx/indicadores.html.)

Medios de comunicación

En Hermosillo, confluyen seis ejes carreteros. El de mayor influencia está dado por el tramo Guaymas-Nogales de la carretera internacional MEX No. 15, la cual comunica con la ciudad fronteriza de Nogales, al norte, y con el Puerto de Guaymas, al sur. La carretera SON No.26, comunica hacia el este con los campos agrícolas de la Costa de Hermosillo y Bahía de Kino, hacia el sureste la carretera SON 16, que comunica con el municipio de la Colorada y al oeste la carretera SON 20 que comunica con el municipio de Mazatán.

Al norte la carretera federal MEX No.14 entronca con la carretera No.15, vinculando los municipios de la cuenca del río Sonora y de la zona serrana. La prolongación del tramo del periférico sur hacia el oriente permite la comunicación con el municipio de Mazatán y otros municipios serranos. La vialidad regional proveniente de Bahía Kino se prolonga hacia la zona urbana con el nombre del Boulevard Gral. García Morales. Hacia el Sudoeste de la ciudad cruza la carretera No. 4, que al sur de la mancha urbana se enlaza con las carreteras en dirección a los poblados de Sahuaripa y La Colorada.

Las vías férreas se extienden en el sector oriente de la mancha urbana, corriendo de sur a norte, bordeando a la presa Abelardo L. Rodríguez y, atravesando el parque industrial, localizado en el sudeste y poblados como la Victoria y San Pedro el Saucito, en el noreste de la mancha urbana. Hacia el poniente, destaca la localización del aeropuerto internacional.

Además de las vías de acceso terrestre, la ciudad cuenta con el Aeropuerto Internacional Gral. Ignacio L. Pesqueira, mismo que se localiza al poniente de la ciudad. Se realizan vuelos hacia el centro del país y ciudades fronterizas principalmente, a la vez que hay opción de vuelos al Sudoeste de los Estados Unidos.

En lo que corresponde a la marcha urbana del municipio de Hermosillo, el servicio postal y de telégrafos cuenta con 12 jurisdicciones distribuidos estratégicamente, dando un servicio eficiente a la población. Además, la jurisdicción No. 5 funciona como centro de atención al público, dando el servicio de paquetería y SER- PACPOST. También existe una oficina que es para grandes usuarios, la cual cuenta con cuatro motos y una camioneta. Hay un total 73 carteros con 5 emergentes, los cuales utilizan 47 bicicletas, 31 motos y 1 camioneta. Dado el crecimiento poblacional algunas pocas colonias carecen aún del servicio.

Medios de transporte

251 corridas diarias, provenientes de distintos puntos del país, conectando la ciudad de México con la fronteriza ciudad de Nogales, pudiendo por tanto hacerse conexiones con cualquier ciudad del país. Esta central de autobuses, cuenta con 27 cajones de abordaje. Hay 4 empresas foráneas de servicio de primera y segunda clase. Existe un deterioro físico del edificio, condiciones insalubres y limitada funcionalidad para los usuarios y prestadores de servicios. A unos cuantos metros de esa central de autobuses, están ubicadas otras dos pequeñas terminales de autobuses que comunican las ciudades ubicadas sobre la carretera internacional número 15, tanto de Sonora como de Sinaloa.

En cuanto al autotransporte federal de carga, no se cuenta con una terminal. El total de la producción regional se transporta por carretera. Se localiza al Noreste de la ciudad, sobre la carretera a Nogales un predio particular que hace las veces de terminal, presentando congestionamiento, reducción de derecho de vía, la superficie efectiva de la sección de la calle, cuestiona la compatibilidad de estas instalaciones en el contexto que la rodea actualmente. La Estación de Ferrocarril, localizada a la salida norte, se encuentra muy deteriorada. En las colonias a sus alrededores, en algunos tramos, se ha invadido el derecho de vía. El abandono de las bodegas aledañas a la estación motiva actos de vandalismo. Diariamente, cruza el ferrocarril que va de Guadalajara a Nogales y que transporta pasajeros y carga.

Las vialidades interurbanas suman un total de 13 300 000 m de las cuales 9 416 400 m se encuentran pavimentadas y representan el 70,8% de la estructura vial. Las rutas de transporte urbano convergen al centro de la ciudad originando una carencia de ruta en las colonias ubicadas sobre el extremo poniente, extremo norte, sur y sudeste de la ciudad. El estado físico y mecánico de las unidades es de buena calidad, pero la demanda de este servicio no está cubierta totalmente. Existen problemas con los horarios, pues el servicio concluye a las 21:00 horas en la mayoría de las rutas.

Hay necesidad de localización de una terminal de autobuses urbanos para el servicio de transporte público urbano, pues se suscitan embotellamientos diariamente en las calles del

centro de la ciudad, ya que prácticamente el 90% de las rutas se concentran en esa área. Existe irregularidad de equipamiento para las paradas de este transporte.

Servicios Públicos

-Agua potable y alcantarillado

El crecimiento horizontal y desordenado provoca un elevado costo de introducción y operación. El sistema de alcantarillado está condicionado por la topografía de la ciudad, lo cual provoca que fluya a los colectores principales hacia el poniente del Vado del Río aprovechando la pendiente natural. La extensión de las lagunas de aguas negras a cielo abierto, poco a poco están disminuyendo sus coberturas debido a que en los últimos años se construyó una PTAR que será la encargada del tratamiento de todas las aguas residuales de la ciudad. Dicha planta esta localizada en las inmediaciones del Estadio Sonora al Poniente de la ciudad.

-Pavimento

Es el elemento de que más carece la población. En especial hacia el norte no ha podido ser cubierto por la irregularidad de tenencia de los predios, ya habitados y por las políticas de pavimentación hacia otros puntos de la ciudad. Hacia la zona sur se presentan también áreas carentes. En este caso, uno de los obstáculos es la topografía un poco accidentada, y en parte a la política de años anteriores a no promover el desarrollo urbano en ésa zona.

-Comercio y abasto

Cuatro de los cinco mercados públicos están ubicados al norte de la ciudad. La transportación y descarga de la mercancía ocasiona conflictos en las vialidades, como son en las calles Olivares, Camelia, Mendoza, 12 de Octubre y en el centro, las calles Matamoros, Monterrey y Elías Calles. Existe, por tanto, una gran necesidad de construcción de una central de abastos. En la zona industrial se cuenta con instalaciones de un rastro TIF y hay ocho más pertenecientes al sector privado. Existen centros comerciales sobre el Periférico Poniente, incluidos dos tianguis, localizados en el sur de la ciudad.

-Recreación y deporte

Se cuenta con instalaciones que ofrecen servicio para algunas zonas aledañas al centro, pero existe un alto déficit de este rubro hacia el extremo norte sobre las colonias de estrato económicamente bajo. La dotación de áreas recreativas en el sector sur es deficiente. La ciudad tiene un déficit de forestación del 68%.

Consideraciones Particulares en Relacion al Proyecto.

A lo largo del trazo del proyecto no existen poblaciones que serán afectadas en su dinámica demográfica, debido a que la mayor parte del trazo se circunscribe en areas cuya influencia de la mancha urbana de Hermosillo está presente. Sin embargo, gran parte de la población de Hermosillo tendrá beneficios directos derivados del proyecto, pero no se espera que su dinámica poblacional sea afectada por el mismo, más bien la beneficiará.

Aunque No se espera que el proyecto incida en la tasa de crecimiento poblacional, es decir que la población no aumentará, ni disminuirá ni permanecerá estable como consecuencia de la implementación del proyecto. Además, no es de esperarse que el proyecto incida en la distribución de las edades de la población, por lo que no se afectará la estructura de edades de la población del centro de población.

Tomando en cuenta la naturaleza del proyecto y su magnitud, no se espera que el proyecto incida en el porcentaje de mujeres y hombres de la población actual o futura, por lo que la estructura de género no se afectará., ni tampoco el proyecto presenta elementos que incidan en un aumento o disminución de nacimientos, o genere enfermedades, vectores o condiciones de salud que conduzcan a un aumento o disminución de fallecimientos entre la población por lo que los índices de natalidad o mortalidad no se verán afectados.

Por ello, considerando que el proyecto no presenta elementos que incidan en el crecimiento o disminución de la edad de la población y que el índice de la población económicamente activa es una función de la edad, el mismo no será afectado por la implementación o cancelación del proyecto.

En base a lo anterior la relevancia del proyecto sobre la demografía se identifica en un beneficio a la salud de la población que se generará por la eliminación del tráfico vehicular foráneo por la ciudad de Hermosillo, disminuyendo las emisiones a la atmósfera, pero la dinámica poblacional no se verá afectada en ninguno de sus elementos.

a) Factores Socioculturales.

1) Uso de los recursos naturales del área de influencia del proyecto.

En el área del proyecto no existen usos colectivos o comunitarios de los recursos, suelo, agua, flora o fauna. El patrón de uso se establece por los intereses particulares de los propietarios de los terrenos por donde se traza el proyecto, en donde existe básicamente a lo largo de todo el trazo el uso de suelo para actividades pecuarias y en menor proporción el uso industrial y turístico-servicios.

De esta forma del extremo noroeste del proyecto que se extiende desde la carretera federal MEX No 15 al entronque de lo que será la nueva vialidad, el uso de los recursos agua, suelo y vegetación se orienta principalmente al pastoreo de ganado vacuno y donde la carretera existente solamente será ampliada a 7 mts con acotamiento a ambos lados, dentro del derecho de vía existente. En ese entronque se localiza el Autódromo Cerro Colorado por lo que el uso se puede catalogar como de servicios-turístico y de allí en delante de tiene uso de ganadería extensiva, hasta antes de llegar al uso industrial que define la Planta de Ciclo Combinado de la CFE. El trazo restante hasta el entronque con la carretera SON No 100, Hermosillo-Bahía Kino, ya se tiene la presencia de terrenos lotificados para uso industrial y habitacional.

III.2.6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.

El presente diagnóstico ambiental integra la condición actual de la Región Ecológica delimitada como Sistema Ambiental Regional (SAR), así como la problemática ambiental identificada en dicha unidad y las principales incidencias ambientales del Proyecto Libramiento Norponiente Hermosillo y su Área de Influencia (AI). El análisis se sustenta en la caracterización desarrollada para los componentes abióticos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos del Capítulo III, considerando la relación funcional entre el SAR, el AI y el Área del Proyecto (AP). La diferenciación entre estas tres unidades permite distinguir la condición ambiental regional, los procesos de borde o influencia inmediata y la superficie donde se concentrará la intervención directa del proyecto.

Condición ambiental actual de la Región Ecológica delimitada como SAR

La Región Ecológica delimitada como SAR presenta una condición ambiental característica de ambientes áridos del centro de Sonora, con predominio de clima **BWh(x'), muy árido semicálido**, baja disponibilidad hídrica efectiva, lluvias concentradas en verano, temperaturas elevadas y escurrimientos superficiales de régimen intermitente. Esta condición climática regula la estructura de la vegetación, la dinámica de infiltración y escurrimiento, la susceptibilidad a erosión y la disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre. La precipitación media anual reportada para la estación Hermosillo II (DGE) es de **389.1 mm**, con concentración importante entre julio y septiembre, lo cual genera una dinámica hidrológica episódica, con periodos prolongados de sequedad y eventos pluviales de corta duración capaces de activar escurrimientos, arrastre de sedimentos y procesos erosivos.

Desde el punto de vista físico, el SAR se desarrolla principalmente sobre **depósitos aluviales del Cenozoico-Cuaternario**, los cuales representan aproximadamente **83.35 %** de la superficie regional, con presencia secundaria de riolita, toba ácida, granito, caliza y basalto. Fisiográficamente, predomina la **bajada con lomerío**, con **99.26 %** de la superficie del SAR, mientras que la **sierra escarpada compleja** ocupa una proporción menor. Esta configuración indica un relieve predominantemente suave a moderado, asociado a zonas de acumulación aluvial, lomeríos bajos y escurrimientos intermitentes. En términos geodinámicos, no se identifican condiciones dominantes de alta inestabilidad por deslizamientos, derrumbes, actividad volcánica reciente o exposición directa a tsunamis; sin embargo, la naturaleza aluvial y la aridez del sistema hacen que la estabilidad superficial dependa de la cobertura vegetal, la conservación del drenaje natural y el control de la erosión.

La edafología del SAR muestra una matriz de suelos propia de ambientes áridos y semiáridos, con presencia de **Regosoles, Calcisoles, Cambisoles, Leptosoles y Vertisoles**. Los Regosoles representan el grupo con mayor cobertura regional, seguidos por Calcisoles y Cambisoles. Estos suelos presentan desarrollo limitado a moderado, baja disponibilidad natural de humedad y susceptibilidad a degradación física cuando se elimina la cobertura vegetal o se intensifica el escurrimiento superficial. La condición edáfica regional puede considerarse funcional, pero sensible, debido a que los procesos de erosión hídrica y eólica pueden incrementarse en superficies desnudas, compactadas o sujetas a tránsito recurrente.

La hidrología superficial del SAR se caracteriza por la ausencia de cuerpos de agua permanentes dentro del área de intervención directa y por la presencia de corrientes intermitentes que se

activan durante eventos de precipitación. La presa Abelardo L. Rodríguez se localiza a una distancia mayor a 17 km del proyecto en su punto más cercano, sin interacción hidráulica directa con las obras. En materia subterránea, el SAR se ubica dentro del acuífero Costa de Hermosillo, clave 2619, el cual presenta una disponibilidad media anual negativa de **-74.253541 hm³/año**, lo que refleja una condición regional de sobreexplotación. Esta situación no deriva del proyecto, pero constituye una condición ambiental crítica de contexto, ya que refuerza la importancia de conservar la infiltración local, evitar contaminación del suelo y mantener la continuidad hidráulica de escurrimientos intermitentes.

En el componente biótico, el SAR mantiene una matriz de vegetación xerófila regionalmente representada, dominada por **Mezquital Xerófilo**, **Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo** y **Matorral Sarcocaule**, con presencia menor de áreas agrícolas, asentamientos humanos e infraestructura. El Mezquital Xerófilo constituye una unidad importante de cobertura, estructura vegetal y hábitat para fauna; no obstante, la presencia de vegetación secundaria indica que parte del sistema ha sido previamente modificado por actividades pecuarias, caminos, tránsito local, apertura de brechas y usos periurbanos. La flora registrada en el SAR presenta mayor riqueza que el AI y el AP, lo cual confirma que la escala regional conserva una mayor heterogeneidad de hábitats y microambientes.

Respecto a la fauna, el SAR conserva especies típicas del Desierto Sonorense, con registros de reptiles, aves y mamíferos adaptados a ambientes de matorral, mezquital, lomeríos y zonas abiertas. La mayor extensión y heterogeneidad del SAR permite mantener una representación faunística más amplia que la observada en el AP. No obstante, la fauna regional se encuentra sujeta a presiones asociadas a pérdida local de cobertura, tránsito vehicular, caminos existentes, ganadería extensiva, presencia humana y expansión periurbana. En este contexto, el grado de conservación faunística se considera **medio**, ya que existen hábitats funcionales y especies representativas, pero también perturbaciones antrópicas acumuladas.

El paisaje del SAR corresponde a un ambiente de transición rural–periurbana, con dominancia visual de vegetación xerófila, lomeríos bajos, superficies abiertas, caminos, infraestructura dispersa y zonas de uso pecuario. No se trata de un paisaje prístino, pero conserva elementos naturales representativos del desierto sonorense. La fragilidad visual es moderada, ya que la apertura de una infraestructura lineal puede modificar la percepción escénica local; sin embargo, la existencia de vialidades, brechas, ranchos, infraestructura y la influencia de la mancha urbana reducen la naturalidad visual en varios sectores.

En términos socioeconómicos, el SAR se encuentra influido por la dinámica de crecimiento de Hermosillo y por la necesidad de mejorar la conectividad entre la MEX 15, la zona poniente, la Costa de Hermosillo y la carretera SON 100. El uso predominante en el entorno inmediato del proyecto es mixto, con ganadería extensiva en agostaderos, vegetación xerófila y ocupación puntual asociada a caminos e infraestructura. El proyecto se ubica en una zona donde la presión urbana y logística tiende a incrementarse, por lo que el SAR presenta una condición ambiental de transición: conserva funciones ecológicas regionales, pero se encuentra sometido a procesos de deterioro gradual por expansión urbana, apertura de caminos, tránsito, usos pecuarios y cambios de uso de suelo.

Con base en lo anterior, la condición ambiental actual del SAR puede clasificarse como **moderadamente conservada a localmente perturbada**. El sistema conserva una matriz regional de vegetación xerófila, escurrimientos intermitentes, suelos funcionales, fauna representativa y procesos ecológicos propios de ambientes áridos; sin embargo, presenta deterioro localizado por actividades humanas, fragmentación incipiente, presión periurbana, uso pecuario, caminos existentes, déficit hídrico regional y susceptibilidad natural a erosión. Por ello, el SAR no corresponde a un sistema ambiental intacto, pero tampoco a un ambiente severamente degradado; su estado actual es funcional, aunque vulnerable a intervenciones que incrementen erosión, pérdida de cobertura, sedimentación, compactación o alteración de escurrimientos.

Problemáticas ambientales en la Región Ecológica delimitada como SAR

La principal problemática ambiental regional corresponde a la **baja disponibilidad hídrica** y a la condición de sobreexplotación del acuífero Costa de Hermosillo. El déficit subterráneo constituye una limitante ambiental estructural, ya que el sistema depende de lluvias escasas y estacionales, infiltración limitada y escurrimientos intermitentes. Aunque el proyecto no implica una extracción significativa de agua subterránea ni modifica directamente la disponibilidad regional del acuífero, cualquier pérdida de infiltración, incremento de escurrimiento o contaminación del suelo adquiere relevancia en un contexto de estrés hídrico.

Otra problemática importante es la **susceptibilidad a erosión hídrica y eólica**. El SAR se desarrolla sobre materiales aluviales, bajadas con lomerío y suelos áridos de desarrollo limitado a moderado, donde la vegetación cumple una función crítica de protección superficial. La remoción de cobertura, el tránsito de vehículos, la compactación y la concentración de escurrimientos pueden incrementar la pérdida de suelo, la generación de polvo y el transporte de sedimentos. Esta problemática es particularmente relevante durante la temporada seca, por erosión eólica y polvos fugitivos, y durante la temporada de lluvias, por escurrimientos concentrados y erosión hídrica.

La **fragmentación de la vegetación xerófila** constituye una problemática regional asociada a la expansión urbana, la apertura de caminos, infraestructura de servicios, actividades pecuarias y cambios graduales de uso de suelo. Aunque la vegetación del SAR conserva representatividad regional, la presencia de vegetación secundaria y áreas con perturbación evidencia procesos de modificación previa. La pérdida de cobertura vegetal no sólo reduce biomasa y hábitat, sino que también afecta la infiltración, la estabilidad del suelo, la conectividad ecológica y la disponibilidad de refugios para fauna silvestre.

La **presión sobre la fauna silvestre** se relaciona con la reducción o fragmentación de hábitats, el tránsito vehicular, la presencia humana, la perturbación por ruido y el riesgo de atropellamiento. En ambientes áridos, los sitios de refugio, sombra, vegetación densa, cauces intermitentes y microhábitats rocosos o arbustivos tienen importancia para reptiles, aves y mamíferos. La modificación lineal del territorio puede generar efectos de borde y barrera local si no se mantienen estructuras de cruce, drenajes funcionales y medidas de control de velocidad.

La **alteración de escurrimientos intermitentes** representa una problemática potencial en la región. Aunque no existen cuerpos de agua permanentes en el AP, la red de cauces temporales cumple funciones de conducción hídrica, recarga localizada, transporte de sedimentos y

conectividad ecológica durante eventos de lluvia. La obstrucción, canalización inadecuada, azolve o concentración de descargas puede generar erosión, socavación y afectaciones fuera de la huella de obra. Por ello, la continuidad hidráulica constituye un criterio ambiental clave para mantener la funcionalidad del SAR.

La **expansión periurbana y la infraestructura dispersa** también forman parte de la problemática ambiental regional. El norponiente de Hermosillo presenta un gradiente de transformación donde coexisten usos rurales, ganadería extensiva, caminos, infraestructura, predios incorporados al dominio público y presión urbana. Esta dinámica puede incrementar la fragmentación del paisaje, la generación de residuos, el tránsito local, el ruido, la pérdida de cobertura vegetal y la ocupación progresiva de superficies con vegetación xerófila.

Finalmente, la región presenta una problemática de **calidad ambiental local asociada a tránsito, polvo, residuos y ruido**. La red vial existente y las actividades pecuarias o periurbanas generan perturbaciones localizadas. El proyecto puede añadir fuentes temporales de polvo, ruido, emisiones y residuos durante la construcción, aunque también puede generar un beneficio funcional al redistribuir el tránsito de carga y de paso fuera de vialidades urbanas congestionadas. La gestión ambiental deberá asegurar que el beneficio socioeconómico y vial no se traduzca en deterioro adicional no controlado dentro del SAR.

Reporte general de incidencias del Proyecto y su Área de Influencia

El Proyecto Libramiento Norponiente Hermosillo presenta una incidencia ambiental directa sobre el AP, particularmente en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y una incidencia indirecta sobre el AI, asociada a efectos de borde, dispersión de polvo, ruido, arrastre de sedimentos, tránsito de maquinaria, perturbación de fauna y modificación visual. La superficie total de referencia del proyecto es de **115.8663 ha**, de las cuales **60.28 ha** corresponden al derecho de vía del tramo nuevo del libramiento, y **59.398 ha** requieren cambio de uso de suelo en terrenos forestales. El resto del proyecto corresponde principalmente a modernización y ampliación de infraestructura vial existente.

La incidencia más importante se relaciona con **uso de suelo y vegetación**, debido a la afectación de comunidades de Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo dentro del área CUSTF. Esta incidencia representa **59.398 ha**, equivalentes a **51.26 %** de la superficie total del proyecto. En términos ambientales, esta es la incidencia de mayor relevancia, ya que implica pérdida directa de cobertura vegetal, modificación de hábitat, exposición de suelo, reducción temporal de infiltración y aumento potencial de erosión.

Respecto a **áreas de importancia ambiental**, el proyecto no se ubica dentro de Áreas Naturales Protegidas, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, sitios Ramsar, manglares, humedales costeros, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, ni se identificó una ocupación directa de regiones prioritarias o unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre dentro del AP. Por ello, la incidencia superficial directa sobre estas categorías se considera **nula**. No obstante, la ausencia de incidencia directa sobre áreas formalmente reconocidas no elimina la obligación de aplicar medidas de protección de flora, fauna, suelo y escurrimientos dentro del SAR, AI y AP.

En relación con **corrientes y cuerpos de agua**, no se identifican cuerpos de agua permanentes dentro del AP. La interacción del proyecto se presenta con corrientes intermitentes y escurrimientos temporales, los cuales serán atendidos mediante obras de drenaje menor y puentes. La incidencia no corresponde a ocupación de cuerpos de agua permanentes, sino a cruces hidráulicos puntuales dentro del derecho de vía. En términos de superficie, la incidencia directa sobre cuerpos de agua permanentes se considera **0 ha**; sin embargo, funcionalmente se reconoce la interacción del proyecto con la red de drenaje superficial intermitente, por lo que se requiere mantener la continuidad hidráulica y evitar azolve, socavación o contaminación.

Respecto a **ecosistemas relevantes**, la incidencia se concentra en las comunidades de vegetación xerófila afectadas por el CUSTF, principalmente Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo. Aunque estas comunidades se encuentran representadas en el SAR y no se identifican como ecosistemas restringidos o únicos dentro del AP, sí tienen relevancia funcional por su papel en la protección del suelo, infiltración, hábitat, refugio de fauna y conectividad local. Por tanto, la incidencia sobre ecosistemas relevantes coincide con la superficie forestal a remover: **59.398 ha**, equivalentes a **51.26 %** de la superficie total del proyecto.

Como incidencia adicional, se identifican las **áreas de infraestructura temporal**, localizadas dentro del polígono del proyecto, con una superficie de **4,060 m²**, equivalente a **0.406 ha** y aproximadamente **0.35 %** de la superficie total del proyecto. Estas áreas se utilizarán para apoyo logístico de obra, almacenamiento temporal, oficinas, sanitarios portátiles, comedor y manejo controlado de residuos. Al ubicarse dentro del polígono del proyecto, no generan una expansión adicional de la huella ambiental, pero sí requieren medidas de manejo de residuos, control de derrames, ordenamiento de acopios y restauración al término de su uso.

Tabla III. 167 Incidencias con el proyecto.

Incidencia	Elemento del Proyecto que incide	Superficie de incidencia	% de incidencia respecto de la superficie total del Proyecto
Uso de Suelo y Vegetación	Cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la construcción del tramo nuevo del libramiento, dentro del derecho de vía; afectación directa sobre Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo.	**59.398 ha**	**51.26 %**
Áreas de importancia ambiental — ANP, ADVC, sitio Ramsar, humedal, manglar, AICA, regiones prioritarias, UMA, entre otras	El trazo del proyecto y su AI no presentan ocupación directa de Áreas Naturales Protegidas, ADVC, sitios Ramsar, manglares, humedales costeros, AICA o UMA identificadas dentro del AP. La incidencia superficial directa sobre estas categorías se considera nula.	**0 ha**	**0.00 %**
Corrientes y cuerpos de agua	No se identifican cuerpos de agua permanentes dentro del AP. La interacción corresponde a cruces puntuales con escurrimientos intermitentes, atendidos mediante puentes y obras de drenaje menor. La incidencia se considera funcional, no	**0 ha sobre cuerpos permanentes**	**0.00 %**

	como ocupación superficial de cuerpos de agua permanentes.		
Ecosistemas relevantes	Incidencia directa sobre vegetación xerófila regionalmente representada, principalmente Mezquital Xerófilo y Vegetación Secundaria Arbustiva de Mezquital Xerófilo, con funciones de protección de suelo, infiltración, hábitat y conectividad local.	**59.398 ha**	**51.26 %**

Interpretación diagnóstica final

El diagnóstico ambiental permite concluir que el SAR conserva una estructura ambiental funcional propia de ambientes áridos del Desierto Sonorense, con cobertura xerófila representativa, suelos de baja a moderada evolución, escurrimientos intermitentes, fauna característica y paisaje rural–periurbano. Sin embargo, la región presenta deterioro localizado y presiones ambientales acumuladas, principalmente por expansión urbana, ganadería extensiva, caminos existentes, infraestructura dispersa, déficit hídrico regional, susceptibilidad a erosión y fragmentación progresiva de la vegetación.

El grado de conservación del SAR se considera **medio**, con sectores moderadamente conservados y sectores localmente perturbados. La conservación se manifiesta en la continuidad de la vegetación xerófila, la presencia de especies nativas y la funcionalidad de escurrimientos intermitentes; el deterioro se expresa en vegetación secundaria, caminos, usos pecuarios, presión periurbana, compactación local y pérdida parcial de naturalidad paisajística. La condición ambiental no es crítica ni irreversible, pero sí sensible a intervenciones que incrementen la pérdida de cobertura vegetal, erosión, sedimentación, fragmentación o afectación de cauces.

El proyecto tendrá su mayor incidencia ambiental en el AP, principalmente por el cambio de uso de suelo en **59.398 ha**, mientras que el AI funcionará como zona de posible manifestación indirecta de impactos. A escala del SAR, la incidencia será limitada si se mantiene la intervención dentro del derecho de vía, se conserva la continuidad hidráulica, se controla la erosión, se evita el arrastre de sedimentos, se rescata flora y fauna, se revegetan superficies no selladas y se ejecutan las medidas de compensación y vigilancia ambiental. Bajo este enfoque, el proyecto puede desarrollarse sin comprometer la funcionalidad regional del SAR, siempre que las medidas ambientales sean implementadas desde el inicio de la preparación del sitio y mantenidas durante construcción, operación y mantenimiento.

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPESACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El Sistema Ambiental (SA) delimitado en el Capítulo IV de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, constituye la unidad de análisis para identificar y valorar las posibles alteraciones a la estructura y funciones ambientales asociadas a la ejecución del proyecto. En este contexto, el Capítulo V aplica un enfoque metodológico orientado a reconocer, de manera sistemática y trazable, las interacciones entre las obras y actividades del proyecto y los componentes y factores ambientales representativos del SA.

El análisis de impactos ambientales se fundamenta en comparar las condiciones ambientales previstas para el área de influencia del proyecto bajo dos escenarios: i) el escenario sin proyecto (línea base o “cero”), que representa la evolución esperada del medio bajo la permanencia de las condiciones actuales, incluyendo la existencia de un tramo de carretera y el patrón de uso y tránsito vigente; y ii) el escenario con proyecto, que incorpora las modificaciones inducidas por las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, así como las actividades de abandono o cierre que, en su caso, correspondan. Esta aproximación permite identificar cambios atribuibles al proyecto, distinguiendo entre efectos temporales y permanentes, directos e indirectos, así como aquellos que pueden ser prevenidos, mitigados o compensados mediante medidas de manejo ambiental.

En la figura inferior se presenta el esquema metodológico adoptado para la identificación y evaluación de impactos ambientales. La fase de identificación parte de listas de verificación de obras y actividades por etapa y de listas de verificación de factores ambientales del SA (ambiente físico, biológico y socioeconómico), a partir de las cuales se determinan las interacciones potenciales. Dichas interacciones se organizan y sistematizan mediante una matriz tipo Leopold, estructurada por etapas del proyecto y actividades específicas, frente a los factores y subfactores ambientales seleccionados. En la fase de evaluación, las interacciones identificadas se valoran mediante criterios e índices ambientales de magnitud e importancia, asignando signo conforme al sentido del impacto (adverso o benéfico), para posteriormente ponderar resultados, cribar impactos relevantes y jerarquizar su importancia relativa. Los apartados subsecuentes desarrollan con mayor detalle las fases del procedimiento, incluyendo la caracterización de impactos, así como la identificación de efectos residuales y acumulativos en el SA asociados a la ejecución del proyecto.

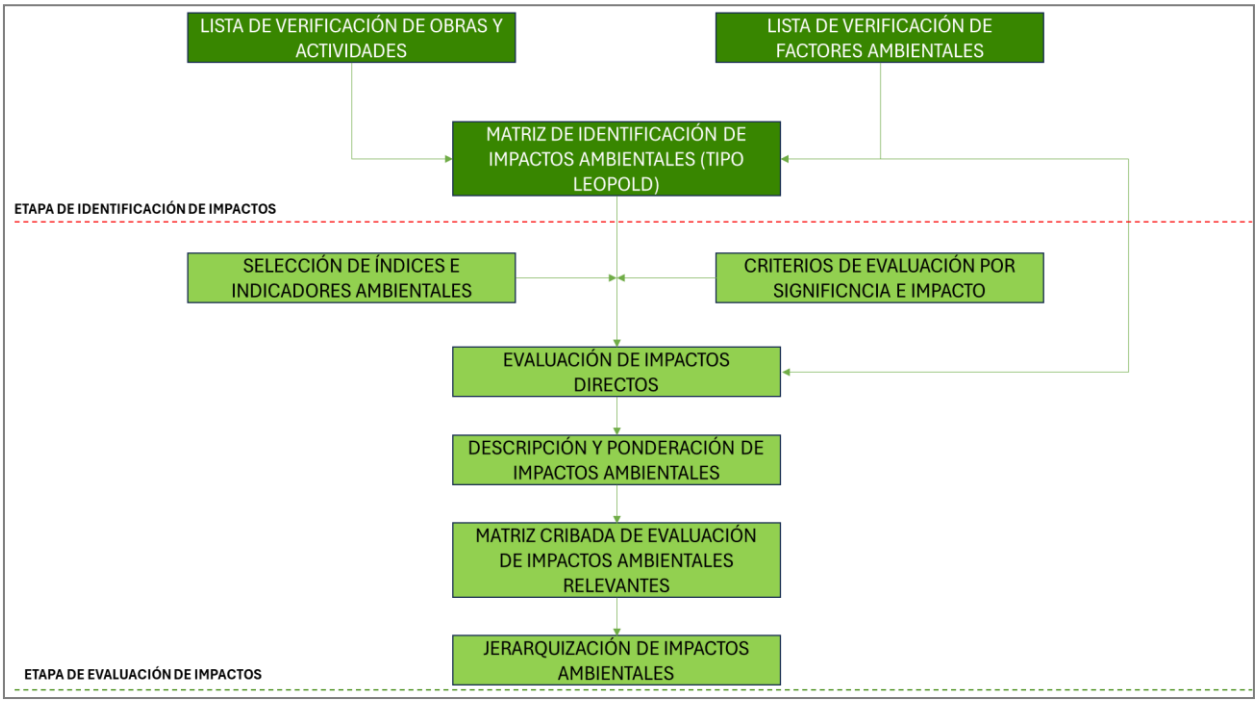


Figura IV. 1 Diagrama metodológico propuesto para la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivado de las interacciones entre los factores involucrados y las obras y actividades del Proyecto.

En esta etapa metodológica se identificaron las obras y actividades con potencial de interacción ambiental a lo largo del ciclo de vida del proyecto, considerando las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y abandono o cierre. Para ello, se integraron listas de verificación que permiten ordenar y documentar, de manera consistente, las acciones que pueden inducir cambios sobre los componentes del SA, ya sea por modificación directa del sitio (por ejemplo, remoción de vegetación y suelo superficial, movimientos de tierra, conformación de terraplenes y obras de drenaje), por la operación de maquinaria y el tránsito asociado (generación de polvos, ruido y vibraciones), o por actividades de apoyo (acopios temporales, manejo de residuos y aguas residuales, transporte de materiales e insumos).

Como resultado, se consolidó un inventario de 27 obras y actividades distribuidas por etapa: tres correspondientes a la preparación del sitio, once a la construcción, nueve a la operación y mantenimiento, y cuatro a la etapa de abandono. Estas listas constituyen la base para la matriz de interacción tipo Leopold, al definir el eje de actividades del proyecto, y permiten además asegurar que la evaluación posterior de impactos sea reproducible y comparable entre etapas.

IV.1.1. INDICADORES DE IMPACTO

Una vez determinadas las obras y actividades a desarrollar por el Proyecto, se determinaron redes de interacción causa efecto entre las obras y actividades sobre los componentes y factores ambientales susceptibles de ser alterados, tal como se ejemplifica en la Figura inferior. Los componentes, rubros y atributos ambientales son enlistados en la Tabla inferior y corresponden al ambiente físico (atmósfera, geología, Agua superficial y subterránea, suelo, Calidad del agua), ambiente biológico (flora y fauna terrestre, Fauna acuática, Flora acuática), Paisaje, Ambiente socioeconómico (población, servicios, economía) y gestión ambiental.

Tabla IV. 1 Listado de actividades del proyecto por etapas.

ETAPA	OBRA O ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
PREPARACIÓN DEL SITIO	Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	Actividades previas al arranque formal de obra: levantamientos y verificación en campo, instalación temporal de campamento(s) o áreas de apoyo (si aplica), movilización de maquinaria, herramientas e insumos, señalización preventiva inicial y habilitación logística de frentes de trabajo. Estas actividades se incluyen tanto en la ampliación de la carretera a la Minera Nyko como la apertura del libramiento del cadenamiento 11+000 al 26+200
	Desmonte y despalme de predio	Retiro de vegetación y remoción de la capa superficial del suelo en las áreas estrictamente necesarias para el desplante del camino, obras asociadas y áreas de maniobra autorizadas, con delimitación previa y manejo de material vegetal y suelo conforme a medidas de control, solo para el tramo del libramiento del cadenamiento 11+000 al 26+200.
	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, emisiones, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Implementación de medidas preventivas y de control durante la obra: rescate y reubicación de ejemplares, protección de suelo y control de erosión, manejo integral de residuos, control de emisiones, control de derrames y atención a contingencias ambientales en todo el trayecto de la obra.
CONSTRUCCIÓN	Terracerías y camino de acceso	Conformación y/o rehabilitación de terracerías, habilitación de accesos y caminos de servicio temporales, perfilado, nivelación, compactación y acondicionamiento de superficie para tránsito de maquinaria y suministro de materiales. Estas actividades serán aplicadas en la construcción del libramiento.
	Corte y excavaciones	Excavación de material en puntos requeridos por el trazo y rasante, cortes para ajuste geométrico, excavaciones para cimentación de estructuras menores y obras de drenaje; incluye carga, transporte y disposición/acomodo de material producto de excavación.
	Construcción del cuerpo del terraplén	Integración del terraplén mediante suministro, extendido, humectación y compactación de material; conformación de capas y taludes conforme a secciones de proyecto, incluyendo control de calidad de compactación y estabilidad.
	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de la superficie de rodamiento con asfalto: preparación de subbase/base, colado, acabado, curado y juntas, conforme a especificaciones, incluyendo control de calidad de materiales y resistencia.
	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, Puentes, bordillos, lavaderos)	Ejecución de elementos auxiliares del camino, principalmente obras de drenaje y puentes(alcantarillas, cunetas, vados, bajantes u otras), así como estructuras menores de conducción y protección contra erosión asociadas al manejo de escurrimientos.
	Colocación de señalamientos	Instalación de señalización horizontal y vertical, dispositivos de seguridad vial y elementos de advertencia; incluye balizamiento,

		postes, letreros y elementos reflectantes conforme a normativa aplicable.
	Acopio temporal y manejo de residuos.	Establecimiento de zonas de acopio temporal para residuos y materiales, segregación, almacenamiento seguro, recolección, transporte y disposición final mediante prestadores autorizados; incluye bitácoras y evidencia de manejo.
	Manejo de aguas residuales.	Manejo de aguas residuales generadas por personal y actividades de apoyo: sanitarios (portátiles), recolección, confinamiento temporal y disposición mediante empresas autorizadas; prevención de descargas al suelo o cuerpos receptores.
	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Logística de suministro: traslado de agregados, cemento, materiales de obra, equipo y consumibles hacia frentes de trabajo; incluye carga/descarga, rutas internas y control de derrames o pérdidas de material.
	Transporte de personal	Movilización de trabajadores hacia y entre frentes de obra, mediante vehículos de transporte; incluye organización de rutas/horarios y control de seguridad y señalización temporal en zonas de tránsito.
	Retiro de obra	Desmontaje y retiro de instalaciones temporales, equipo menor, señalización provisional y materiales sobrantes; limpieza de frentes y áreas de apoyo, y disposición adecuada de residuos remanentes.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Tránsito de vehículos	Circulación de vehículos de usuarios en la vía durante la etapa operativa; incluye incremento de flujo respecto a condiciones actuales.
	Mantenimiento de cuerpo carretero	Conservación rutinaria y correctiva de la estructura del camino: bacheo, reparación de losas (si aplica), limpieza de superficie, reparación de cunetas y elementos asociados, con acciones localizadas y temporales.
	Mantenimiento de señalizaciones	Reposición y mantenimiento de señalamiento horizontal/vertical y dispositivos de seguridad: repintado, sustitución de postes/letreros y limpieza/rehabilitación de elementos reflectantes.
	Desazolve de estructuras de drenaje	Limpieza y retiro de sedimentos/obstrucciones en alcantarillas, cunetas, vados y otras estructuras de drenaje para restituir su capacidad hidráulica; incluye manejo del material extraído.
	Transporte de personal	Movilización del personal encargado de actividades de mantenimiento y verificación, hacia los puntos de intervención programados o por atención a incidencias.
	Transporte de materiales e insumos	Traslado de materiales de mantenimiento (mezclas, concreto, agregados, señalamiento, refacciones) y herramientas hacia el sitio de intervención.
	Acopio temporal y manejo de residuos	Manejo de residuos generados por actividades de mantenimiento (material de desazolve, residuos de reparación, empaques, residuos sólidos urbanos), con acopios temporales controlados y disposición final.
	Manejo de aguas residuales	Manejo de aguas residuales asociadas a personal de mantenimiento en campo (si aplica), mediante sanitarios portátiles, evitando descargas al ambiente.
	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Conservación mayor programada: intervenciones periódicas de mayor alcance (rehabilitación de tramos, reposición de elementos, reparaciones estructurales localizadas), con duración limitada y control ambiental específico.
ABANDONO	Retiro de instalaciones y limpieza	Desmantelamiento y retiro de la obra construida (elementos del camino y obras asociadas que se determinen para cierre), incluyendo demolición/retiro de materiales, carga y transporte a sitios autorizados, limpieza final del área intervenida y disposición adecuada de residuos de construcción y demolición, evitando afectaciones al suelo y al drenaje natural.

	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Estabilización física del terreno posterior al retiro de la obra para prevenir erosión y procesos de inestabilidad: reconformación de superficies, perfilado de taludes, eliminación de discontinuidades, y ejecución de obras de control de escorrentía (canalizaciones menores, disipación de energía, bordos, estructuras de retención de sedimentos) conforme a condiciones locales.
	Restauración ecológica	Recuperación de la cobertura vegetal en áreas afectadas por el retiro de la obra, mediante revegetación con especies compatibles con el sitio (y/o facilitación de regeneración natural), acondicionamiento del sustrato, y obras complementarias de control de erosión y retención de humedad que favorezcan el establecimiento vegetal.
	Monitoreo posterior al cierre	Seguimiento posterior a la ejecución del cierre para verificar la estabilidad del terreno (erosión, cárcavas, asentamientos), el comportamiento de escurrimientos en temporada de lluvias, y la efectividad de la restauración biológica (cobertura/supervivencia), incluyendo acciones correctivas si se detectan desviaciones respecto a los objetivos de cierre.

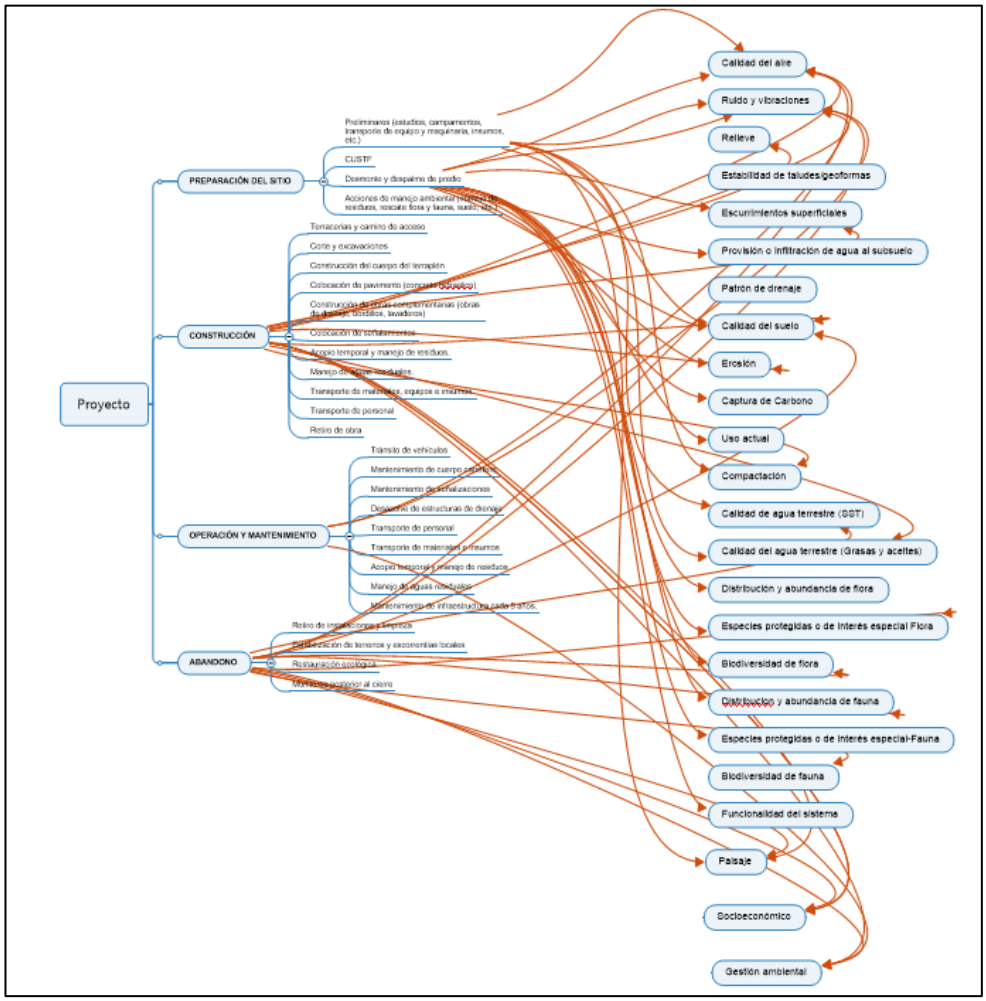


Figura IV. 2 Ejemplificación de las redes de interacción entre obras y actividades del Proyecto para sus diferentes etapas y los componentes y factores ambientales.

IV.1.2. LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO

De acuerdo con las características del proyecto y el sistema ambiental, se identificó una lista de posibles indicadores de impacto de forma general, esta será evaluada de acuerdo a las interacciones que se presentes en el área del proyecto para poder ser evaluadas.

Tabla IV. 2 Componentes del sistema ambiental del proyecto y lista de indicadores de impacto.

Ambiente	Rubro ambiental	Atributo / Cualidad
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire
		Ruido y vibraciones
	Geología	Relieve
		Estabilidad de taludes/geoformas
	Agua superficial y subterránea	Escurrimientos superficiales
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo
		Patrón de drenaje
	Suelo	Calidad del suelo
		Erosión
		Captura de Carbono
		Uso actual
		Compactación
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora
		Especies protegidas o de interés especial Flora
		Biodiversidad de flora
		Distribución y abundancia de fauna
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna
		Biodiversidad de fauna
		Funcionalidad del sistema
	Fauna acuática	Distribución y abundancia del plancton
		Biota bentónica
		Especies nectónicas
		Especies protegidas y de interés especial
	Flora acuática	Flora acuática
Paisaje		Visibilidad
		Calidad paisajística
		Fragilidad visual
Ambiente socio-económico	Población	Demografía y migración
		Actividades recreativas y culturales
		Calidad de vida
	Servicio	Servicios e infraestructura

		Vialidades y acceso
		Interacción de las comunidades
	Economía	Economía regional
		Empleo y mano de obra
		Actividades productivas
		Valor catastral
Gestión ambiental		Normatividad ambiental
		Manejo y administración del riesgo ambiental
		Seguimiento ambiental del proyecto

IV.1.3. CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

Para complementar la identificación de interacciones se empleó la técnica de matrices (matrices de interacción), la cual permite identificar de forma gráfica y en una tabla, las afectaciones negativas y positivas que generará el Proyecto, así como la etapa en que más se generarán; esto permite, además, la cuantificación de las actividades que provocarán con mayor recurrencia cada impacto identificado.

En la siguiente tabla se presenta la matriz de identificación de interacciones, en donde se determinaron las relaciones del Proyecto–entorno, desglosando el Proyecto en etapas y acciones, y el medio en componentes y factores. Para efectos de interpretación las interacciones negativas se identifican con colores diferentes según la etapa donde se presenten.

Para la identificación de impactos, se diseñó una matriz de interacción basada en la Matriz de Leopold y adaptada a las condiciones particulares del proyecto, en la cual se correlaciona las actividades que se realizarán durante las diferentes etapas del proyecto, con los atributos ambientales; en la que cada intersección de columna y renglón determina el impacto que tiene posibilidad de ocurrir en las diferentes etapas del proyecto. Para el llenado de la matriz de identificación de impactos, se empleó la siguiente simbología:

-A = Adverso significativo, cuando el impacto sobre el factor incide en forma negativa o lo puede modificar durante un lapso de tiempo prolongado.

-a = Adverso poco significativo, cuando el factor incide en forma negativa, pero la alteración no se manifiesta en gran medida.

-B = Benéfico significativo, en el caso en que la actividad prevista forma parte de una acción positiva o sus efectos repercuten sobre una acción positiva.

-b = Benéfico poco significativo, cuando la actividad dentro de la obra, beneficia de alguna manera al medio.

Las celdas vacías representan ausencia de interacción entre las obras o actividades y los componentes y factores (atributos) asociados al Proyecto.

Los resultados de la matriz generada se pueden consultar en las Tablas inferiores que se resumen a continuación. Se identificaron un total de 271 interacciones para el Proyecto, repartidas de la siguiente manera: 59 para la etapa de preparación del sitio, 109 para la etapa de construcción, 45 para etapa de operación y mantenimiento y 58 para la etapa de abandono. Las etapas de preparación del sitio y construcción representan el 61.99% de los impactos, la etapa de operación y mantenimiento el 16.61% y la etapa de abandono el 21.40%.

La valoración de significancia gruesa para el Proyecto se resume a continuación. Se contabilizaron 102 interacciones categorizadas como valores “a” (adversos poco significativos) que representan el 37.64% del total, 8 interacciones “A” (adversos significativos) que representan el 2.95% del total, 139 interacciones “b” (benéfico poco significativo) que representan el 51.29% del total y 22 interacciones “B” (benéfico significativo) que representan el 8.12% del total de interacciones.

Tabla IV. 3 Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de preparación del sitio y construcción.

			Preparacion del sitio			Construccion										
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	CUSTF. Desmonte y despalme	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos , rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos)	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	a	A	b	a	a	a	a	a	a	b	b	a	a	b
		Ruido y vibraciones	a	a	b	a	a	a	a	a				a	a	b
	Geología	Relieve				a	a	a	a							
		Estabilidad de taludes/geoformas					a	a	a							
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales		a	b	a		a	a	b						
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo		a	b	a	a	a	a	b						
		Patrón de drenaje						a	A	b						
	Suelo	Calidad del suelo	a	a	b	a	A	a	a			b	b	a		b
		Erosión		a	b		a									
		Captura de carbono		a	b											
		Uso actual		A												
		Compactación	a	a	b	a	a	a	a	a						b
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	a	a	b	a	a	a				b	b			
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	a	a	b	a	a	a	a	a		b				b
Ambiente biológico	Flora y Fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora		A	b											
		Especies protegidas o de interés especial Flora		a	b											
		Biodiversidad Flora		A	b											
		Distribucion y abundancia Fauna		a	b	a			a							
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna		a	b											
		Biodiversidad Fauna		a	b											
		Funcionalidad del sistema		A	b			a								
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton														
		Biota bentonica														
		Especies nectónicas														
		Especies protegidas y de interés especial														
	Flora acuatica	Flora acuática														
Paisaje		Visibilidad														
		Calidad paisajística	a	a	b	a	a	a	a	a		b	b			b
		Fragilidad visual	a	a	b											
Ambiente socioeconómico	Población	Demografía y migración	b			b	b	b	b	b						b
		Actividades recreativas y culturales														
		Calidad de vida				a	b	b	b		b			a	a	
	Servicio	Servicios e infraestructura	b	b		b	b	b	b	b						
		Vialidades y acceso				b		b	b							
		Interacción de las comunidades	b		b	b			b							
	Economía	Economía regional							b							
		Empleo y mano de obra	b	b	b	b	b	B	B	b						
		Actividades productivas														
		Valor Catastral		b												
Gestión ambiental		Normatividad ambiental		B	B							B	B			
		Administración del riesgo ambiental														
		Seguimiento ambiental del proyecto			B							B	B			

Tabla IV. 4 Matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas de operación y mantenimiento y, abandono.

			Operación y mantenimiento									Abandono			
			Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales y insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	a	a								b			
		Ruido y vibraciones	A	a			a	a			a	b	a		
	Geología	Relieve										b	b		
		Estabilidad de taludes/geoformas										b	b	b	
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales										b	b	b	
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo										b	b	b	
		Patrón de drenaje										b			
	Suelo	Calidad del suelo							b	b	a	b		b	
		Erosión											B	b	
		Captura de carbono												b	
		Uso actual													
		Compactación										b			
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)				b			b		b	b	b	b	b
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)		a	a				b		b				
Ambiente biológico	Flora y Fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora										b		b	b
		Especies protegidas o de interés especial Flora										b		b	b
		Biodiversidad Flora										b			b
		Distribucion y abundancia Fauna												b	
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna													
		Biodiversidad Fauna	a												b
		Funcionalidad del sistema										b	b	B	b
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton													
		Biota bentonica													
		Especies nectónicas													
		Especies protegidas y de interés especial													
	Flora acuatica	Flora acuática													
Paisaje		Visibilidad													
		Calidad paisajística	a	a							b	b	b	B	
		Fragilidad visual										b		b	
Ambiente socioeconómico	Población	Demografía y migración													
		Actividades recreativas y culturales													
		Calidad de vida	b	b	b	b					b	a		b	
	Servicio	Servicios e infraestructura	b								b	a			
		Vialidades y acceso	b	b	b	b					b	a			
		Interacción de las comunidades	b	b							b	a			
	Economía	Economía regional	B	b		b						a			
		Empleo y mano de obra	B	b								a			
		Actividades productivas	B								b	a			
		Valor Catastral													
Gestión ambiental		Normatividad ambiental							B					B	B
		Administración del riesgo ambiental										b			
		Seguimiento ambiental del proyecto							B			B	B	B	

Tabla IV. 5 Resumen de la matriz de identificación de interacciones donde se determinaron las relaciones Proyecto-entrono para las etapas del Proyecto.

RESUMEN DE LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Por componente de la etapa	a	8	15	0	12	10	13	11	5	1	0	0	4	3	0	3	4	1	0	1	1	0	0	2	7	1	0	0	102
	A	0	5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	b	4	3	21	5	4	4	6	6	1	5	4	0	0	7	4	5	2	4	0	0	3	1	8	17	7	12	6	139
	B	0	1	2	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	4	1	22
																													271
		Preparacion del sitio					Construcción											Operación y mantenimiento							Abandono				
Por etapa del proyecto	a	23					59											12							8				102
	A	5					2											1							0				8
	b	28					42											27							42				139
	B	3					6											5							8				22
		59					109											45							58				271
Por el proyecto	a	102																											102
	A	8																											8
	b	139																											139
	B	22																											22
																													271
		PROPORCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (%)																											
Por etapa del proyecto	a	8.49					21.77											4.43							2.95				37.64%
	A	1.85					0.74											0.37							0.00				2.95%
	b	10.33					15.50											9.96							15.50				51.29%
	B	1.11					2.21											1.85							2.95				8.12%
		21.77					**40.22**											**16.61**							**21.40**				100.00%

IV.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.

IV.2.1. INDICADORES DE IMPACTO IDENTIFICADOS EN LA INTERACCIONES.

Tabla IV. 6 Impactos identificados

Componentes	Factores	Impactos	Producido por:
Atmósfera	Calidad del aire	▪Perdida de la calidad del aire: Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero	▪Plantas motrices de maquinaria pesada. ▪Plantas motrices de autotransporte de carga y personal. ▪Emisión de polvos fugitivos de tolvas durante transporte de materiales terrígenos. ▪Polvo producido por el tráfico de vehículos de carga o personal sobre caminos de tierra. ▪Movimiento de tierras.
	Ruido y vibraciones	▪Contaminación acústica.	▪Silenciadores en mal estado. ▪Plantas motrices de maquinaria pesada. ▪Plantas motrices de autotransporte de carga y personal. ▪Tráfico de vehículos automotores. ▪Uso de maquinaria pesada.
Geología	Relieve	▪Alteración del relieve natural.	▪Corte del terreno.
	Estabilidad de taludes/geoformas	▪Alteración de taludes o geoformas	▪Construcción de caminos y carreteras. ▪Construcción de puentes.
Agua superficial y subterránea	Escurrimientos superficiales	▪Alteración de cauces naturales	▪Retiro de cubierta vegetal. ▪Corte del terreno. ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento ▪Construcción de puentes.
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	▪	▪Retiro de cubierta vegetal ▪Corte del terreno. ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento ▪Construcción de puentes.
	Patrón de drenaje	▪Alteración del patrón de drenaje natural	▪Retiro de cubierta vegetal . ▪Corte del terreno. ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento ▪Construcción de puentes.
Suelo	Calidad del suelo	▪Pérdida de la calidad del suelo.	▪Compactación del suelo por retiro de cobertura vegetal, excavaciones y compactaciones. ▪Sellado del suelo por carretera. ▪Potencial contaminación por generación de residuos (RP, RME, RSU) derivado de la intervención constructiva. ▪Construcción de puentes.
	Erosión	▪Susceptibilidad a la erosión.	▪Derivado del retiro de la cobertura vegetal protectora.
	Uso actual	▪Cambio en el uso actual del suelo.	▪Retiro de cubierta vegetal. ▪Uso carretero.
	Captura de carbono	▪Alteración de la captura de carbono.	▪Retiro de cubierta vegetal.
	Compactación	▪Compactación de suelo.	▪Compactación del suelo por retiro de cobertura vegetal, excavaciones y compactaciones. ▪Transito de vehículos y maquinaria. ▪Construcción de terraplén. ▪Colocación de pavimento.

Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (SST)	▪Potencial contaminación de los escurrimientos naturales por solidos suspendidos totales.	▪Potencial contaminación por generación de remoción de vegetación y dejar desprovisto el suelo, derivado de la intervención constructiva. ▪Construcción de puentes.
	Calidad del agua terrestre (Grasas y Aceites)	▪Potencial contaminación de los escurrimientos naturales por grasas y aceites.	▪Potencial contaminación por generación de residuos (RP) derivado de la intervención constructiva. ▪Construcción de puentes.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora	▪Reducción de la cobertura vegetal.	▪Desmonte. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Especies de flora protegidas o de interés especial	▪Alteración de la distribución potencial, aunque no se registraron dentro del predio.	▪Desmonte. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Biodiversidad de flora	▪Reducción de la cobertura vegetal.	▪Desmonte. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Distribución y abundancia de fauna	▪Reducción de la cobertura faunística.	▪Remoción del hábitat natural. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Especies de fauna protegidas o de interés especial	▪Alteración de la distribución potencial, aunque no se registraron dentro del predio.	▪Desmonte. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Biodiversidad de fauna	▪Reducción de la diversidad faunística.	▪Remoción del hábitat natural. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
	Funcionalidad del sistema	▪Reducción de funcionalidad natural dentro del polígono del proyecto.	▪Remoción del ecosistema natural. ▪Construcción de caminos ▪Construcción de terraplén ▪Colocación de pavimento
Fauna acuática	Distribución y abundancia del plancton	▪Reducción de indicadores. ▪Transporte de especies exóticas.	▪No se identificaron interacciones
	Biota bentónica	▪Remoción o alteración.	▪No se identificaron interacciones
	Especies nectónicas	▪Alejamiento del área de influencia directa. ▪Transporte de especies exóticas.	▪No se identificaron interacciones
	Especies protegidas y de interés especial	▪Alteración de la distribución potencial. ▪Transporte de especies exóticas.	▪No se identificaron interacciones
Flora acuática	Flora acuática	▪Reducción de indicadores.	▪No se identificaron interacciones
Paisaje	Visibilidad	▪Modificación de la línea de visión natural del predio desde cualquier punto de visión.	▪No se identificaron interacciones
	Calidad paisajística	▪Alteración de la calidad paisajística natural.	▪Obras y actividades del Proyecto.
	Fragilidad visual	▪Alteración de la fragilidad visual.	▪Obras y actividades del Proyecto.
Población	Demografía y migración	▪Aumento poblacional. ▪Reducción de la migración.	▪Obras y actividades del Proyecto tendrá un importante impacto en la generación de empleos directos e indirectos en todas las etapas de este.

			▪La población local aumentará por la atracción de personal externo de las empresas contratistas de obra participantes en su desarrollo. ▪El empleo generado por un importante periodo de tiempo, reducirá la migración de los estratos de la población económicamente activa en busca de oportunidades foráneas.
	Actividades recreativas y culturales	▪Reducción de los espacios naturales.	▪No se identificaron interacciones
	Calidad de vida	▪Fortalecimiento de la calidad de vida.	▪La estabilidad y remuneración económica asociados a una fuente de empleos de larga duración puede llegar a mejorar y fortalecer la calidad de vida del personal que labore de manera temporal en las distintas etapas del Proyecto, así como la mejora en las localidades cercanas por la generación de la nueva estructura carretera.
Servicio	Servicios e infraestructura	▪Aumento en la prestación de servicios para la creación de infraestructura.	▪Obras y actividades del Proyecto.
	Vialidades y acceso	▪Habilitación local. ▪Congestionamiento vial.	▪Obras y actividades del Proyecto. ▪Tráfico de maquinaria, equipo, insumos y personal.
	Interacción de las comunidades	▪Congestionamiento vial. ▪Prestación de servicios personales (hospedaje, alimentación y salud) a trabajadores de obra.	▪Tráfico de maquinaria, equipo, insumos y personal. ▪Contratación de personal para ejecutar obras y actividades del Proyecto.
Economía	Economía regional	▪Mejoramiento de la economía.	▪Obras y actividades del Proyecto generará una importante derrama económica regional. ▪Operación del Proyecto generará ingresos al mejorar el desarrollo de economías locales.
	Empleo y mano de obra	▪Alta oferta de empleos básicos y especializados.	▪Obras y actividades del Proyecto.
	Actividades productivas	▪Disponibilidad de nuevos y mejores accesos carreteros.	▪Operación de nueva carretera.
		▪Interacciones con la actividad agrícola, pesquera, acuícola o ecoturística.	▪Disponibilidad de mejores accesos para transportar productos agrícolas, pesqueros, industriales.
	Valor catastral	▪Aumento del valor catastral.	▪Obras y actividades del Proyecto.
Normatividad ambiental		▪Apego a la normatividad ambiental.	▪Marco jurídico ambiental.
Manejo y administración del riesgo ambiental		▪Apego a los requerimientos en materia de riesgo ambiental.	▪Marco jurídico para actividades de construcción.
Seguimiento ambiental del proyecto		▪Aplicación de medidas de seguimiento ambiental.	▪Resolución y programas ambientales.

IV.2.2. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.

Posteriormente, los resultados de la identificación de impactos, fueron valorados en términos de magnitud e importancia mediante la Matriz de Significancias, en la relación proyecto-sistema ambiental, que aporte elementos de juicio en la descripción de impactos y las medidas de mitigación de impactos ambientales aplicables en cada caso. Para ello, se determinó la definición y el alcance de los criterios en la calificación de los impactos en los términos

señalados (magnitud e importancia). Los impactos se califican en una escala de 0 a +/-10 según su magnitud y de 0 a 5 según su importancia.

Como resultado de ello, se identifican los impactos más relevantes que requieren su atención y tratamiento. En cada una de las celdas marcadas con diagonal se anotará el valor de la magnitud en la mitad superior izquierda y el valor de la importancia en la mitad inferior derecha, pasando a analizar y discutir cada impacto para ajustar los valores preliminares asignados a las interacciones o para modificar el diseño de las obras propuestas. El peso relativo que se asigna a cada variable y los ajustes que se hacen a los valores, se determinan a nivel de grupo interdisciplinario.

En particular, para la estimación de los valores de magnitud de los impactos ambientales de cada una de las acciones consideradas, inicialmente se determinaron las interacciones existentes entre acción programada y factor ambiental; los valores de magnitud se estimaron considerando los siguientes elementos:

1. Extensión o cobertura del impacto
2. Duración del impacto
3. Continuidad
4. Intensidad del impacto
5. Acumulación y/o sinergia del impacto considerado

Estos elementos fueron evaluados por el consenso de los expertos (cualitativa), en escala de 1 a 10 asignándose valores negativos a los impactos adversos y positivos a los impactos benéficos. El valor 0 no existe y es en ese caso cuando no hay interacción directa entre el factor ambiental y el componente del proyecto. A continuación, se describe cada uno de los conceptos de calificación utilizados en la evaluación de impactos:

Tabla IV. 7 Criterios de magnitud en la valoración de impactos ambientales.

Término	Definición
Extensión del efecto (E):	Tamaño de la superficie o volumen afectado por una determinada acción.
Duración del impacto (D):	Lapso de tiempo durante el cual se manifiesta el efecto ambiental de la ejecución de una acción de proyecto.
Continuidad o frecuencia del efecto (C):	Frecuencia con la cual se produce determinado efecto o presencia del mismo en relación con el periodo de tiempo que abarca la acción que lo provoca.
Intensidad del impacto (I):	Nivel de aproximación del efecto con respecto a estándares existentes (límites permisibles en las Normas Oficiales Mexicanas, la proporción de las existencias del factor ambiental en el área de estudio que serán afectadas por el impacto o, valores predeterminados en la literatura).
Acumulación del efecto (A):	Presencia de los efectos aditivos en los impactos.

Sinergia (S):	Interacción de orden mayor entre impactos que resulta en la potencialización del efecto de uno o varios de ellos.

Evaluar de 1 - 10 la **extensión** o cobertura del impacto. Ejemplo: si la acción a evaluar cubre toda el área del proyecto o comprende todo o una fracción del recurso ambiental afectado Será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla IV. 8 Criterios de extensión en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de extensión o cobertura	
10: La acción comprende el 100% del área del proyecto o bien tiene efectos en toda el área y en alrededores.	5: La acción comprende la mitad del área del proyecto o bien el recurso afectado se encuentra presente en el 50% del área y este es afectado por la acción en su totalidad.
9: La acción comprende el 100% del área del proyecto, pero no tiene efectos en toda el área y en alrededores.	4: La acción comprende la mitad del área del proyecto, pero el recurso afectado no se encuentra presente en el área de las obras permanentes.
8: La acción comprende el 80% del área del proyecto o bien tiene efectos en toda el área y en alrededores.	3: La acción comprende cerca del 25 % del área del proyecto
7: La acción comprende el 80% del área del proyecto, pero no tiene efectos en toda el área y en alrededores.	2: La acción comprende menos del 25 % del área del proyecto, pero es notoria la acción
6: La acción comprende más del 60% del área del proyecto o tiene efectos en toda el área y en alrededores.	1: la cobertura del impacto comprende solo una pequeña fracción del área del proyecto o del recurso afectado, impacto puntual.

Evaluar la **duración** del impacto de 1 a 10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla IV. 9 Criterios de duración en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de duración	
10 equivale a un impacto de duración prolongada en la etapa evaluada	5 equivale a impacto de duración significante en acciones de una etapa evaluada
9 equivale a un impacto de duración larga en la etapa evaluada	4 equivale a impacto de duración suficiente en toda la etapa evaluada
8 equivale a un impacto de duración alta, en toda la etapa evaluada	3 equivale a impacto de duración suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de duración alta, en acciones de una etapa evaluada	2 equivale a impacto de duración perceptible
6 equivale a impacto de duración significante en toda la etapa evaluada	1 equivale a impacto sin duración de afectación

Evaluar la **continuidad** del impacto de 1 -10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla IV. 10 Criterios de continuidad en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de continuidad	
10 equivale a un impacto de continuidad prolongada en la etapa que sin duda deriva en otras repercusiones al ambiente	5 equivale a impacto de duración significante en acciones de una etapa evaluada repercusión local
9 equivale a un impacto de continuidad larga en la etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	4 equivale a impacto de continuidad suficiente en toda la etapa evaluada
8 equivale a un impacto de continuidad alta, en toda la etapa evaluada que deriva en otras repercusiones al ambiente	3 equivale a impacto de continuidad suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de continuidad alta, en acciones de una etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	2 equivale a impacto de continuidad perceptible
6 equivale a impacto de continuidad significante en toda la etapa que deriva en otras repercusiones al ambiente	1 equivale a impacto sin continuidad, solo de repercusión directa

Evaluar la **Intensidad** (profundidad) del impacto de 1 a 10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla IV. 11 Criterios de intensidad en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de intensidad	
10 equivale a un impacto de intensidad muy alta en la etapa evaluada, siendo un impacto muy fuerte	5 equivale a impacto de intensidad significante en acciones de una etapa evaluada
9 equivale a un impacto de intensidad larga en la etapa evaluada siendo un impacto muy fuerte	4 equivale a impacto de intensidad suficiente en toda la etapa evaluada.
8 equivale a un impacto de intensidad alta, en toda la etapa evaluada siendo un impacto fuerte	3 equivale a impacto de intensidad suficiente en acciones de una etapa evaluada
7 equivale a impacto de intensidad alta, en acciones de una etapa evaluada siendo un impacto fuerte	2 equivale a impacto de intensidad perceptible
6 equivale a impacto de intensidad significante en toda la etapa evaluada	1 equivale a impacto sin intensidad de afectación, prácticamente imperceptible

Evaluar la **Acumulación** y/o Sinergia del impacto de 1 a10. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

Tabla IV. 12 Criterios de acumulación y sinergia en la valoración de impactos ambientales.

Criterio de acumulación y/o sinergia	
10: Acumulativo y sinérgico, inevitable (hay certeza de que ocurrirá)	5: Potencialmente acumulativo o sinérgico (no hay certeza de que ocurrirá)
9: Acumulativo y sinérgico, puede ser evitable (con medidas de mitigación)	4: Acumulativo o sinérgico, con baja probabilidad de presentarse
8: Acumulativo o Sinérgico, inevitable (hay certeza de que ocurrirá)	3: Acumulativo o sinérgico, poco probable

7: Acumulativo o Sinérgico, inevitable (no hay certeza de que ocurrirá)	2: Acumulativo o sinérgico, no probable
6: Potencialmente acumulativo o sinérgico (hay certeza de que ocurrirá)	1: No acumulativo, no sinérgico,

Es importante destacar que los resultados acumulados en magnitud de impactos resultaron con saldo positivo. El Anexo 8 contiene la Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental que muestra la memoria de cálculo de la magnitud e importancia de cada impacto evaluado.

Para la estimación de la **importancia** se consideraron los elementos siguientes:

1. Reversibilidad
2. Mitigabilidad
3. Residualidad
4. Valor económico
5. Valor sociocultural

Estos elementos fueron evaluados en escala de +1 a + 5. Para la estimación de cada uno de los elementos se requirió de la participación de un equipo multidisciplinario, con conocimiento de campo de la zona del proyecto, sobre la base de una evaluación preliminar realizada por el área encargada de la integración de la evaluación.

Tabla IV. 13 Criterios de importancia en la valoración de impactos ambientales

Término	Definición
Reversibilidad del impacto (R):	Posibilidad de que el factor afectado pueda volver a su estado original, una vez producido el impacto y suspendida la acción tensionante.
Mitigabilidad (M):	Posibilidad que existe para aplicar medidas preventivas, correctivas y/o compensatorias a un determinado impacto.
Residualidad (Re):	Aquellos impactos que aún con medidas de mitigación no es posible controlar la totalidad de la afectación.
Valor económico (Ve):	Aquellos impactos que inciden directamente en la inversión del promovente y la afectación de recursos económicos de externos al proyecto.
Valor sociocultural (Vs):	Aquellos impactos que modifican parámetros poblacionales como migración, usos y costumbres del entorno del proyecto.

Para explicar el empleo de los **rangos de valoración**, se enlistan los siguientes criterios:

Evaluar la **reversibilidad** del impacto de 1 a 5. El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5 equivale a un impacto 100% irreversible
4 impacto reversible a muy corto plazo

3 impacto reversible inmediatamente después de que suceda la acción
2 impacto reversible espontáneamente
1 impacto 100% reversible

Evaluar la **mitigabilidad** (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: El impacto no tiene mitigabilidad / ecosistema frágil
4: El impacto no tiene mitigabilidad / el ecosistema no frágil
3: Acciones sin rango de importancia sin medida de mitigación efectiva.
2: Acciones con rango de importancia con medida de mitigación efectiva.
1: la zona prácticamente no requiere medida de mitigación por el proyecto.

Evaluar la **residualidad** de factor ambiental a evaluar (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: El impacto ambiental es residual sin medida de mitigación efectiva
4: El impacto ambiental es residual con medida de mitigación efectiva
3: El impacto ambiental no es residual con medida de mitigación efectiva
2: No hay interacción directa
1: No hay residualidad del impacto, existe medida de mitigación efectiva

Evaluar la **importancia** por el valor económico del recurso (de 1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: Recurso con muy alto valor económico
4: Recurso con alto valor económico
3: Recurso con cierto valor económico
2: Recurso con muy poco valor económico
1: Recurso prácticamente sin valor económico.

Evaluar la **importancia** por el valor sociocultural del recurso (1 a 5). El signo será positivo si es benéfico o negativo si es adverso. Ejemplo:

5: Recurso con muy alto valor sociocultural
4: Recurso con alto valor sociocultural
3: Recurso con cierto valor sociocultural
2: Recurso con muy poco valor sociocultural
1: Recurso prácticamente sin valor socio-cultural

Identificando con un signo negativo al impacto adverso y con signo positivo a los impactos benéficos. Los resultados acumulados en importancia de impactos salieron en saldo positivo. Lo anterior puede analizarse a detalle en la Tabla inferior.

Significancia.

Para valorar la significancia de los impactos ambientales, fue necesario ver en conjunto la evaluación de magnitud e importancia y no como evaluaciones únicas. Para ello, se realizó la siguiente operación aritmética sencilla:

Evaluación final del impacto = Importancia + Magnitud

Tabla IV. 14 Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto

			Preparacion del sitio			Construccion												Operación y mantenimiento									Abandono				
			Movimientos de vehículos, cargamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.\	CUSTF. Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental durante la remoción de vegetación, rescate flora y	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos,	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-10 -8	-27 -8	20 12	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-15 -6	-15 -6	-6 -5	13 10	11 10	-16 -8	-11 -6	11 9	-17 -11	-10 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	0 0	0 0	0 0
		Ruido y vibraciones	-10 -8	-19 -8	13 11	-21 -8	-21 -8	-21 -8	-16 -6	-16 -6	0 0	0 0	0 0	-15 -6	-10 -6	11 9	-21 -14	-11 -6	0 0	0 0	-5 -5	-10 -6	0 0	0 0	-17 -6	11 9	-14 -6	0 0	0 0
	Geología	Relieve	0 0	0 0	0 0	-10 -8	-6 -6	-10 -8	-11 -8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	0 0	0 0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0 0	0 0	0 0	0 0	-6 -6	-13 -9	-12 -9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	17 14	16 13	0 0
	Hidrología superficial y subterránea	Escurrimientos superficiales	0 0	-18 -9	18 14	-18 -9	0 0	-18 -9	-18 -9	32 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	33 20	31 16	0 0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0 0	-13 -9	18 14	-18 -9	-11 -6	-17 -14	-17 -14	21 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 9	26 15	30 16	0 0
		Patrón de drenaje	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-7 -11	-17 -15	33 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 19	0 0	0 0	0 0
	Suelo	Calidad del suelo	-10 -8	-18 -10	22 19	-19 -10	-24 -16	-23 -13	-23 -13	0 0	0 0	22 19	22 19	-14 -10	0 0	17 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	17 14	17 14	-12 -10	17 14	0 0	29 20	0 0
		Erosión	0 0	-22 -10	23 19	0 0	-22 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 20	27 10	0 0
		Captura de carbono	0 0	-26 -11	24 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	33 18	0 0
		Uso actual	0 0	-21 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Compactación	-16 -8	-15 -8	17 14	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	-12 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	16 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 14	0 0	0 0	0 0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-10 -6	-18 -10	31 18	-17 -6	-17 -6	-17 -6	0 0	0 0	0 0	22 19	22 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 14	0 0	0 0	19 14	0 0	21 14	16 14	31 20	35 19	25 17
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-11 -10	-11 -10	27 18	-16 -10	-11 -10	-11 -10	-10 -9	-16 -10	0 0	22 19	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	-14 -12	-8 -7	0 0	0 0	0 0	17 14	0 0	21 15	0 0	0 0	0 0	0 0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia Flora	0 0	-29 -19	22 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	35 18	29 18
		Especies protegidas o de interés especial Flora	0 0	-13 -15	26 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 14	0 0	38 19	33 19
		Biodiversidad Flora	0 0	-29 -19	19 18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 15	0 0	0 0	22 22
		Distribucion y abundancia Fauna	0 0	-17 -10	19 15	-25 -11	0 0	0 0	-24 -11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16	0 0
		Especies protegidas o de interés especial-Fauna	0 0	-11 -13	18 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biodiversidad Fauna	0 0	-22 -10	19 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-22 -10	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21 16
		Funcionalidad del sistema	0 0	-27 -20	19 14	0 0	0 0	-12 -13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	15 13	25 18	37 22	28 16
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Biota bentonica	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies nectónicas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Especies protegidas y de interés especial	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	Flora acuática	Flora acuática	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	Paisaje	Visibilidad	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad paisajística	-9 -6	-10 -6	14 15	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	-9 -6	0 0	11 14	11 14	0 0	0 0	16 17	-12 -11	-6 -6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	12 13	21 17	25 19	31 18	0 0
		Fragilidad visual	-9 -6	-20 -12	12 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	13 15	0 0	27 17	0 0
Ambiente socioeconomico	Población	Demografía y migración	9 14	0 0	0 0	15 15	15 15	15 15	10 14	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6 13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Actividades recreativas y culturales	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		Calidad de vida	0 0	0 0	0 0	-11 -14	13 9	14 9	30 15	0 0	25 16	0 0	0 0	-15 -10	-15 -10	0 0	37 14	13 9	17 13	19 13	0 0	0 0	0 0	14 13	-8 -11	0 0	25 11	0 0
	Servicio	Servicios e infraestructura	8 7	8 7	0 0	20 12	15 10	22 12	32 17	27 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Vialidades y acceso	0 0	0 0	0 0	23 12	0 0	25 12	38 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	42 15	19 12	16 14	14 14	0 0	0 0	0 0	15 12	-8 -12	0 0	0 0	0 0
		Interacción de las comunidades	9 16	0 0	18 17	27 17	0 0	0 0	23 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 17	26 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	26 17	-8 -14	0 0	0 0	0 0
	Economía	Economía regional	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	40 18	29 18	0 0	16 15	0 0	0 0	0 0	0 0	-8 -14	0 0	0 0	0 0
		Empleo y mano de obra	13 15	13 15	10 14	24 17	24 17	31 19	19 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20 18	15 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	-14 -16	0 0	0 0	0 0
		Actividades productivas	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	28 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	8 12	-22 -18	0 0	0 0	0 0
		Valor Catastral	0 0	36 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0 0	32 16	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 15	0 0	0 0	0 0	0 0	29 17	30 17
		Administración del riesgo ambiental	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	14 13	0 0	0 0	0 0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0 0	0 0	34 16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	32 15	31 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	27 14	0 0	0 0	25 15	29 17	29 17	0 0

Tabla IV. 15 Matriz de valoración de significancia que adiciona la Importancia y Magnitud de los impactos ambientales del proyecto.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento									Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.)	CUSTF. Desmonte y desyalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc.)	Terracerias y camino de acceso	Cortes y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de obras complementarias (cunetas, drenaje, puentes, bordillos	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-18	-35	32	-29	-29	-29	-21	-21	-11	23	21	-24	-17	20	-28	-16	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-18	-27	24	-29	-29	-29	-22	-22	0	0	0	-21	-16	20	-35	-17	0	0	-10	-16	0	0	-23	20	-20	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-18	-12	-18	-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-12	-22	-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	31	29	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-27	32	-27	0	-27	-27	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	53	47	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-22	32	-27	-17	-31	-31	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	41	46	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-18	-32	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-18	-28	41	-29	-40	-36	-36	0	0	41	41	-24	0	31	0	0	0	0	0	0	31	31	-22	31	0	49	0
		Erosión	0	-32	42	0	-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	37	0
		Captura de Carbono	0	-37	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0
		Uso actual	0	-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-24	-23	31	-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-16	-28	49	-23	-23	-23	0	0	0	41	41	0	0	0	0	0	0	35	0	0	33	0	35	30	51	54	42
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-21	-21	45	-26	-21	-21	-19	-26	0	41	0	0	0	31	0	-26	-15	0	0	0	31	0	36	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-48	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	53	47
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-28	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	57	52
		Biodiversidad Flora	0	-48	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	44
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-27	34	-36	0	0	-35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-24	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	-32	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
		Funcionalidad del sistema	0	-47	33	0	0	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	43	59	44
	Fauna acuatica	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajistica	-15	-16	29	-15	-15	-15	-15	-15	0	25	25	0	0	33	-23	-12	0	0	0	0	0	0	25	38	44	49	0
		Fragilidad visual	-15	-32	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	44	0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografia y migracion	23	0	0	30	30	30	24	30	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-25	22	23	45	0	41	0	0	-25	-25	0	51	22	30	32	0	0	0	0	27	-19	0	36	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	15	15	0	32	25	34	49	42	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	26	-20	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	35	0	37	55	0	0	0	0	0	0	0	57	31	30	28	0	0	0	0	27	-20	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	25	0	35	44	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	49	43	0	0	0	0	0	0	43	-22	0	0	0
	Economia	Economia regional	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	58	47	0	31	0	0	0	0	0	-22	0	0	0
		Empleo y mano de obra	28	28	24	41	41	50	50	35	0	0	0	0	0	0	38	30	0	0	0	0	0	0	0	-30	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	20	-40	0	0	0
		Valor Catastral	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	48	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	46	47
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	50	0	0	0	0	0	0	47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	40	46	46	0
			-54	-472	832	-120	-130	-138	2	143	30	265	220	-94	-58	183	230	102	45	126	-10	-16	178	31	194	341	373	740	313
			306			303											880									1767			
			9.30%			9.20%											26.73%									53.68%			

Para facilitar la comparación, se estandarizaron las valoraciones a un intervalo base de 1-100; considerando además los rangos de valores máximos obtenidos como los de mayor significancia. De acuerdo al rango se valores obtenidos en la evaluación final de los impactos, se definieron los niveles de significancia indicados en la Tabla inferior.

Tabla IV. 16 Resumen de valoración de magnitud e importancia del proyecto

SIGNIFICANCIA			
Categoría	Nivel de significancia	Descripción	Rango de valores (+ -)
No Significativos	Irrelevantes	Alteraciones de muy baja afectación a los componentes y que no comprometen la integridad de los procesos ecosistémicos.	1 - 25
	Moderados	Alteraciones que afectan componentes sin poner en riesgo los procesos.	26 - 50
Significativos	Severos	Alteraciones que sin medidas de mitigación afectan el funcionamiento o estructura del ecosistema dentro del SAR.	51 - 75
	Críticos	Alteraciones que aún y con medidas de mitigación afectan el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	76 - 100

La Tabla inferior presenta la matriz con los resultados de la evaluación final de cada impacto generado en cada una de las etapas de desarrollo del Proyecto, codificado por color del nivel de significancia según los criterios antes citados.

Tabla IV. 17 Matriz de nivel de significancia de impactos ambientales.

			Preparacion del sitio			Construccion											Operación y mantenimiento									Abandono			
			Preliminares (vestidos, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos,	CUSTF Desmontes y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate flora y fauna, suelo, etc)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos,	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de cuerpo carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terreros y escombreras locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-31	-59	54	-49	-49	-49	-36	-36	-19	39	36	-41	-29	34	-47	-27	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-31	-46	41	-49	-49	-49	-37	-37	0	0	0	-36	-27	34	-59	-29	0	0	-17	-27	0	0	-39	34	-34	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-31	-20	-31	-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-20	-37	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	49	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-46	54	-46	0	-46	-46	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	80	80	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-37	54	-46	-29	-53	-53	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	69	78	0
		Patrón de drenaje	0	0	0	0	0	-31	-54	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	0
	Suelo	Calidad del suelo	-31	-47	69	-49	-68	-61	-61	0	0	69	69	-41	0	53	0	0	0	0	0	0	53	53	-37	53	0	83	0
		Erosión	0	-54	71	0	-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	63	0
		Captura de Carbono	0	-63	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0
		Uso actual	0	-53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-41	-39	53	-31	-31	-31	-31	-31	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-27	-47	83	-39	-39	-39	0	0	0	69	69	0	0	0	0	0	0	59	0	0	56	0	59	51	86	92	71
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-36	-36	76	-44	-36	-36	-32	-44	0	69	0	0	0	53	0	-44	-25	0	0	0	53	0	61	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-81	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	90	80
		Especies protegidas o de interes especial Flora	0	-47	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	97	88
		Biodiversidad Flora	0	-81	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	75
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-46	58	-61	0	0	-59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0
		Especies protegidas o de interes especial-Fauna	0	-41	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biodiversidad Fauna	0	-54	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
		Funcionalidad del sistema	0	-80	56	0	0	-42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	73	100	75
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuática	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-25	-27	49	-25	-25	-25	-25	-25	0	42	42	0	0	56	-39	-20	0	0	0	0	0	0	42	64	75	83	0
		Fragilidad visual	-25	-54	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	75	0
Ambiente socioeconomico	Poblacion	Demografía y migracion	39	0	0	51	51	51	41	51	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-42	37	39	76	0	69	0	0	-42	-42	0	86	37	51	54	0	0	0	0	46	-32	0	61	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	25	25	0	54	42	58	83	71	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	44	-34	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	59	0	63	93	0	0	0	0	0	0	0	97	53	51	47	0	0	0	0	46	-34	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	42	0	59	75	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	83	73	0	0	0	0	0	0	73	-37	0	0	0
	Economia	Economía regional	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	98	80	0	53	0	0	0	0	0	-37	0	0	0
		Empleo y mano de obra	47	47	41	69	69	85	85	59	0	0	0	0	0	0	64	51	0	0	0	0	0	0	0	-51	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	34	-68	0	0	0
		Valor Catastral	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	81	85	0	0	0	0	0	0	80	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	78	80
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	85	0	0	0	0	0	0	80	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	0	68	78	78	0
			-94	-800	1411	-204	-221	-234	3	241	50	448	372	-160	-98	311	390	174	77	213	-17	-27	302	53	329	578	633	1256	532
			517			508											1494									2999			
			9.26%			9.10%											26.77%									53.74%			

SIGNIFICANCIA

		ADVERSOS	BENÉFICOS
NO SIGNIFICATIVOS	IRRELEVANTES	-1 A -25	1 A 25
	MODERADOS	-26 A -50	26 A 50
SIGNIFICATIVOS	SEVEROS	-51 A -75	51 A 75
	CRITICOS	-76 A -100	76 A 100

Finalmente, la Tabla inferior resume los niveles de significancia de los impactos evaluados considerando magnitud e importancia, y que permite valorar la existencia de impactos residuales. Cabe señalar que los resultados indican que de las 271 interacciones de impacto identificadas, el 59% se consideran de naturaleza benéfica y el 41% adversa. Entre los impactos adversos significativos, considerando el total de relaciones de impacto, el 1% se consideran críticos y el 7% de nivel severo. En comparación, los impactos de naturaleza benéfica significativos (considerando el total de relaciones de impacto), alcanzan el 15% de impactos de nivel crítico y el 28% severos; lo cual representa un balance claramente a favor de los impactos benéficos del Proyecto.

Tabla IV. 18 Resumen de significancia de impactos ambientales.

SIGNIFICANCIA		IMPACTOS AMBIENTALES						Impactos Totales	%
		ADVERSOS		%	BENÉFICOS		%		
		Intervalo	Subtotal		Intervalo	Subtotal			
No Significativos	Irrelevantes	-1 A -25	13	5%	1 A 25	2	1%	15	6%
	Moderados	-26 A -50	75	28%	26 A 50	40	15%	115	42%
Significativos	Severos	-51 A -75	19	7%	51 A 75	77	28%	96	35%
	Críticos	-76 A -100	3	1%	76 A 100	42	15%	45	17%
TOTALES			110	41%		161	59%	271	100%

La Figura inferior muestra una representación gráfica más clara del balance positivo al comparar la naturaleza y nivel de impacto del Proyecto. La Figura inferior presenta una representación gráfica en pastel donde se aprecia la proporción de los niveles de impacto por naturaleza para el total de interacciones identificadas; así como la proporción de los niveles particulares para el número de interacciones adversas y benéficas identificadas. Aunque los impactos de naturaleza adversa y benéfica guardan proporciones muy similares, no se debe perder de vista que existe una disparidad claramente superior de los impactos benéficos al considerar su número en el conteo total de estos.

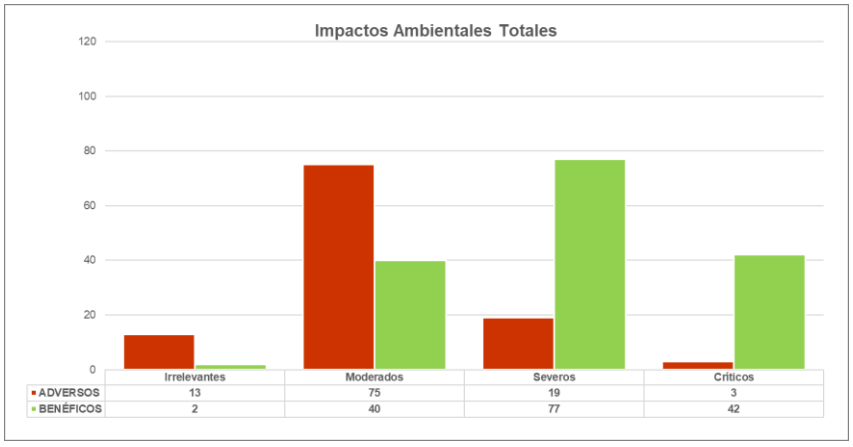


Figura IV. 3 Representación gráfica de la proporción por naturaleza y nivel de los impactos ambientales del Proyecto.

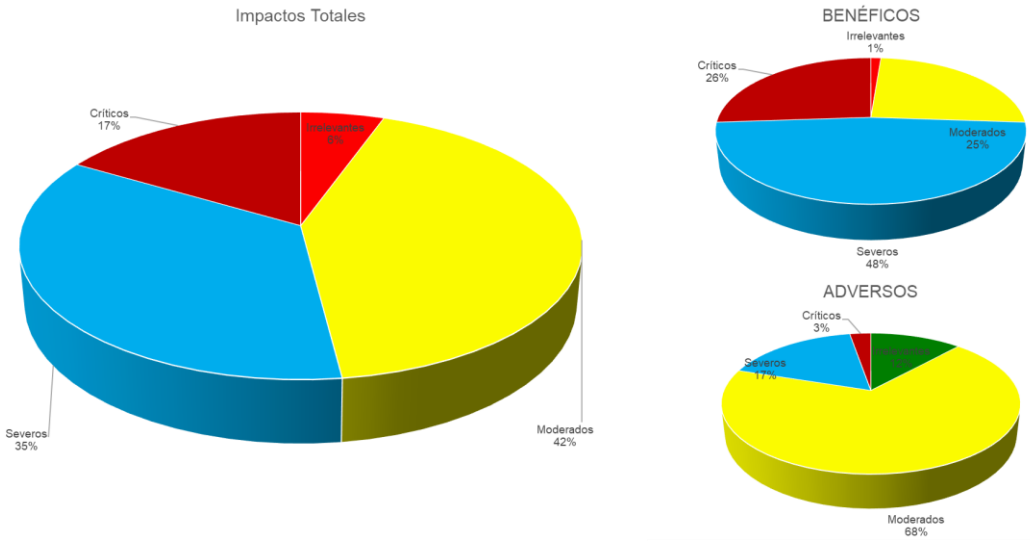


Figura IV. 4 Representación gráfica de la proporción de los impactos totales, benéficos y adversos según su nivel de significancia estimado.

Descripción de impacto por etapa y componente ambiental.

ETAPA DE PREPARACIÓN DELSITIO Y CONSTRUCCIÓN			
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**
Atmosfera	Calidad del aire	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) -C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) -C-Colocación de señalamientos -C-Transporte de materiales, equipos e insumos. -C-Transporte de personal	- Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.
	Ruido y vibraciones	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) -C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos) -C-Transporte de materiales, equipos e insumos. -C-Transporte de personal	- Emisión de ruido perimetral.
Geología	Relieve	-C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Cambios en el relieve natural del predio del Proyecto.
	Estabilidad de taludes/geoformas	-C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Modificación de la taludes y geoformas por infraestructura carretera.
Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	-P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Alteración de la velocidad y dirección de los escurrimientos naturales.
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	-P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- La infiltración en el área del proyecto es de 27.069 m^3/año. En el escenario con desmonte, la infiltración se reduce hasta presentar un déficit de – 211.4 m^3/año. La evaluación de infiltración mediante la implementación de medidas de mitigación resulta en 88.085 m^3/año lo que resulta en una ganancia de 61.986 m^3/año.

	Patrón de drenaje	-C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico)	- Alteración del patron de drenaje por infraestructura carretera.
Suelo	Calidad del suelo	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento -C-Transporte de materiales, equipos e insumos.	- Potencial contaminación del suelo - Pérdida del suelo fértil
	Erosión	-P- Desmonte y despalme de predio -C-Corte y excavaciones	- Erosión del suelo. - Exposición de suelos a erosión hídrica y eólica: incremento estimado de 43.323 ton de pérdida hídrica y 151.054 ton de pérdida eólica. - Incremento de 194.377 toneladas respecto a las condiciones actuales.
	Captura de carbono	-P- Desmonte y despalme de predio	- Pérdida de la capacidad de captura de carbono por desmonte y sellamiento del suelo.
	Uso actual	-P- Desmonte y despalme de predio	- Pérdida de ecosistema natural.
	Compactación	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) -C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Compactación del suelo por acciones mecánicas de la obra y tránsito de vehículos.
Calidad del Agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén	- Potencial contaminación del agua por solidos suspendidos totales.
	Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) -C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Potencial contaminación del agua por grasas y aceites.

Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora. Especies protegidas o de interés especial de flora. Biodiversidad de flora. Distribución y abundancia de fauna. Especies protegidas o de interés especial de fauna. Biodiversidad de fauna. Funcionalidad del sistema.	-FLORA -P- Desmonte y despalme de predio - -FAUNA -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) - -FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA -P- Desmonte y despalme de predio -C-Construcción del cuerpo del terraplén	- Impacto sobre indicadores de flora y fauna por efectos del desmonte y despalme - Remoción total de la cubierta vegetal; pérdida de individuos de especies enlistadas en el sitio del proyecto y reubicación de los mismos en el polígono de remediación.
Paisaje	Calidad paisajística	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio -C-Terracerias y camino de acceso -C-Corte y excavaciones -C-Construcción del cuerpo del terraplén -C-Colocación de pavimento (concreto hidraúlico) -C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, bordillos, lavaderos)	- Alteración del paisaje por obras y actividades.
	Fragilidad visual	-P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) -P- Desmonte y despalme de predio	- Impacto en la Fragilidad visual por intervención de maquinar y construcción de carretera.
Economía	Calidad de vida	-C-Terracerías y camino de acceso -C-Transporte de materiales, equipos e insumos. -C-Transporte de personal -	- Impacto en la calidad de vida de los habitantes de la localidad por obstrucción temporal o desvío de camino.

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y ABANDONO			
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**
Atmosfera	Calidad del aire	-OP-Tránsito de vehículos -OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	-Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.
	Ruido y vibraciones	-OP-Tránsito de vehículos -OP-Mantenimiento de cuerpo carretero -OP-Transporte de personal -OP-Transporte de materiales e insumos -OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años. -A-Estabilización de terreros y escorrentías locales	-Emisión de ruido perimetral.
Suelo	Calidad del suelo	-OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	-Potencial contaminación del suelo.
Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (grasas y aceites)	-OP-Mantenimiento de cuerpo carretero -OP-Mantenimiento de señalizaciones	-Potencial contaminación del agua por grasas y aceites
Flora y Fauna terrestre	Biodiversidad de fauna	-OP-Tránsito de vehículos	-Potencial atropellamiento de fauna local
Paisaje	Calidad paisajistica	-OP-Tránsito de vehículos -OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	-Modificación de la calidad paisajística por tránsito de vehículos.
Economía	Calidad de vida Servicios e infraestructura Vialidades y acceso Interacción de las comunidades Economía regional Empleo y mano de obra Actividades productivas	-A-Retiro de instalaciones y limpieza	-Impacto significativo por perdida de infraestructura carretera que limitaría la comunicación con otras localidades.

Descripción de impactos ambientales adversos significativos.

La Tabla inferior presenta una matriz de cribado con los impactos ambientales adversos significativos (Severos y Críticos) del Proyecto. A continuación, se describen en fichas individuales los alcances de cada uno de estos impactos.

Tabla IV. 19 Cribado de matriz de impactos ambientales significativos adversos del Proyecto.

			Preparacion del sitio			Construccion												Operación y mantenimiento							Abandono			
			Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos,	CUSTF Desmonte y despalme de predio	Acciones de manejo ambiental (manejo de residuos, rescate de flora y fauna, suelo, etc)	Terracerias y camino de acceso	Corte y excavaciones	Construcción del cuerpo del terraplén	Colocación de pavimento (asfalto)	Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos,	Colocación de señalamientos	Acopio temporal y manejo de residuos.	Manejo de aguas residuales.	Transporte de materiales, equipos e insumos.	Transporte de personal	Retiro de obra	Tránsito de vehículos	Mantenimiento de camino carretero	Mantenimiento de señalizaciones	Desazolve de estructuras de drenaje	Transporte de personal	Transporte de materiales e insumos	Manejo de aguas residuales.	Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Retiro de instalaciones y limpieza	Estabilización de terrenos y escorrentías locales	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre
Ambiente físico	Atmósfera	Calidad del aire	-31	-59	54	-49	-49	-49	-36	-36	-19	39	36	-41	-29	34	-47	-27	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0
		Ruido y vibraciones	-31	-46	41	-49	-49	-49	-37	-37	0	0	0	-36	-27	34	-59	-29	0	0	-17	-27	0	-39	34	-34	0	0
	Geología	Relieve	0	0	0	-31	-20	-31	-32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	0	0
		Estabilidad de taludes/geoformas	0	0	0	0	-20	-37	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	53	49	0
	Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	0	-46	54	-46	0	-46	-46	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	90	80	0
		Provisión o infiltración de agua al subsuelo	0	-37	54	-46	-29	-53	-53	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	69	78	0
	Suelo	Calidad del suelo	-31	-47	69	-49	-68	-61	-61	0	0	69	69	-41	0	53	0	0	0	0	0	0	53	-37	53	0	83	0
		Erosión	0	-54	71	0	-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	63	0
		Captura de Carbono	0	-63	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0
		Uso actual	0	-53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Compactación	-41	-39	53	-31	-31	-31	-31	-31	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0
	Calidad del agua	Calidad de agua terrestre (SST)	-27	-47	83	-39	-39	-39	0	0	0	69	69	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	59	51	86	92	71
		Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	-36	-36	76	-44	-36	-36	-32	-44	0	69	0	0	0	53	0	-44	-25	0	0	0	0	61	0	0	0	0
Ambiente biológico	Flora y fauna terrestre	Distribucion y abundancia Flora	0	-81	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	90	80
		Biodiversidad Flora	0	-81	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	75
		Distribucion y abundancia Fauna	0	-46	58	-61	0	0	-59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0
		Biodiversidad Fauna	0	-54	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
		Funcionalidad del sistema	0	-80	56	0	0	-42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	73	100	75
	Fauna acuática	Distribución y abundancia plancton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Biota bentonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies nectónicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies protegidas y de interés especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flora acuatica	Flora acuatica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paisaje		Visibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad paisajística	-25	-27	49	-25	-25	-25	-25	-25	0	42	42	0	0	56	-39	-20	0	0	0	0	0	42	64	75	83	0
		Fragilidad visual	-25	-54	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	75	0
Ambiente socioeconómico	Población	Demografía y migracion	39	0	0	51	51	51	41	51	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Actividades recreativas y culturales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad de vida	0	0	0	-42	37	39	76	0	69	0	0	-42	-42	0	86	37	51	54	0	0	0	46	-32	0	61	0
	Servicio	Servicios e infraestructura	25	25	0	54	42	58	83	71	0	0	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	44	-34	0	0	0
		Vialidades y acceso	0	0	0	59	0	63	93	0	0	0	0	0	0	0	97	53	51	47	0	0	0	46	-34	0	0	0
		Interaccion de las comunidades	42	0	59	75	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	83	73	0	0	0	0	0	73	-37	0	0	0
	Economía	Economia regional	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	98	80	0	53	0	0	0	0	-37	0	0	0
		Empleo y mano de obra	47	47	41	69	69	85	85	59	0	0	0	0	0	0	64	51	0	0	0	0	0	0	-51	0	0	0
		Actividades productivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	34	-68	0	0	0
		Valor Catastral	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion ambiental		Normatividad ambiental	0	81	85	0	0	0	0	0	0	80	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	80
		Administración del riesgo ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0
		Seguimiento ambiental del proyecto	0	0	85	0	0	0	0	0	0	80	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	78	78	0

Fichas con la descripción de impactos significativos de naturaleza adversa.

Tabla IV. 20 Ficha descriptiva impactos adversos sobre calidad del aire

Componente: Atmósfera. **Factor Ambiental:** Calidad del aire			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•Empleo de maquinaria y equipo pesado; la Empleo de maquinaria y equipo pesado para la maniobra; los cuales estarán impulsadas por plantas motrices que funcionan con combustibles derivados del petróleo (diésel y/o gasolina). Se generarán emisiones de gases de efecto invernadero y partículas menores de 10 y 2.5 micras que pueden afectar la salud de las personas. •Polvos fugitivos de tolvas durante el transporte de materiales terrígenos. •Polvos por tráfico de autotransportes por accesos sin pavimentar.

Tabla IV. 21 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Ruido y vibraciones

Componente: Atmósfera. **Factor Ambiental:** Ruido y vibraciones			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Operación y mantenimiento	•Tránsito de vehículos	•Severo	•El tránsito de vehículos por la operación de la nueva carretera puede provocar ruido y vibraciones, generando ahuyentamiento de fauna local en los márgenes de la carretera.

Tabla IV. 22 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Provisión o infiltración de agua al subsuelo

Componente: Agua superficial y subterránea. **Factor Ambiental:** Provisión o infiltración de agua al subsuelo			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Construcción	•Construcción del cuerpo del terraplén	•Severo	•La construcción del terraplén puede reducir localmente la infiltración de agua al subsuelo por la compactación y la incorporación de materiales con menor permeabilidad en la franja del camino, incrementando el escurrimiento superficial. El efecto se limita principalmente al derecho de vía.

	•Colocación de pavimento (concreto hidráulico)	•Severo	•La colocación de pavimento disminuye la infiltración al subsuelo al crear una superficie prácticamente impermeable en el área de rodamiento, incrementando el escurrimiento superficial hacia cunetas y obras de drenaje. El efecto es local y permanente, limitado a la huella del camino.

Tabla IV. 23 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Calidad del suelo

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Calidad del suelo.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Construcción	•Corte y excavaciones	•Severo	•Los cortes y excavaciones pueden degradar la calidad del suelo por la remoción y mezcla del horizonte superficial, compactación por tránsito de maquinaria, pérdida de estructura y porosidad, y mayor susceptibilidad a erosión y arrastre de finos. El efecto es principalmente local y temporal, concentrado en las áreas de obra y accesos.
	•Construcción del cuerpo del terraplén	•Severo	•La construcción del cuerpo del terraplén puede afectar la calidad del suelo por la remoción del suelo superficial, el cambio de material (rellenos) y la compactación requerida para alcanzar la capacidad estructural, lo que reduce porosidad y actividad biológica del suelo. Adicionalmente, durante su conformación puede incrementar la susceptibilidad a erosión en superficies expuestas si no se estabilizan oportunamente. El efecto se concentra en el derecho de vía y zonas inmediatas de obra.
	•Colocación de pavimento	•Severo	•La colocación del pavimento implica sellamiento superficial y compactación de la subrasante/base, lo que reduce la porosidad, permeabilidad e intercambio gaseoso del suelo en la huella de rodamiento. Esto disminuye la infiltración, limita la actividad biológica edáfica y altera de forma permanente las propiedades físicas del suelo en el área intervenida. Adicionalmente, durante el colado y manejo de materiales existe riesgo puntual de contaminación por derrames de lechada de cemento, combustibles o lubricantes si no se controlan adecuadamente.

Tabla IV. 24 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Erosión

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Erosión.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•Se retirará la cubierta vegetal del suelo, lo cual lo volverá vulnerable a la erosión en tanto no se inicien los trabajos de edificación.
•Construcción	•Corte y excavaciones	•Severo	•Los cortes y excavaciones remueven la cobertura vegetal y el horizonte superficial, dejando suelos

			desnudos y superficies con pendientes (taludes y cortes) susceptibles a erosión hídrica y eólica. La alteración de la microtopografía y la generación de material suelto incrementan el desprendimiento y transporte de partículas, favoreciendo el arrastre de finos hacia zonas bajas y estructuras de drenaje, especialmente durante lluvias convectivas intensas. Si no se estabilizan oportunamente, los taludes pueden presentar cárcavas, socavación y deslizamientos superficiales, aumentando la carga de sedimentos (SST) y la necesidad de mantenimiento.

Tabla IV. 25 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Captura de Carbono

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Captura de Carbono			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•Se retirará la cubierta vegetal del suelo, lo cual incide en la captura de carbono natural en el sitio del Proyecto.

Tabla IV. 26 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Uso actual

Componente: Suelo. **Factor Ambiental:** Uso actual			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•El desmonte y despalme implica la remoción de la cobertura vegetal y del horizonte superficial en la franja autorizada, provocando un cambio de condición del uso del suelo desde un uso/cobertura natural xerófila hacia un uso de infraestructura carretera (vía de comunicación y su franja de seguridad). Esto conlleva pérdida de la funcionalidad ecológica del suelo como soporte de vegetación nativa y servicios ambientales asociados (protección contra erosión, hábitat y conectividad), además de incrementar la intervención antrópica en el área afectada.

Tabla IV. 27 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Flora

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Distribución y abundancia de Flora.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Crítico	•El desmonte y despalme provoca la remoción directa de individuos vegetales y la eliminación de la cobertura vegetal dentro del área autorizada, reduciendo de forma inmediata la abundancia y

			modificando la distribución de la flora a escala local. Al retirar el estrato superficial y compactar/alterar el sustrato, se limita la regeneración natural a corto plazo y se incrementa la fragmentación puntual del hábitat vegetal en el corredor, con pérdida de microhábitats y cambios en la estructura de la comunidad en la franja intervenida.

Tabla IV. 28 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Diversidad de Flora

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Diversidad de Flora.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Crítico	•El desmonte y despalme reduce la diversidad de flora a escala local al eliminar simultáneamente múltiples formas de vida, simplificando la estructura de la comunidad vegetal en la franja intervenida. Esta remoción disminuye la riqueza de especies y puede reducir la heterogeneidad del hábitat vegetal al perderse microambientes (sombra, hojarasca, refugios y gradientes edáficos) que favorecen la coexistencia de especies. El efecto es más marcado en la huella permanente de la carretera, donde la vegetación nativa deja de estar presente de manera funcional.

Tabla IV. 29 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Distribución y abundancia de Fauna

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Distribución y abundancia de Fauna.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Construcción	•Terracerías y camino de acceso	•Severo	•Las terracerías y el acondicionamiento de caminos de acceso pueden reducir temporalmente la distribución y abundancia de fauna por el incremento de ruido, vibraciones y presencia de maquinaria, así como por la pérdida y fragmentación puntual de hábitat y el riesgo de atropellamiento. El efecto es principalmente local y reversible, concentrado en el frente de obra y zonas inmediatas de tránsito.
	•Colocación de pavimento	•Severo	•La colocación de pavimento puede afectar temporalmente la distribución y abundancia de fauna por el ruido y actividad intensa durante la colocación de pavimento y operación de equipos, provocando desplazamiento hacia áreas adyacentes.

Tabla IV. 30 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Biodiversidad Fauna

Componente: Flora y fauna terrestre

Factor Ambiental: Biodiversidad Fauna			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•La pérdida del hábitat de especies de fauna terrestres por el retiro de vegetación provocará la pérdida o desplazamiento de especies de fauna a las áreas no intervenidas por el Proyecto. •La biodiversidad en el área de influencia del Proyecto se alterará permanentemente; sin embargo, a nivel de la cuenca hidrográfica no tendrá un efecto significativo.
•Operación y mantenimiento	•Tránsito de vehículos	•Severo	•El tránsito vehicular incrementa la mortalidad por atropellamiento (especialmente en reptiles, pequeños mamíferos y fauna de desplazamiento lento), y genera perturbación por ruido, vibración y presencia humana, lo que puede provocar desplazamiento y evitación del corredor vial. Esta combinación reduce la diversidad local en la franja inmediata al camino al favorecer únicamente especies más tolerantes al disturbio y disminuir la presencia de especies sensibles. Además, la carretera actúa como barrera parcial al movimiento, afectando conectividad y uso de microhábitats en los bordes.

Tabla IV. 31 Ficha descriptiva impactos adversos sobre la Funcionalidad del sistema

Componente: Flora y fauna terrestre **Factor Ambiental:** Funcionalidad del sistema			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Crítico	•El desmonte y despalme reduce la funcionalidad ecológica local al eliminar la cobertura vegetal y el estrato superficial del suelo que sostienen procesos clave del SA: retención de suelo, control de erosión, infiltración y regulación de escurrimientos, ciclo de nutrientes, provisión de microhábitats y conectividad para flora y fauna. La pérdida de estructura vegetal disminuye la capacidad del sistema para amortiguar eventos de lluvia intensa y viento (erosión hídrica/eólica), incrementa el arrastre de finos hacia drenajes y reduce la oferta de refugio, alimentación y sitios de reproducción, afectando interacciones biológicas. Aunque el efecto es principalmente local y lineal, puede actuar de forma sinérgica con otras presiones (tránsito, compactación, obras) si no se estabiliza y restaura oportunamente.

Tabla IV. 32 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Fragilidad visual

Componente: Paisaje.

Factor Ambiental: Fragilidad visual.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Preparación del sitio	•Desmonte y despalme de predio	•Severo	•El desmonte y despalme puede incrementar la fragilidad visual al eliminar la cobertura vegetal que actúa como pantalla y al exponer superficies de suelo desnudo, generando un contraste cromático y textural con el entorno. El efecto es local y temporal, y disminuye conforme se estabilicen los suelos y se recupere la cobertura vegetal mediante revegetación o regeneración natural.

Tabla IV. 33 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Empleo y mano de obra

Componente: Economía. **Factor Ambiental:** Empleo y mano de obra.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Abandono	•Retiro de instalaciones y limpieza	•Severo	•El retiro de la infraestructura carretera en la etapa de abandono puede generar un impacto adverso sobre el empleo y la mano de obra al reducir la conectividad y el flujo asociado a la vía, lo que tiende a disminuir la demanda de bienes y servicios, limitar el acceso a mercados y encarecer la movilidad. Como efecto indirecto, puede presentarse una contracción de oportunidades laborales locales (comercio, servicios, transporte y actividades productivas), particularmente en comunidades que se benefician de la comunicación terrestre.

Tabla IV. 34 Ficha descriptiva impactos adversos sobre Actividades productivas

Componente: Economía. **Factor Ambiental:** Actividades productivas.			
Etapa del proyecto:	**Actividad:**	**Nivel de significancia:**	**Descripción:**
•Abandono	•Retiro de instalaciones y limpieza	•Severo	•El retiro de la infraestructura carretera en la etapa de abandono puede generar un impacto adverso sobre las actividades productivas regionales al disminuir la accesibilidad y conectividad, incrementando tiempos y costos de traslado de insumos, productos y personal. Esto puede traducirse en reducción de competitividad, limitación para colocar productos en mercados, menor frecuencia de abastecimiento y dificultades logísticas para actividades como pesca, comercio local, servicios y otras economías de apoyo en las comunidades vinculadas al corredor.

Con base en la identificación y evaluación de impactos ambientales realizada en el presente Capítulo, se concluye que el Proyecto generará impactos de naturaleza adversa y benéfica. Los

impactos adversos se concentran principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción, asociados al desmonte/despalme, movimientos de tierra, conformación del terraplén y establecimiento del pavimento; mientras que los impactos benéficos se relacionan con la mejora de accesibilidad y conectividad regional, así como con condiciones de seguridad y funcionalidad vial.

De manera específica, se concluye lo siguiente:

1. Los impactos adversos más relevantes se asocian a la remoción de cobertura vegetal y a la modificación local de propiedades del suelo (compactación, pérdida de horizonte superficial) y del balance infiltración–escurrimiento (reducción de infiltración en la huella del terraplén y del pavimento), con efectos espacialmente acotados al derecho de vía.

2. La pérdida de cobertura vegetal implica impactos encadenados sobre captura de carbono, susceptibilidad a erosión, fragilidad visual y disponibilidad de hábitat para la fauna. No obstante, por la escala del Proyecto y su localización en un trazo ya intervenido, no se prevé una alteración significativa de la estructura y funciones del SA.

3. Los impactos sobre fauna se manifiestan principalmente como desplazamiento temporal durante construcción y como riesgo de atropellamiento y efecto barrera durante la operación, con incidencia local en el corredor vial.

4. Los impactos potenciales sobre la calidad del aire (polvos y emisiones) y sobre la calidad del agua (por arrastre de sólidos y, en menor medida, por grasas y aceites) adquieren relevancia por su relación directa con prácticas constructivas y de manejo ambiental; su magnitud puede reducirse significativamente mediante medidas operativas, control de polvos, manejo adecuado de residuos y control de escorrentías.

5. En el balance ambiental del SA, el Proyecto no implica la pérdida de ecosistemas críticos a escala regional ni compromete el equilibrio ecológico de la cuenca; los impactos adversos son esencialmente localizados y controlables, mientras que los beneficios socioeconómicos se consideran relevantes para las comunidades vinculadas al corredor.

Las medidas de prevención, mitigación, control y, en su caso, compensación que se desarrollan en el Capítulo VI fortalecerán la gestión ambiental del Proyecto y permitirán mantener la integridad funcional del SA, reduciendo la magnitud de impactos adversos y asegurando el cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos para cada etapa.

IV.3. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

Las medidas de prevención, mitigación, corrección y, cuando aplique, compensación se conciben como un sistema integrado de manejo ambiental para una obra carretera lineal. Su aplicación es continua y verificable en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, con el propósito de evitar impactos fuera del derecho de vía y de las áreas auxiliares autorizadas, reducir superficies expuestas y tiempos de disturbio, mantener la funcionalidad de procesos físicos (escurrimientos, drenaje, estabilidad) y favorecer la recuperación de áreas intervenidas mediante estabilización y restauración biológica.

De manera transversal, el sistema se soporta en la contratación de un supervisor ambiental con atribuciones operativas para ordenar medidas preventivas/correctivas en campo, verificar cumplimiento y documentar evidencias mediante bitácoras (riegos, rutas, mantenimiento, residuos, derrames, rescates de flora/fauna, limpieza de drenajes, cierre y restauración). Paralelamente, se establecerán labores permitidas y restricciones operativas obligatorias para todo el personal, así como un programa integral de seguridad que incluya control de accesos, señalización y abanderamiento, orden y limpieza, respuesta a emergencias (incluidos derrames), y uso de equipo de protección personal. Se fijarán límites de horarios de trabajo, privilegiando el horario diurno para actividades de mayor emisión sonora y controlando prácticas que incrementen molestias o riesgos, particularmente cerca de puntos con tránsito local. Un elemento preventivo crítico es la prohibición absoluta de quema de vegetación, residuos o cualquier material, a fin de evitar emisiones, riesgo de incendios y efectos secundarios sobre suelo, flora y fauna. Asimismo, se incorporan medidas sanitarias para el personal mediante baños portátiles y, cuando se generen, aguas grises bajo almacenamiento y manejo controlado con disposición a través de prestadores autorizados, evitando descargas al suelo o hacia escurrimientos.

IV.3.1. ATMÓSFERA

Las medidas se orientan a controlar emisiones fugitivas de polvo por desmonte, terracerías, acarreos y tránsito en caminos no pavimentados, además de reducir emisiones de combustión por maquinaria. Se delimitarán frentes y rutas para minimizar recorridos y superficies expuestas, con señalización y control de velocidad. La humectación se aplicará de manera sistemática en frentes y accesos mediante riego con pipa y humectación de materiales finos; el transporte de material geológico, pétreo y residual se realizará en condiciones que eviten dispersión, incluyendo cajas de volteo cubiertas/cerradas y control de derrames. Para abatir emisiones por combustión se implementará mantenimiento regular y preventivo (cambios de aceite y filtros, ajustes de motor, revisión de sistemas de escape) en toda maquinaria y

vehículos, evitando operación deficiente que incremente humos visibles y consumo de combustible.

Las actividades de mayor emisión sonora se realizarán preferentemente en horario diurno y se mantendrán límites operativos consistentes con la normatividad aplicable; en particular, se observarán los criterios de evaluación de la NOM-081 en materia de emisión de ruido (metodología y límites máximos permisibles para fuentes fijas, cuando aplique a instalaciones temporales). La maquinaria operará con silenciadores funcionales y mantenimiento regular; se limitará velocidad de maquinaria y camiones; y se instalará señalización preventiva y, cuando corresponda, abanderamiento en frentes y desvíos. Se establece el uso obligatorio de EPP auditivo para personal expuesto y la instrucción para reducir picos sonoros (evitar golpes de carga, ralentí prolongado, maniobras innecesarias). Si se detectan afectaciones recurrentes, el supervisor ambiental deberá ajustar secuencias, horarios o equipos para controlar la fuente y prevenir reincidencia.

IV.3.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, MANEJO ESPECIAL Y PELIGROSOS

El programa de residuos se refuerza con acciones explícitas por tipo de residuo y etapa. En preparación del sitio y construcción, los residuos generados se recolectarán de forma continua para evitar acumulaciones y dispersión por viento, y se transportarán a sitios de disposición autorizados. Durante operación y mantenimiento, los residuos sólidos que se generen (por ejemplo, de actividades de conservación rutinaria) se recolectarán y trasladarán para disposición final conforme a la infraestructura municipal disponible, privilegiando su envío al relleno sanitario de Hermosillo cuando corresponda.

Para residuos peligrosos asociados a talleres o mantenimiento (aceites usados, estopas impregnadas, filtros, absorbentes), se implementará confinamiento en recipientes cerrados, etiquetado, almacenamiento temporal en sitios controlados y disposición mediante gestor autorizado, con bitácoras y manifiestos. Esto se integra con el programa de grasas y aceites descrito en calidad de agua y suelo.

En cuanto a residuos vegetales por desmonte, se establece un manejo que reduzca riesgos de erosión y evite impactos secundarios: la biomasa se reducirá y esparcirá dentro del derecho de vía, evitando apilamientos, con el objetivo de favorecer la incorporación gradual de materia orgánica al suelo y mantener, cuando sea factible, una cubierta vegetal/mulch que reduzca erosión. Esta medida se asocia directamente a la disposición de desmonte limitada estrictamente al derecho de vía (por ejemplo, la franja autorizada), evitando remoción innecesaria fuera de éste.

IV.3.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Los cortes y rellenos se ajustarán a lo estrictamente necesario, respetando trazo y derecho de vía; se realizará perfilado y conformación controlada para evitar superficies irregulares que favorezcan erosión o acumulación de agua. El transporte de materiales geológicos y pétreos se realizará con rutas definidas, velocidades controladas y medidas para evitar derrames. Los excedentes se dispondrán únicamente en sitios autorizados. Al cierre, las áreas auxiliares (patios, acopios, desvíos temporales) se restaurarán mediante reperfilado, restitución morfológica y estabilización, dejando condiciones aptas para revegetación y recuperación.

La estabilidad se atenderá con criterios de pendientes, compactación y drenaje; los taludes y terraplenes se conformarán y compactarán por capas conforme a diseño. Para reducir erosión y favorecer estabilización temprana, se incorporan medidas de bioingeniería y protección superficial en pendientes, tales como malla orgánica, fajinas y escalones de matorral donde las condiciones lo ameriten, con el fin de disminuir energía del escurrimiento, retener sedimentos y facilitar el establecimiento de vegetación. La estabilización progresiva se ejecutará conforme avance la obra, evitando dejar taludes expuestos por periodos prolongados.

IV.3.4. AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Las medidas se enfocan en mantener la funcionalidad del drenaje natural, particularmente relevante por la presencia de arroyos intermitentes. Durante obra se mantendrán libres las líneas naturales de escurrimiento; se prohibirá ubicar acopios en cauces o zonas de concentración; y no se permitirá descargar material en corrientes. Se construirán y mantendrán obras de drenaje transversal y longitudinal (por ejemplo, alcantarillas, vados donde proceda, cunetas y pasos de agua), evitando el “efecto dique” del terraplén y preservando la conectividad hidráulica.

Para obras mayores (puentes u obras especiales), se considera indispensable que las dimensiones y condiciones se fundamenten en criterios topo-hidráulicos y que, si durante el desarrollo del proyecto se identifica que una estructura resulta insuficiente para las condiciones de escorrentía, se ajuste a las dimensiones requeridas para mantener seguridad hidráulica y evitar afectaciones aguas arriba o aguas abajo. Los accesos a bases de puente y frentes asociados deberán realizarse dentro del derecho de vía y, de manera preferente, se deberán aprovechar y acondicionar caminos existentes, evitando aperturas nuevas.

La ubicación y características de obras de drenaje se sustentarán en estudios hidrológicos previos que permita seleccionar sitios y capacidades adecuadas, evitando la formación de zonas de acumulación de agua que, en ambientes áridos, pueden favorecer concentración de sales y derivar en procesos de salinización del suelo con afectaciones a la vegetación

circundante. En paralelo, para proteger infiltración y provisión de agua al subsuelo, se minimizará desmonte y compactación fuera de la huella indispensable, evitando sellamiento adicional por acopios no autorizados.

IV.3.5. SUELO

Las medidas dirigidas a la protección de suelo se fortalecen con un control explícito del suelo removido y biomasa, particularmente en cercanías de arroyos o bajadas, debido al riesgo de asolvamiento aguas abajo si no se maneja adecuadamente. Por ello, el manejo de suelos y biomasa producto de desmonte/despalme se realizará con criterios de confinamiento, protección contra arrastre y estabilización, evitando que material suelto quede expuesto en zonas donde el escurrimiento pueda transportarlo.

Se mantendrá la delimitación estricta del derecho de vía y áreas auxiliares autorizadas; se prohibirá mantenimiento mayor fuera de áreas controladas; y, cuando sea factible, se acopiará topsoil por separado para su restitución. El manejo de combustibles/aceites se hará con contención secundaria y material absorbente, con respuesta inmediata a derrames mediante retiro de material contaminado y disposición autorizada. La compactación se restringirá a donde el diseño lo requiera; fuera de ello se evitará tránsito no autorizado y, al cierre, se aplicará escarificado/descompactación, restitución de topsoil y revegetación.

En erosión, se secuenciará la obra para reducir superficies desnudas simultáneas y se evitará dejar taludes expuestos sin protección; se integran humectación para control eólico, obras de control de erosión, estabilización progresiva y restauración biológica. En captura de carbono y uso actual, se minimiza el desmonte y se protege vegetación fuera de huella; se refuerza la restauración con un programa de reforestación con especies nativas y con apoyo logístico mediante vivero a cielo abierto, privilegiando además el uso de material vegetal local cuando sea viable.

En remediación ecológica se reconoce que, en parte del área, puede ocurrir restauración natural por especies de regeneración relativamente rápida; no obstante, debido a suelos pobres y escasa precipitación, se prioriza la revegetación dirigida en taludes, bordes, salidas de drenaje y áreas visibles o críticas, para asegurar estabilidad y recuperación funcional.

IV.3.6. CALIDAD DEL AGUA TERRESTRE: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST) Y GRASAS/ACEITES

Para SST se refuerza el control de sedimentos con la premisa de que el manejo deficiente de suelo removido y biomasa puede derivar en asolvamiento aguas abajo. Se ubicarán acopios

fuera de escurrimientos, se prohibirá descargar material en cauces, y se programarán actividades para reducir exposición en temporada de lluvias cuando sea viable. Si se presentan arrastres, se aplicará rehabilitación, estabilización y revegetación para prevenir recurrencia.

Para grasas y aceites, se mantiene la operación en sitios controlados, la prohibición de disposición al suelo, kits de derrames, capacitación, contención y recuperación inmediata, y disposición mediante gestor autorizado, con bitácoras como evidencia. En caso de contaminación puntual se realizará remediación con retiro de suelos/absorbentes y reposición.

IV.3.7. FLORA Y FAUNA TERRESTRE

El programa biótico se complementa con elementos operativos y normativos específicos. Se impartirán pláticas precautorias obligatorias y se establecerá un manejo explícito que prohíba comercialización, caza, captura, tráfico o molestia de flora y fauna silvestre, con énfasis en especies de interés cinegético, aves de ornato y aquellas incluidas en la NOM-059.

En flora, además del rescate general ya previsto, se incorpora un Programa de reforestación, con enfoque preventivo desde la planeación, para ejecutar rescates antes del desmonte y aprovechar la temporada de lluvias para mejorar sobrevivencia de reubicaciones. El programa contempla vivero a cielo abierto y, cuando sea operativo, el uso de viveros institucionales locales para apoyar la resiembra. Se establece también un criterio técnico relevante: no se recomienda introducir suelo de otros sitios para replantación, a fin de reducir riesgo de introducir especies exóticas o patógenos; se privilegiará el uso del suelo local (topsoil) y material vegetal nativo. El rescate se priorizará en individuos con mayor probabilidad de sobrevivencia (por ejemplo, juveniles en especies seleccionadas) y el material vegetativo a reponer se resguardará y mantendrá en condiciones adecuadas hasta el momento de restauración.

En fauna, el programa incorpora medidas conductuales y de rescate. El desmonte deberá realizarse, en lo posible, de forma gradual y preferentemente manual en fases iniciales, avanzando desde el eje hacia el exterior para permitir que la fauna huya hacia colindancias. Antes de ingresar maquinaria pesada para remover tocones u operar en vegetación densa, se considera una brigada que genere presencia/ruido controlado para facilitar la huida de organismos. Si se detecta fauna que no se retire (por ejemplo, serpientes), su captura y liberación deberá realizarla personal calificado, no personal de construcción. Como parte del programa de seguridad, en frentes se considera contar con insumos de atención a emergencias por fauna ponzoñosa (p. ej., protocolos y recursos para atención rápida), botiquín y personal con conocimientos básicos en primeros auxilios, además de capacitación preventiva sobre riesgos de madrigueras y refugios.

De manera adicional a lo ya incorporado, se refuerza el criterio de evitar, cuando sea técnicamente viable, actividades de mayor disturbio durante épocas de reproducción en puntos sensibles. En operación, se enfatiza la señalización y control de velocidades para disminuir atropellamientos.

Con el fin de reducir la fragmentación del hábitat y la mortalidad por atropellamiento, el programa de manejo de flora y fauna terrestre incorporará la implementación de pasos de fauna en puntos estratégicos del trazo donde, por condiciones geomorfológicas, presencia de cauces intermitentes, continuidad de vegetación y evidencia potencial de rutas de desplazamiento, se prevea un mayor cruce de organismos. Estos pasos se materializarán preferentemente mediante el aprovechamiento y adecuación de obras de drenaje transversal (p. ej., puentes, alcantarillas y estructuras similares) para permitir el tránsito seguro de fauna menor y mediana, complementándose —cuando el diseño lo requiera— con estructuras específicas, señalización preventiva y control de velocidades. Para incrementar su efectividad, se considerará la revegetación dirigida y la estabilización en las inmediaciones de los accesos a los pasos (incluyendo manejo de taludes y control de erosión), de manera que se mantenga una condición de cobertura y conectividad funcional que “guíe” el uso de los cruces; su desempeño será verificado mediante supervisión ambiental e inspecciones periódicas durante construcción y operación.

IV.3.8. PAISAJE Y COMPONENTE ANTROPOGÉNICO: SEÑALIZACIÓN, PREVENCIÓN DE ACCIDENTES E INTEGRACIÓN VISUAL

Las medidas para paisaje se complementan con medidas explícitas de seguridad y señalización por su relación directa con el componente antropogénico y la prevención de daños adicionales al entorno. Se implementará señalización visible y suficientemente anticipada para tramos en obra, con avisos precautorios, reductores de velocidad cuando se requiera, y señalamiento claramente visible de día y de noche. El personal portará el equipo de seguridad requerido, incluyendo chalecos de alta visibilidad, y los vehículos/equipos de obra deberán contar con señalamiento obligatorio. Los camiones de materiales deberán portar señalización conforme a lo aplicable en el ámbito de la SCT.

En la dimensión estrictamente paisajística, se mantendrá el orden y confinamiento de acopios, limpieza de frentes, retiro oportuno de excedentes y rehabilitación de áreas auxiliares. La estabilización temprana, el control de erosión (incluyendo bioingeniería donde aplique) y la revegetación progresiva de bordes y taludes reducirán contraste visual y acelerarán la integración del proyecto al entorno.

IV.3.9. CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONTROL INTERNO

Un eje adicional que se incorpora de manera expresa es el compromiso operativo de que maquinaria, vehículos y equipos cumplan la normatividad aplicable en materia de emisiones a la atmósfera y ruido, así como las disposiciones en materia de agua, residuos y protección de especies. Este cumplimiento se integra como criterio de supervisión interna del proyecto y como parte de la trazabilidad documental que mantendrá el supervisor ambiental.

Tabla IV. 35 Medidas de prevención, mitigación y/o compensación.

Componente ambiental	Factor ambiental	Prevención, Mitigación y/o Compensación
Atmosfera	Calidad del aire	Delimitación de frentes y rutas de tránsito para minimizar superficies expuestas y recorridos innecesarios; señalizar y controlar velocidad en caminos no pavimentados. Riego con pipa en frentes y accesos; cubrir/cerrar cajas de volteo y humectar material fino; mantenimiento preventivo de maquinaria.
Atmosfera	Ruido y vibraciones	Programación de actividades de mayor emisión sonora en horario diurno. Maquinaria con silenciadores; limitar velocidad de maquinaria; señalización preventiva en frentes y desvíos para reducir riesgo por vibraciones/ruido; uso de EPP auditivo.
Geología	Relieve	Ajustar cortes y rellenos a lo estrictamente necesario (nivelaciones menores) y respetar el trazo/derecho de vía autorizado. Perfilado y conformación controlada de superficies; disposición adecuada de material excedente en sitios autorizados; restauración de áreas auxiliares (patios/acopios) al término de la obra. Restitución morfológica en áreas temporales intervenidas mediante reperfilado.
Geología	Estabilidad de taludes/geoformas	Diseño y ejecución conforme a criterios de estabilidad (pendientes, compactación y drenaje) y limitación de cortes a la geometría requerida. Estabilización de taludes con compactación por capas.
Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	Mantener libres las líneas naturales de escurrimiento durante obra; ubicar acopios fuera de cauces/vasos y no obstruir pasos naturales. Construcción y mantenimiento de obras de drenaje y cunetas. Estabilización post-obra de salidas/descargas y zonas de concentración de flujo con protección contra erosión y revegetación. Colocación de baños portátiles.
Agua superficial y subterranea	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Minimizar el área efectiva de desmonte y compactación fuera de la huella indispensable; evitar sellamiento adicional por acopios no autorizados.
Agua superficial y subterranea	Patrón de drenaje	Respetar y mantener la conectividad hidráulica mediante diseño de pasos/alcantarillas en puntos de cruce; evitar “efecto dique” del terraplén. Obras de drenaje transversal y longitudinal; control de pendientes y salidas; mantenimiento de secciones hidráulicas durante obra para evitar taponamientos por material.

Suelo	Calidad del suelo	Delimitación estricta del derecho de vía; prohibición de mantenimiento mayor fuera de áreas controladas; acopio separado de capa superficial donde sea factible. Manejo de combustibles/aceites con charolas y material absorbente; atención inmediata de derrames (retiro de suelo contaminado y disposición autorizada); restitución de topsoil en áreas a restaurar; limpieza y orden de frentes para evitar dispersión de finos. Colocación de baños portátiles.
Suelo	Erosión	Secuenciar obra para reducir superficies desnudas simultáneas; evitar dejar taludes expuestos sin protección. Obras de control de erosión; humectación para controlar erosión eólica; estabilización progresiva de taludes y bordes conforme avance la obra. Restauración biológica con revegetación dirigida y obras de control de erosión permanentes en puntos críticos.
Suelo	Captura de carbono	Minimizar área de desmonte a lo estrictamente necesario; conservar vegetación fuera de la huella y protegerla durante obra. Rescate/reubicación de ejemplares cuando sea viable; evitar daños adicionales por tránsito fuera de área autorizada. Revegetación con especies nativas en zonas restaurables para recuperar el servicio de captura de carbono.
Suelo	Uso actual	Señalización y respeto estricto del polígono autorizado; capacitación a personal y control de accesos. Rescate/reubicación de flora de interés cuando aplique; evitar apertura de áreas adicionales. Compensación mediante restauración de áreas temporales y revegetación/estabilización de bordes y taludes.
Suelo	Compactación	Restringir tránsito a rutas definidas; evitar compactación innecesaria fuera de la estructura de la obra. Compactación controlada solo donde el diseño lo requiera; escarificado y descompactación de áreas temporales al cierre; restitución de topsoil y revegetación para recuperar funcionalidad superficial. Rehabilitación de áreas temporales afectadas.
Calidad del Agua	Calidad de agua terrestre (SST)	Ubicar acopios fuera de escurrimientos; no descargar material en cauces; programar actividades para minimizar exposición en temporada de lluvias cuando sea viable. Rehabilitación de zonas afectadas por arrastre, estabilización/revegetación.
Calidad del Agua	Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	Abastecimiento y mantenimiento en sitios controlados; contenedores y bandejas; prohibir disposición de aceites/grasas al suelo. Kit de derrames y capacitación; contención y recuperación inmediata; disposición de residuos peligrosos con gestor autorizado; bitácoras de manejo. Remediación puntual si ocurre contaminación (retiro de suelos/absorbentes contaminados y reposición).
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora. Especies protegidas o de interés especial de flora. Biodiversidad de	Delimitar y señalizar el área autorizada; capacitación y prohibición de colecta/caza; inspección previa de frentes antes de desmonte. Rescate y reubicación de flora/fauna conforme procedimiento; supervisión ambiental durante el desmonte y despalme; control de velocidades y señalización para evitar atropellamientos; manejo de residuos para no atraer fauna; evitar excavaciones abiertas sin protección. Restauración biológica

	flora. Distribución y abundancia de fauna. Especies protegidas o de interés especial de fauna. Biodiversidad de fauna. Funcionalidad del sistema.	(revegetación + control de erosión) para recuperar hábitat en bordes/áreas intervenidas y favorecer recuperación funcional local.
Paisaje	Calidad paisajística	Orden y confinamiento de acopios; mantener limpieza de frentes; evitar áreas auxiliares no autorizadas. Retiro oportuno de excedentes; estabilización progresiva; revegetación de bordes y taludes para integración visual. Restauración biológica y control de erosión en zonas visibles para acelerar recuperación paisajística.
Paisaje	Fragilidad visual	Reducir al mínimo superficies desnudas simultáneas; delimitar y proteger vegetación no afectada. Estabilización temprana y revegetación progresiva; control de erosión para evitar cárcavas visibles. Revegetación dirigida y rehabilitación de áreas auxiliares para disminuir contraste visual.

IV.4. IMPACTOS RESIDUALES Y ACUMULATIVOS

La identificación de los impactos residuales deriva del cribado de la matriz de magnitud e importancia de impactos ambientales; considerando exclusivamente los impactos de naturaleza adversa severa a crítica. A continuación, se describe los principales impactos residuales identificados.

Tabla IV. 36 Impactos residuales del proyecto

Componente	Factor Ambiental	Etapa del proyecto / Actividad	Impacto residual (después de medidas)
Atmósfera	Calidad del aire	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Emisiones y polvos residuales bajos, locales y temporales en frentes de obra, principalmente bajo condiciones de viento, aun con riego de caminos, control de velocidad, cobertura de materiales y mantenimiento de maquinaria. El efecto residual disminuye conforme se estabilizan superficies y concluye la etapa constructiva.
Atmósfera	Ruido y vibraciones	Operación y mantenimiento / Tránsito de vehículos	Ruido y vibración residuales permanentes y localizados en la franja inmediata al camino, controlables en intensidad mediante señalización, límites de velocidad y mantenimiento de la carpeta. El residual se mantiene en niveles bajos–moderados con cumplimiento de medidas.

Agua superficial y subterránea	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Construcción / Construcción del cuerpo del terraplén	Reducción residual permanente y localizada de infiltración en la franja del terraplén por compactación y material estructural, aun con obras de drenaje y control de escurrimientos. El residual se restringe al derecho de vía y se compensa parcialmente al favorecer infiltración/retención en áreas laterales restauradas donde sea técnicamente viable.
Agua superficial y subterránea	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Construcción / Colocación de pavimento	Sellamiento residual permanente en la huella de rodamiento, con incremento del escurrimiento conducido hacia cunetas/obras de drenaje. El residual no es mitigable en la calzada (inherente al pavimento), pero se controla su efecto mediante drenaje funcional, disipación de energía y mantenimiento para evitar erosión secundaria.
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Corte y excavaciones	Alteración residual baja a moderada por compactación puntual y pérdida parcial de estructura en áreas de maniobra, aun con restitución, estabilización y control de erosión. El residual disminuye con rehabilitación y revegetación, permaneciendo principalmente en puntos con tránsito reiterado.
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Construcción del cuerpo del terraplén	Cambio residual permanente de propiedades físicas (compactación y sustitución de material) en el cuerpo del terraplén por requerimientos estructurales. El residual fuera de la huella se mantiene bajo si se estabilizan taludes y se ejecuta protección contra erosión y restauración vegetal.
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Colocación de pavimento	Degradación física residual permanente del suelo en la huella por sellamiento y compactación (inherente a la estructura). El riesgo residual de contaminación por derrames se reduce a bajo con PMIR, control de sustancias, mantenimiento y respuesta a derrames; puede persistir como residual puntual asociado a incidentes menores.
Suelo	Erosión	Preparación del sitio / Desmonte y despalme de predio	Susceptibilidad residual baja y temporal a erosión en superficies expuestas, controlada mediante programa de protección de suelos (estabilización temprana, obras de control y revegetación/reforestación). El residual se concentra en el periodo entre desmonte y estabilización efectiva.
Suelo	Erosión	Construcción / Corte y excavaciones	Riesgo residual bajo a moderado de erosión en taludes durante lluvias intensas, aun con obras de control y revegetación. Depende del mantenimiento (incluido desazolve) y disminuye conforme maduran coberturas vegetales y se estabilizan superficies.

Suelo	Captura de carbono	Preparación del sitio / Desmonte y despalme de predio	Pérdida residual permanente de captura en la huella ocupada por infraestructura. La reforestación/restauración compensa parcialmente fuera de la calzada, pero no elimina el residual donde exista sellamiento permanente.
Suelo	Uso actual	Preparación del sitio / . Desmonte y despalme de predio	Cambio residual permanente del uso/cobertura en el corredor vial (infraestructura y franja de seguridad). La restauración/reforestación disminuye el residual en áreas laterales y temporales, manteniéndose el residual en la huella funcional de la carretera.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Reducción residual permanente en abundancia/distribución de flora en la huella de infraestructura. PRFF y reforestación/restauración reducen el residual en bordes/taludes/áreas rehabilitables, quedando residual bajo a moderado fuera de la calzada.
Flora y fauna terrestre	Diversidad de flora	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Pérdida residual permanente de diversidad en la huella vial. Reforestación/restauración con nativas y control de erosión favorecen recuperación parcial en áreas laterales, dejando residual moderado asociado a la presencia permanente del corredor.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de fauna	Construcción / Terracerías y camino de acceso	Perturbación residual baja y temporal por desplazamiento local durante obra, reducida mediante control de velocidades, señalización, horarios, capacitación y manejo de residuos. Disminuye al concluir actividades intensivas y estabilizar el frente de obra.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de fauna	Construcción / Colocación de pavimento	Efecto residual bajo y temporal durante colocación. En operación, el residual indirecto (atropellamiento/evitación) se mantiene bajo si hay control de velocidad y señalización.
Flora y fauna terrestre	Biodiversidad fauna	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Alteración residual moderada a escala local por pérdida/fragmentación en el corredor. La restauración/reforestación reduce el residual en bordes, manteniéndose residual permanente asociado a la carretera como barrera parcial.
Flora y fauna terrestre	Biodiversidad fauna	Operación y mantenimiento / Tránsito de vehículos	Mortalidad por atropellamiento y efecto barrera residuales permanentes y localizados. Con señalización, control de velocidad, pasos de fauna y mantenimiento, el residual se reduce a niveles bajos a moderados, sin eliminarse completamente mientras exista tránsito.

Flora y fauna terrestre	Funcionalidad del sistema	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Pérdida residual permanente de funcionalidad en la huella vial. Restauración/reforestación y protección contra erosión reducen residual en áreas laterales/taludes, quedando residual moderado asociado al corredor como infraestructura lineal.
Paisaje	Fragilidad visual	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	Alteración visual residual moderada por la presencia permanente del trazo. Se reduce significativamente con estabilización de suelos, orden/limpieza y revegetación/reforestación en taludes y márgenes, quedando principalmente el contraste lineal de la infraestructura.

La identificación de los impactos residuales deriva del cribado de la matriz de magnitud e importancia de impactos ambientales; considerando exclusivamente los impactos de naturaleza adversa severa y crítica. A continuación, se describe los principales impactos acumulativos.

Tabla IV. 37 Impactos acumulativos del proyecto

Componente	Factor Ambiental	Etapa del proyecto / Actividad	Impacto acumulativo y/o sinérgico
Atmósfera	Calidad del aire	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** se suma a emisiones/polvos preexistentes (tránsito local, caminos no pavimentados) y a emisiones de otras obras en la región, incrementándose durante toda la etapa de obra. **Sinérgico:** se potencia con vientos fuertes y superficies desnudas (desmonte + terracerías), aumentando el transporte de partículas y la deposición sobre vegetación y suelos.
Atmósfera	Ruido y vibraciones	Operación y mantenimiento / Tránsito de vehículos	**Acumulativo:** el efecto se mantiene y puede incrementarse con el aumento gradual del tránsito a lo largo de la vida útil. **Sinérgico:** se intensifica cuando coincide con periodos de mantenimiento, tránsito de carga o velocidades altas, amplificando el estrés/evitación de fauna y molestias locales.
Agua superficial y subterránea	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Construcción / Construcción del cuerpo del terraplén	**Acumulativo:** la reducción de infiltración se suma a otros sellamientos/compactaciones del corredor y puede acumularse como menor recarga local en el tiempo. **Sinérgico:** el mayor escurrimiento interactúa con pendientes/taludes expuestos, aumentando erosión y arrastre de finos hacia drenajes (infiltración ↓ + erosión ↑).

Agua superficial y subterránea	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	Construcción / Colocación de pavimento	**Acumulativo:** el sellamiento es permanente y su efecto se acumula en cada evento de lluvia durante toda la vida útil (escurrimiento concentrado recurrente). **Sinérgico:** si el drenaje se obstruye (sedimentos/residuos), el escurrimiento concentrado amplifica socavación, erosión y arrastre hacia cauces temporales (pavimento + drenaje deficiente).
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Corte y excavaciones	**Acumulativo:** la degradación se incrementa con la repetición de maniobras, tránsito de maquinaria y ampliación de frentes (más superficie alterada). **Sinérgico:** suelos compactados y desnudos + lluvias intensas aumentan erosión y SST; además, fallas en manejo de residuos/derrames amplifican pérdida de calidad del suelo.
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Construcción del cuerpo del terraplén	**Acumulativo:** la compactación estructural y sustitución de material permanecen y se suman a otras áreas intervenidas del corredor. **Sinérgico:** taludes expuestos + escurrimientos concentrados aumentan erosión; el mantenimiento insuficiente del drenaje incrementa la degradación por socavación.
Suelo	Calidad del suelo	Construcción / Colocación de pavimento	**Acumulativo:** el sellamiento elimina funciones edáficas en la huella por toda la vida útil; incidentes menores repetidos de operación/mantenimiento pueden acumular contaminación puntual (si no hay control). **Sinérgico:** derrames + escorrentía pluvial aumentan movilidad de contaminantes hacia cunetas y puntos bajos.
Suelo	Erosión	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** la pérdida de cobertura aumenta la erosión en cada episodio de viento/lluvia mientras el suelo permanezca expuesto, incrementando pérdida de finos. **Sinérgico:** desmonte + tránsito de maquinaria + vientos fuertes potencian erosión eólica; desmonte + lluvias intensas potencian erosión hídrica y arrastre hacia drenajes.
Suelo	Erosión	Construcción / Corte y excavaciones	**Acumulativo:** la erosión se incrementa con cada evento de lluvia hasta estabilizar superficies; también se acumula como sedimento en obras de drenaje (requiere desazolve). **Sinérgico:** erosión + drenaje insuficiente/obstruido amplifica socavación y fallas locales; erosión + pendientes concentra flujos y acelera cárcavas.

Suelo	Captura de carbono	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** la reducción se mantiene mientras exista pérdida de cobertura y sellamiento; se suma a otros cambios de cobertura en el SAR. **Sinérgico:** pérdida de vegetación + erosión reduce aún más la capacidad de recuperación (menos suelo fértil y menor establecimiento vegetal).
Suelo	Uso actual	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** el cambio se suma a otras conversiones de uso en el SAR (caminos secundarios, aperturas), reduciendo gradualmente continuidad de hábitats. **Sinérgico:** cambio de uso + aumento de accesibilidad puede inducir presiones indirectas (nuevos accesos, mayor tránsito), amplificando transformación del entorno.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** la pérdida de cobertura en el corredor se mantiene y se suma a otras perturbaciones lineales, reduciendo disponibilidad de microhábitats. **Sinérgico:** pérdida de vegetación + erosión/compactación disminuye la capacidad de regeneración, intensificando el efecto sobre abundancia y estructura vegetal.
Flora y fauna terrestre	Diversidad de flora	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** la reducción de diversidad persiste en la huella y se suma a pérdidas similares por aperturas cercanas. **Sinérgico:** simplificación estructural + erosión + aridez reduce éxito de restauración natural, prolongando la pérdida de heterogeneidad.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de fauna	Construcción / Terracerías y camino de acceso	**Acumulativo:** perturbaciones repetidas a lo largo de la obra generan desplazamientos recurrentes y estrés en fauna. **Sinérgico:** ruido + polvo + tránsito incrementa evitación del corredor y vulnerabilidad de especies de baja movilidad.
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de fauna	Construcción / Colocación de pavimento	**Acumulativo:** el efecto directo es corto, pero se suma a otras perturbaciones de construcción. **Sinérgico:** al consolidar la vialidad, puede incrementarse tránsito y velocidad, elevando riesgo de atropellamiento en operación (construcción + operación).
Flora y fauna terrestre	Biodiversidad fauna	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** la pérdida de hábitat se suma a otras pérdidas lineales, reduciendo conectividad y diversidad local. **Sinérgico:** pérdida de vegetación + tránsito posterior incrementa barrera y mortalidad, amplificando efectos sobre diversidad local.

Flora y fauna terrestre	Biodiversidad fauna	Operación y mantenimiento / Tránsito de vehículos	**Acumulativo:** la mortalidad por atropellamiento se acumula a lo largo de la vida útil, afectando especialmente especies de baja tasa reproductiva. **Sinérgico:** incremento de tránsito + velocidad + atracción por bordes (alimento/refugio) amplifica el riesgo; además, sequías pueden concentrar fauna en bordes, elevando exposición.
Flora y fauna terrestre	Funcionalidad del sistema	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** pérdida sostenida de servicios ecosistémicos locales en el corredor (retención de suelo, regulación hidrológica, hábitat). **Sinérgico:** desmonte + compactación + sellamiento + erosión amplifican la alteración del funcionamiento del sistema y aumentan presiones sobre drenaje, vegetación y fauna.
Paisaje	Fragilidad visual	Preparación del sitio /. Desmonte y despalme de predio	**Acumulativo:** el contraste puede mantenerse y sumarse a otras perturbaciones visuales si se amplían accesos/acopios o se acumulan residuos. **Sinérgico:** suelo desnudo + polvo + erosión incrementan el deterioro visual; la falta de restauración prolonga el contraste.

IV.5. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO

IV.5.1. ESCENARIOS AMBIENTALES

La construcción de un proyecto carretero siempre involucra cambios en los ecosistemas implicados en la realización de este tipo de infraestructura, pues la realización de este tipo de proyecto interactúa de manera directa con varios componentes del ecosistema como los son el Suelo, Vegetación, Fauna e indirectamente sobre el Agua, el Aire y otros componentes del ecosistema modificando las condiciones actuales, de manera inmediata y a largo plazo en el sitio tanto dentro del SA como en la zona de influencia del mismo. Estos cambios están asociados al tipo, e intensidad del impacto que se realicen y en gran medida a las medidas de mitigación implementadas, para disminuir la magnitud de los mismos.

Con la finalidad de tener una perspectiva amplia de las modificaciones ambientales a futuro, en este capítulo se analizan las tendencias de los procesos ambientales en el SA sin la realización de este proyecto para posteriormente compararlo con el escenario tendencial una vez implementado el proyecto.

Para realizar esta estimación se consideraron como criterios a corto plazo de 1-5 años; mediano plazo de 6-10 años y largo plazo de 11-15 años. Posteriormente se correlacionaron estos escenarios con los impactos ambientales actuales para determinar la calidad ambiental del sitio, la cual será representada por valores que van de 1 a 5, donde cinco es un sitio en perfecto

estado de conservación y uno es el efecto negativo máximo en el ambiente (sitio muy mal conservado).

Para poder evaluar las tendencias los pronósticos ambientales del SA, se analizó la tendencia de cambio en las proyecciones a futuro de modificación en 3 escenarios:

1. Modificaciones sin el proyecto
2. Modificaciones con el proyecto sin la aplicación de las medidas de mitigación
3. Modificaciones con el proyecto y la aplicación de las medidas de mitigación.

De lo anterior, se obtuvo una escala para evaluar las tendencias analizadas, que arrojó los siguientes valores para su interpretación:

Se evaluó con “5” cuando se trata del mayor apego a las condiciones originales,

“4” si se encuentra escasamente modificada,

“3” moderadamente modificada,

“2” altamente modificada y

“1” si el componente ha sido totalmente degradado.

En seguida se muestran los análisis de las tendencias ambientales.

IV.5.1.1. ESCENARIO AMBIENTAL TENDENCIAL SIN CONSIDERAR EL PROYECTO.

El área de estudio presenta una tendencia ambiental alterada gradualmente, que va de moderada a baja, esto debido principalmente a las características topográficas y climáticas de la zona y a la ocupación y aprovechamiento por el hombre que ha sido en brechas y caminos principalmente.

Dentro del SA delimitado se tienen identificadas zonas que han sufrido algún deterioro cuya causa principal han sido las actividades socioeconómicas. Se percibió que la pérdida y fragmentación de la cobertura vegetal, hay evidencias de erosión, destrucción de hábitat e introducción de especies exóticas y formación de basureros, etc.

Tabla IV. 38 1Escenario de las tendencias ambientales sin proyecto.

Componente	Factor ambiental-Social-Antrópico	Corto plazo 1-5 años	Mediano plazo 6-10 años	Largo plazo 11-15 años
Atmosfera	Generación de polvos	5	4	4
	Humos y olores	5	4	4
	Nivel de ruido	5	4	4
Geología	Relieves	3	2	2
	Geoformas	4	3	3
Suelo	Propiedades del suelo	4	3	3
	Erosión	4	3	3
	Uso Actual	4	3	2
Agua	Calidad del agua	5	4	4
	Disponibilidad de agua	5	4	4
	Patrón de flujo	5	4	4
	Drenaje	5	4	4
Vegetación	Cobertura terreno	4	3	3
	Atributos florísticos	4	3	3
	Condición actual	4	3	3
Fauna	Patrones de distribución	5	4	4
	Condiciones del hábitat	5	4	4
	Corredores biológicos	5	4	4

La calidad del aire en una zona determinada (además de elementos climáticos y geográficos) está relacionada directamente con el volumen y características de los contaminantes emitidos a nivel local y regionalmente a la atmósfera.

La calidad del aire dentro en el SA, sin la realización de este proyecto tiende a no tener cambios muy notables tanto a corto plazo como a mediano. Las fuentes reconocidas de emisiones atmosféricas son el parque vehicular que transita hacia las zonas y poblaciones de la Costa de Hermosillo, además de los propietarios de los ranchos ubicados en la zona de influencia. Estas fuentes antropogénicas ya se encuentran identificadas, y las proyecciones de crecimiento no tienen expectativas de duplicarse en el periodo de 15 años. Las emisiones generadas por los vehículos tienen de alguna manera horarios de máxima emisión, disminuyendo por lo general durante las noches.

Por otra parte, la emisión de partículas se da principalmente por efecto de la acción del viento sobre los suelos desprovistos de vegetación, sin embargo, la afectación es puntual y no es constante, por lo que no se considera que este parámetro de calidad del aire aumente sustancialmente conforme pase el tiempo.

Se espera un ligero incremento a mediano y largo plazo de la generación de polvos provenientes de la costa dentro del SA, pero dicha situación estará dada por el aumento de la intensidad de los vientos y las condiciones ambientales sobre todo en la temporada de estiaje.

El SA se ubica en una región semiárida, razón por la cual el recurso agua es limitante de manera natural. La conversión del uso del suelo agrava la disponibilidad de agua superficial y subterránea no poder ayudar a la infiltración hacia el manto acuífero.

Sin la inclusión del proyecto dentro del SA, el factor hidrológico que se espera sea más afectado por las actividades antrópicas es el referente a los niveles del agua subterránea; las mayores tasas de radiación junto con la menor cantidad de lluvia y la menos presencia de vegetación, abatirán de manera importante los niveles de agua disponible para cualquier tipo de uso.

Los factores formadores del suelo son el clima, material parental, organismos, tiempo y la topografía. La topografía agreste y el material parental ígneo han generado dentro del SA suelos poco desarrollados y por lo tanto más susceptibles a la erosión, es por ello que aún sin la realización de este proyecto carretero la degradación del suelo por procesos erosivos dentro del SA sucederá por vía eólica.

La carencia de una cobertura vegetal adecuada para proporcionar estabilidad y estructura al suelo es la que principal responsable de que los suelos del SA sean susceptibles a la acción de los vientos que soplan dentro de la región.

Respecto a las propiedades del suelo está muy relacionado con las actividades pecuarias y hasta cierto punto agrícola pues frecuentemente está asociada al pisoteo del ganado o por el paso frecuente de maquinaria pesada que destruye la estructura del suelo provocado por la ruptura de los agregados del suelo, cuya manifestación más conspicua es la pérdida o disminución de su capacidad para absorber y almacenar agua; esto también afecta la distribución del sistema radical de las plantas, ya que al presentarse un suelo compactado es más difícil penetrarlo y por lo tanto, explorarlo, lo que redundara en el establecimiento y desarrollo de las especies vegetales.

Otra forma de cambio en las propiedades de los suelos se produce por la depositación de residuos sólidos inorgánicos (plásticos, aluminio, vidrios), algunos de los cuales son de muy lenta degradación y con su presencia obstruyen el paso de agua y luz, elementos necesarios para el crecimiento de las plantas.

La fauna está albergada en la vegetación al propiciar ésta las condiciones para su establecimiento y desarrollo (pues interviene en los patrones de distribución, por las condiciones microclimáticas generadas por la cobertura vegetal, así como por la disponibilidad de alimento que brinda entre otros factores); es de esperarse que existan modificaciones en la distribución y abundancia de fauna al alterar la composición actual de la cobertura vegetal.

El SA actualmente ha modificado una proporción muy significativa de su superficie forestal, lo que ha redundado en el cambio de la distribución de la fauna silvestre; al verse afectada la

cobertura vegetal, se reducen los espacios disponibles de hábitat, con la consiguiente pérdida de la diversidad.

Escenario ambiental con el Proyecto sin medidas de mitigación.

Al conocer la situación actual del Sistema Ambiental, se conoce la dinámica que se presenta en los ecosistemas de la zona. Al introducir infraestructura carretera el impacto primario de la vía será la fragmentación de los ecosistemas modificando la dinámica que se presenta actualmente; al estar cada uno de los componentes interrelacionados, las variaciones que se presenten en uno de ellos se reflejarán en el comportamiento de los demás, generando impactos en varias frentes tanto de manera directa como indirecta; la magnitud, intensidad y duración de los impactos son los parámetros que generalmente se consideran como los más importantes al momento tanto de proponer una medida de mitigación.

Tabla IV. 39 Escenario de las tendencias ambientales con Proyecto y sin medidas de mitigación.

Componente	Factor ambiental-Social-Antrópico	Corto plazo 1-5 años	Mediano plazo 6-10 años	Largo plazo 11-15 años
Atmosfera	Generación de polvos	4	3	3
	Humos y olores	4	3	3
	Nivel de ruido	4	3	3
Geología	Relieves	2	2	2
	Geoformas	3	3	3
Suelo	Propiedades del suelo	3	2	3
	Erosión	3	3	3
	Uso Actual	3	3	2
Agua	Calidad del agua	4	3	3
	Disponibilidad de agua	4	4	4
	Patrón de flujo	4	4	4
	Drenaje	4	4	4
Vegetación	Cobertura del terreno	3	3	2
	Atributos florísticos	3	3	2
	Condición actual	3	3	2
Fauna	Patrones de distribución	3	3	2
	Condiciones del hábitat	3	3	2
	Corredores biológicos	3	3	2

Considerando la presencia del proyecto dentro del SA, se calcularon diversos efectos negativos en el entorno natural, cuyos resultados se muestran en el capítulo V. A continuación, se realizará la descripción de cada componente ambiental evaluando el escenario tendencial que contemple la construcción del proyecto, pero sin que exista la aplicación de las medidas de mitigación propuestas en este documento.

Tabla IV. 40 Descripción del escenario ambiental del proyecto sin aplicación de las medidas de mitigación propuestas.

Rubro	Escenario ambiental considerado sin mitigación

Geoformas	La influencia que el proyecto tendrá en las unidades geomorfológicas será sobre llanuras aluviales, valles, será muy puntual y tendrá una tendencia de cambio muy baja. Las afectaciones provocadas por el proyecto se localizarán en el área requerida donde la afectación será principalmente durante las etapas de preparación y construcción en los sitios donde sea necesaria la
Suelos	La construcción del libramiento significará la perdida permanente de este recurso en la superficie donde será establecida la capa asfáltica de la carretera. La erosión podría aumentar durante la etapa de desmonte por la pérdida de la capa forestal en caso de que se presente, ya que una gran parte del área del derecho de vía no tiene vegetación. La etapa de desmonte es inmediatamente seguida del despalme, que es la remoción del suelo, por lo que el efecto no llega a ser percibido. En cualquier caso, la afectación sobre el suelo solamente se dará dentro de los confines del derecho de vía, por lo que se espera que represente una modificación en la tendencia actual de este componente del SAR (en las dos unidades).
Clima	El sistema hídrico superficial bajo estudio, son arroyos efímeros, ya que las condiciones de aridez, suelo y temperatura extrema no permiten la permanencia de agua, aunando que las lluvias son escasas. A nivel del local el proyecto que nos ocupa producirá afectaciones mínimas al sistema hídrico de la zona, en las etapas de preparación y construcción principalmente. En un entendido estricto, puede aumentar el asolvamiento de cauces por el aporte de sedimentos y deslizamiento del material por el movimiento de tierra, aun siendo a baja escala. La infiltración se verá nulificada, por el tendido de la capa asfáltica, este aspecto tendrá una repercusión diferente en función del tipo de suelo sobre el que se dé la ampliación de la carretera. Asimismo, si no hay un manejo cuidadoso de los materiales y residuos pueden llegarse a presentar derrames accidentales de combustibles y aceites usados para el funcionamiento de la maquinaria, lo cual en época de lluvias con las primeras escorrentías puede acarrear una ligera alteración en la calidad del agua, casi imperceptible en los cuerpos receptores.
Vegetación	De los tipos de vegetación registradas, todos serán afectados por el proyecto de forma muy puntual. A lo largo de la carretera, en una franja de 20m dentro del derecho de vía, donde la vegetación tiende a ser escasa y además ya existe afectación en la parte donde se ubica el camino. El efecto de la carretera sobre las comunidades vegetales no será muy relevante ya que se restringirá prácticamente a los 20m dentro del derecho de vía, donde la composición de la vegetación no es diversa, ni abundante. No obstante, durante la etapa de desmonte se producirá la remoción de vegetación sobre el talud del terraplén ocasionando una perdida en la cobertura, estructura y composición de la vegetación, que constituye microhábitats y sitios de resguardo y alimento de fauna. Estas tendencias en el mediano y largo plazo representan fuentes importantes de deterioro en el sistema al unirse a la presión que ya sufre la vegetación por el cambio de uso de suelo, al ser sustituidos por cualquier actividad socioeconómica, así como una alteración del paisaje. Por ello, de no contemplarse medidas que faciliten la cobertura vegetal, el deterioro del factor vegetación se esperaría en aumento.
Fauna	La remoción de la vegetación y la realización de las obras afectarán a corto y mediano plazo la calidad de hábitats y microhábitats para especies animales (en especial vertebrados terrestres presentes). Esta deforestación reducirá los sitios de protección y alimentación, ocasionando también el desplazamiento obligado de individuos que se encuentren dentro de los sitios de obra. Un

	efecto muy importante que ya existe actualmente, es el efecto barrera y riesgo de atropellamiento, conformado por la construcción de la carretera, con una superficie de mayor exposición y mayor velocidad de proyecto como resultado, haciendo que la vialidad constituya una mayor barrera para el cruce de fauna de uno a otro lado. Se considera que al estar operando la carretera, provocará un alejamiento del área de algunas especies, obligándolas a establecerse en sitios más alejados y mejor conservados. Por lo que será de gran importancia la aplicación y seguimiento de las medidas de mitigación propuestas.

IV.5.1.2. ESCENARIO AMBIENTAL CON EL PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS

La construcción de este proyecto producirá efectos tanto en los componentes abióticos como bióticos de los ecosistemas que se encuentran en el SA mediante las distintas actividades que se llevan a cabo para el establecimiento y desarrollo del mismo, hay que mencionar que hay acciones en que los impactos no son reversibles, sin embargo, al aplicar las medidas de mitigación que se mencionan en el capítulo VI se busca atenuar las consecuencias de este tipo de actividades, se reducirá su manifestación únicamente al área de influencia directa del proyecto, por lo que se estima que las condiciones actuales básicas ambientales del SAR se preserven.

Tabla IV. 41 Escenario de las tendencias ambientales con Proyecto y con medidas de mitigación

Componente	Factor ambiental-Social-Antrópico	Corto plazo 1-5 años	Mediano plazo 6-10 años	Largo plazo 11-15 años
Atmosfera	Generación de polvos	4.8	4.5	4.5
	Humos y olores	4.8	4.5	4.5
	Nivel de ruido	4.8	4.5	4.0
Geología	Relieves	2.8	2.5	2.3
	Geoformas	3.8	3.5	3.3
Suelo	Propiedades del suelo	4.0	3.8	3.5
	Erosión	4.8	4.5	4.5
	Uso Actual	4.0	3.5	3.5
Agua	Calidad del agua	4.8	4.2	4.0
	Disponibilidad de agua	4.7	4.5	4.5
	Patrón de flujo	4.7	4.5	4.5
	Drenaje	4.8	4.8	4.8
Vegetación	Cobertura terreno	4.8	4.3	4.0
	Atributos florísticos	4.5	4.2	4.0
	Condición actual	4.8	4.3	4.0
Fauna	Patrones de distribución	4.8	4.3	4.0
	Condiciones del hábitat	4.5	4.3	4.0
	Corredores biológicos	4.5	4.3	4.0

Por lo que a continuación en la tabla inferior, se describirá brevemente la tendencia que se espera en los factores ambientales del SA que están directamente involucrados con la realización de este proyecto, al aplicar las medidas de mitigación que se proponen.

Tabla IV. 42 Escenario ambiental con proyecto y con medidas de mitigación.

Rubro	Escenario ambiental con proyecto y con medidas de mitigación
Geoformas	No es factible eliminar este impacto sino mitigarlo al recomendar que las superficies de corte sean las menos posibles y exclusivamente al área de ceros del proyecto. Al reducir al mínimo los cambios en el relieve, se estima que el deterioro de las geoformas conllevará la misma tendencia existente, sin que el proyecto represente un incremento de ésta. Significará la perdida permanente de este recurso dentro del derecho de vía, por lo que no se espera en la tendencia actual de este componente del SAR (en las dos unidades). El compactado de la capa orgánica del suelo posterior al arrope de los taludes constituye todo un banco de semillas de especies propias de la zona, la recuperación de la cobertura vegetal dentro del derecho de vía. La propuesta de conservación de la capa orgánica del mismo
Suelos	En el caso de los suelos, el despalme significará la perdida permanente de este recurso en el terraplén y talud de la carretera dentro del derecho de vía, por lo que no se espera que represente una modificación en la tendencia actual de este componente del SAR. Asimismo, como medida de mitigación se está proponiendo el acamellonamiento de la capa orgánica del suelo removido para utilizarlo en la reforestación posterior al arrope de los taludes. Esto constituye una gran ventaja ya que este suelo contiene todo un acervo de semillas de especies propias de la zona, por lo que facilitarán y acelerarán la recuperación de la cobertura vegetal dentro del derecho de vía. Por sus características, el impacto sobre el suelo dentro no será significativo y si se cumple la medida de mitigación propuesta de conservación de la capa orgánica del mismo y su reutilización, la condición de afectación será temporal.
Clima	No es posible mitigar de forma directa el cambio por calentamiento de la carpeta asfáltica, sin embargo, con la recuperación de la cobertura vegetal dentro del derecho de vía de forma natural, catalizada por las obras de reforestación propuestas como medidas de mitigación, se espera que reduzcan el efecto de la temperatura, que a final de cuentas solo será percibido como cambio en las condiciones de confort de la vialidad y sus proximidades
Hidrología	El patrón de escorrentía y los caudales con los que se diseñó la carretera basado en estudio previo de hidrología y topohidráulico (para el diseño de puentes) propuesto como medida de mitigación, resulta de gran importancia, a fin de que la dinámica del agua en no se vea alterada, puesto que de ser así si se podrían esperar importantes cambios en el sistema, tanto en suelos, como en vegetación, sin mencionar la desecación de los cuerpos de agua intermitentes. Incluso se considera que la realización de estos estudios y la adecuada construcción de las obras de drenaje pueden tener una disminución en el actual represamiento del agua por la carretera, conformándose un importante revertir de la tendencia de deterioro de este recurso en la zona y mermar la salinización del suelo. Cabe agregar que también se considera como mitigación el manejo adecuado de los materiales y residuos peligrosos para evitar que lleguen a presentarse derrames

	accidentales. Asimismo, se circunscriben las áreas de talleres y maquinarias a los patios de maniobra, donde pueden ser limpiadas y restituidas las condiciones en caso de algún derrame y con ello reducir el riesgo de contaminación por estas actividades.
Vegetación	Durante la etapa de desmonte se producirá la remoción de vegetación precisando aquellos sitios en donde esta se presente, ya que no en todo el talud del terraplén y una parte del derecho de vía es evidente este componente. El desmonte ocasionará una pérdida en la cobertura, estructura y composición de la vegetación, que además constituye hábitats y sitios de resguardo y alimento para la fauna. Las medidas de mitigación propuestas para minimizar los impactos ocasionados a la vegetación son el rescate de especies para su posterior reforestación en sitios apropiados. La restauración de la capa orgánica de suelo sobre superficies afectadas, permitirán una recuperación natural más rápida del sitio. Cabe señalar que, en este caso en particular, dadas las condiciones climáticas existentes, (poca precipitación y altas temperaturas), se estima que en el corto plazo, ya que las herbáceas y primeras colonias tenderán a instalarse rápidamente en los sitios perturbados pues sus semillas se encuentran dentro del suelo restablecido. De cualquier manera, el efecto de la carretera sobre las comunidades vegetales no será muy relevante ya que se restringirá prácticamente al trazo, donde la composición de la vegetación no constituye un componente importante ya que se encuentran pocos individuos pero hay que tener especial atención en las especies que se encuentran bajo estatus de protección.
Fauna	La realización de las obras de desmonte y despalme generará afectaciones sobre la fauna que habite dentro del derecho de vía. Como medida se propone ahuyentar y reubicar a los organismos existentes, estén o no bajo algún régimen de protección con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tomando como sitio de depósito áreas cuyas condiciones sean lo más similar posible a las zonas en donde fueron encontrados. Asimismo, concienciar al personal y generar un reglamento de protección a la fauna al cual queden obligados, esto reducirá el efecto de los trabajadores en los frentes de obra sobre la caza o captura de organismos silvestres que se encuentren. La remoción de la vegetación afectará el hábitat de especies animales terrestres. Esta deforestación reducirá los sitios de protección y alimentación, ocasionando también el desplazamiento obligado de individuos. La recuperación de la cobertura vegetal apoyada por las obras de reforestación propuestas como medidas de mitigación, reducirá este impacto. Asimismo, un efecto muy importante que existe actualmente es el efecto barrera y riesgo de atropellamiento conformado por la construcción de la actual carretera, y que irá incrementado con la ampliación de la carretera orientada a una superficie de mayor exposición y mayor velocidad de proyecto.

IV.6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) del Proyecto tiene como propósito garantizar la aplicación y verificación del cumplimiento de las medidas preventivas, de mitigación y, en su caso, de compensación propuestas en la presente MIA durante la ejecución de las obras (preparación del sitio y construcción), así como asegurar el seguimiento durante la etapa de operación y mantenimiento, mediante la supervisión y el monitoreo de los principales indicadores ambientales asociados a los impactos relevantes identificados en el Capítulo V.

La vigilancia ambiental se orienta a establecer controles de cumplimiento para asegurar que las obras y actividades del Proyecto se ejecuten conforme a lo evaluado en la MIA y a las condicionantes que determine la autoridad ambiental en la resolución correspondiente. En particular, el PVA verificará que el Proyecto respete estrictamente el derecho de vía autorizado, la ubicación y trazo definitivo, los procedimientos constructivos previstos y la implementación efectiva de medidas de manejo ambiental en campo, incluyendo el control de emisiones de polvo, la prevención de contaminación del suelo y agua, el manejo de escurrimientos, la protección de flora y fauna y la estabilización de superficies expuestas.

El componente de monitoreo ambiental del PVA establece los parámetros, indicadores y mecanismos de seguimiento necesarios para evaluar el desempeño ambiental del Proyecto y la eficacia de las medidas implementadas. Para ello, considera el seguimiento de variables clave por componente ambiental, con énfasis en aquellas asociadas a impactos severos, residuales y/o acumulativos o sinérgicos: control de polvos y emisiones en frentes de obra y rutas de tránsito; condiciones del suelo (compactación, erosión y estabilidad de taludes y superficies expuestas); comportamiento de escurrimientos y funcionamiento de obras de drenaje; evidencias de afectación a fauna (desplazamiento, atropellamientos) y avance de la restauración (revegetación y control de erosión en áreas intervenidas).

De manera complementaria, el PVA integra planes de prevención y atención de contingencias ambientales con el fin de asegurar capacidad de respuesta inmediata ante eventualidades accidentales y eventos extraordinarios que puedan generar afectaciones ambientales. En este rubro se incluyen procedimientos para prevención y control de derrames de combustibles o aceites, atención de incidentes durante el manejo de residuos, protección y rescate de fauna en caso de hallazgos en frente de obra, y acciones preventivas y correctivas asociadas a lluvias intensas que puedan detonar erosión, arrastre de finos u obstrucción de estructuras de drenaje.

A continuación, se presentan de manera resumida los principales componentes del PVA, así como las medidas y lineamientos de seguimiento propuestos para cada etapa del Proyecto.

Programa de Vigilancia Ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Tabla IV. 43 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de preparación del sitio y construcción

ETAPA DE PREPARACIÓN DELSITIO Y CONSTRUCCIÓN				
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**	**Prevención, Mitigación y/o Compensación**
Atmosfera	Calidad del aire	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos) C-Colocación de señalamientos C-Transporte de materiales, equipos e insumos. C-Transporte de personal	Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.	Delimitación de frentes y rutas de tránsito para minimizar superficies expuestas y recorridos innecesarios; señalizar y controlar velocidad en caminos no pavimentados. Riego con pipa en frentes y accesos; cubrir/cerrar cajas de volteo y humectar material fino; mantenimiento preventivo de maquinaria y verificación de opacidad de humo.
	Ruido y vibraciones	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos) C-Transporte de materiales, e insumos. - C-Transporte de personal	Emisión de ruido perimetral.	Programación de actividades de mayor emisión sonora en horario diurno. Mantenimiento de silenciadores; limitar velocidad de maquinaria; señalización preventiva en frentes y desvíos para reducir riesgo por vibraciones/ruido; uso de EPP auditivo.
Geología	Relieve	C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	Cambios en el relieve natural del predio del Proyecto.	Ajustar cortes y rellenos a lo estrictamente necesario (nivelaciones menores) y respetar el trazo/derecho de vía autorizado. Perfilado y conformación controlada de superficies; disposición adecuada de material excedente en sitios autorizados; restauración de áreas auxiliares

				(patios/acopios) al término de la obra. Restitución morfológica en áreas temporales intervenidas mediante reperfilado.
	Estabilidad de taludes/geoformas	C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	Modificación de la taludes y geoformas por infraestructura carretera.	Diseño y ejecución conforme a criterios de estabilidad (pendientes, compactación y drenaje) y limitación de cortes a la geometría requerida. Estabilización de taludes con compactación por capas.
Agua superficial y subterranea	Escurrimientos superficiales	P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	Alteración de la velocidad y dirección de los escurrimientos naturales.	Mantener libres las líneas naturales de escurrimiento durante obra; ubicar acopios fuera de cauces/vasos y no obstruir pasos naturales. Construcción y mantenimiento de obras de drenaje y cunetas. Estabilización post-obra de salidas/descargas y zonas de concentración de flujo con protección contra erosión y revegetación.
	Provisión o infiltración de agua al subsuelo	P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	En el escenario con desmonte, la infiltración se reduce.	Minimizar el área efectiva de desmonte y compactación fuera de la huella indispensable; evitar sellamiento adicional por acopios no autorizados.
	Patrón de drenaje	C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento	Alteración del patrón de drenaje por infraestructura carretera.	Respetar y mantener la conectividad hidráulica mediante diseño de pasos/alcantarillas en puntos de cruce; evitar “efecto dique” del terraplén. Obras de drenaje transversal y longitudinal; control de pendientes y salidas; mantenimiento de secciones hidráulicas durante obra para evitar taponamientos por material.
Suelo	Calidad del suelo	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Transporte de materiales, equipos e insumos.	Potencial contaminación del suelo Pérdida del suelo fértil	Delimitación estricta del derecho de vía; prohibición de mantenimiento mayor fuera de áreas controladas; acopio separado de capa superficial donde sea factible. Manejo de combustibles/aceites con charolas y material absorbente; atención inmediata de derrames (retiro de suelo contaminado y disposición autorizada); restitución de topsoil en áreas a restaurar; limpieza y orden de frentes para evitar dispersión de finos.
	Erosión	P- Desmonte y despalme de predio	Erosión del suelo. Exposición de	Secuenciar obra para reducir superficies desnudas simultáneas; evitar dejar

			suelos a erosión hídrica y eólica.	taludes expuestos sin protección. Obras de control de erosión; humectación para controlar erosión eólica; estabilización progresiva de taludes y bordes conforme avance la obra. Restauración biológica con revegetación dirigida y obras de control de erosión permanentes en puntos críticos.
	Captura de carbono	P-Desmonte y despalme de predio	Pérdida de la capacidad de captura de carbono por desmonte y sellamiento del suelo.	Minimizar área de desmonte a lo estrictamente necesario; conservar vegetación fuera de la huella y protegerla durante obra. Rescate/reubicación de ejemplares cuando sea viable; evitar daños adicionales por tránsito fuera de área autorizada. Revegetación con especies nativas en zonas restaurables para recuperar el servicio de captura de carbono.
	Uso actual	P-Desmonte y despalme de predio	Pérdida de ecosistema natural.	Señalización y respeto estricto del polígono autorizado; capacitación a personal y control de accesos. Rescate/reubicación de flora de interés cuando aplique; evitar apertura de áreas adicionales. Compensación mediante restauración de áreas temporales y revegetación/estabilización de bordes y taludes.
	Compactación	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos)	Compactación del suelo por acciones mecánicas de la obra y tránsito de vehículos.	Restringir tránsito a rutas definidas; evitar compactación innecesaria fuera de la estructura de la obra. Compactación controlada solo donde el diseño lo requiera; escarificado y descompactación de áreas temporales al cierre; restitución de topsoil y revegetación para recuperar funcionalidad superficial. Rehabilitación de áreas temporales afectadas.
Calidad del Agua	Calidad de agua terrestre (SST)	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones	Potencial contaminación del agua por solidos suspendidos totales.	Ubicar acopios fuera de escurrimientos; no descargar material en cauces; programar actividades para minimizar exposición en temporada de lluvias cuando sea viable. Rehabilitación de zonas afectadas por arrastre, estabilización/revegetación.

		C-Construcción del cuerpo del terraplén		
	Calidad del agua terrestre (Grasas y aceites)	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos)	Potencial contaminación del agua por grasas y aceites.	Abastecimiento y mantenimiento en sitios controlados; contenedores y bandejas; prohibir disposición de aceites/grasas al suelo. Kit de derrames y capacitación; contención y recuperación inmediata; disposición de residuos peligrosos con gestor autorizado; bitácoras de manejo. Remediación puntual si ocurre contaminación (retiro de suelos/absorbentes contaminados y reposición).
Flora y fauna terrestre	Distribución y abundancia de flora. Especies protegidas o de interés especial de flora. Biodiversidad de flora. Distribución y abundancia de fauna. Especies protegidas o de interés especial de fauna. Biodiversidad de fauna. Funcionalidad del sistema.	FLORA P- Desmonte y despalme de predio FAUNA P- Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Colocación de pavimento FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA P-Desmonte y despalme de predio	Impacto sobre indicadores de flora y fauna por efectos del desmonte y despalme. Remoción total de la cubierta vegetal; pérdida de individuos de especies enlistadas en el sitio del proyecto y reubicación de los mismos en el polígono de remediación.	Delimitar y señalizar el área autorizada; capacitación y prohibición de colecta/caza; inspección previa de frentes antes de desmonte. Rescate y reubicación de flora/fauna conforme procedimiento; supervisión ambiental durante el desmonte y despalme; control de velocidades y señalización para evitar atropellamientos; manejo de residuos para no atraer fauna; evitar excavaciones abiertas sin protección. Restauración biológica (revegetación + control de erosión) para recuperar hábitat en bordes/áreas intervenidas y favorecer recuperación funcional local.
Paisaje	Calidad paisajística	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio C-Terracerias y camino de acceso C-Corte y excavaciones C-Construcción del cuerpo del terraplén C-Colocación de pavimento C-Construcción de obras complementarias (obras de drenaje, puentes, bordillos, lavaderos)	Alteración del paisaje por obras y actividades.	Orden y confinamiento de acopios; mantener limpieza de frentes; evitar áreas auxiliares no autorizadas. Retiro oportuno de excedentes; estabilización progresiva; revegetación de bordes y taludes para integración visual. Restauración biológica y control de erosión en zonas visibles para acelerar recuperación paisajística.
	Fragilidad visual	P-Preliminares (estudios, campamentos, transporte de equipo y maquinaria, insumos, etc.) P-Desmonte y despalme de predio	Impacto en la Fragilidad visual por intervención de maquinar y construcción de carretera.	Reducir al mínimo superficies desnudas simultáneas; delimitar y proteger vegetación no afectada. Estabilización temprana y revegetación progresiva; control de erosión para evitar cárcavas visibles.

				Revegetación dirigida y rehabilitación de áreas auxiliares para disminuir contraste visual.
Economía	Calidad de vida	C-Terracerías y camino de acceso C-Transporte de materiales, equipos e insumos. C-Transporte de personal	Impacto en la calidad de vida de los habitantes de la localidad por obstrucción temporal o desvío de camino.	Señalización temporal; programación de actividades para mantener accesos funcionales; comunicación comunitaria sobre desvíos/horarios. Control de velocidad y seguridad vial en desvíos; riego para control de polvo en accesos; restitución inmediata de condiciones de acceso al concluir frentes.

Programa de Vigilancia Ambiental para la etapa de operación y mantenimiento.

Tabla IV. 44 Programa de vigilancia ambiental para las etapas de Operación y mantenimiento y Abandono

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y ABANDONO				
Componente ambiental		**Actividades del proyecto/interacciones**	**Descripción de impacto**	**Prevención, Mitigación y/o Compensación**
Atmosfera	Calidad del aire	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	Incremento de contaminantes atmosféricos (CO_2, NOx, SOx, material particulado) y contribución a gases de efecto invernadero.	Control de velocidad y rutas para evitar aceleraciones/frenados repetidos. Señalización preventiva.
	Ruido y vibraciones	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero OP-Transporte de personal OP-Transporte de materiales e insumos OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años. A-Estabilización de terreros y escorrentías locales	Emisión de ruido perimetral.	Control de velocidad y rutas para evitar aceleraciones/frenados repetidos. Señalización preventiva.
Suelo	Calidad del suelo	- OP-Mantenimiento de infraestructura cada 5 años.	Potencial contaminación del suelo.	Prohibición de cambio de aceite/reparaciones mayores fuera de áreas autorizadas. Kits de derrames disponibles y personal capacitado; uso de charolas, absorbentes y contenedores etiquetados; recolección y disposición de residuos peligrosos mediante gestor autorizado; retiro inmediato de material/suelo contaminado y reposición. Remediación puntual si ocurre impacto (excavación y confinamiento/disposición autorizada;

				restitución de suelo y estabilización superficial)
Calidad del agua	Calidad del agua terrestre (grasas y aceites)	OP-Mantenimiento de cuerpo carretero OP-Mantenimiento de señalizaciones	Potencial contaminación del agua por grasas y aceites	Evitar mantenimiento con riesgo de derrames en proximidad a escurrimientos; no lavar maquinaria/equipos en sitio; control y almacenamiento seguro de aceites/grasas. Contención de derrames (barreras/absorbentes) y respuesta inmediata; manejo y disposición de residuos peligrosos conforme normativa. Saneamiento puntual ante eventos (retiro de material contaminado; restitución/estabilización; verificación posterior del área).
Paisaje	Calidad paisajistica	OP-Tránsito de vehículos OP-Mantenimiento de cuerpo carretero	Modificación de la calidad paisajística por tránsito de vehículos.	Mantener orden y limpieza permanente del derecho de vía; evitar acopios visibles fuera de periodos estrictamente necesarios; señalización adecuada para reducir maniobras y detenciones. Retiro oportuno de residuos y material suelto; control de polvo en tramos no pavimentados o con material expuesto (si aplica); mantenimiento de cunetas y obras de drenaje para evitar erosión/cárcavas visibles; revegetación dirigida en taludes/bordes intervenidos.

Seguimiento y control (monitoreo)

El seguimiento y control constituye el eje operativo del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y tiene como finalidad verificar, de manera sistemática y documentada, que las obras y actividades del Proyecto se ejecuten conforme a lo autorizado, que las medidas de prevención, mitigación y compensación se implementen en tiempo y forma, y que los impactos ambientales se mantengan dentro de rangos aceptables. En términos prácticos, el seguimiento y control integra inspección en campo, verificación documental, monitoreo de indicadores y acciones correctivas bajo un esquema de mejora continua.

Tabla IV. 45 Tabla de seguimiento y control del proyecto

Componente / Factor	Etapa y actividades asociadas	Indicador verificable (control)	Método de seguimiento	Frecuencia	Criterio de cumplimiento / umbral de control	Evidencia / registro	Responsable
Atmósfera / Calidad del aire	**P y C:** Preliminares; Desmonte y despalme; Terracerías y camino de acceso; Corte y excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias; Señalamientos; Transporte de materiales e insumos; Transporte de personal	Presencia de polvo visible; emisiones de maquinaria; orden/limpieza en frentes	Recorridos en sitio + lista de verificación; revisión de mantenimiento de equipos; control de velocidad	Semanal y por evento (viento fuerte / actividad intensiva)	Sin “plumas” persistentes de polvo; maquinaria sin humo visible anormal	Checklist; bitácora; fotos georreferenciadas; registros de mantenimiento	Supervisor Ambiental de Obra (SAO) / Residente
Atmósfera / Calidad del aire	**OP:** Tránsito de vehículos; Mantenimiento de cuerpo carretero	Polvo por tránsito; condición de superficie de rodamiento	Inspección visual	Durante mantenimiento	Sin generación recurrente de polvo en condiciones normales; acciones de control activadas en mantenimiento	Bitácora; evidencia fotográfica	Responsable Ambiental del Proyecto (RAP) / SAO
Atmósfera / Ruido y vibraciones	**P y C:** Preliminares; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias; Transporte de personal/materiales	Quejas/avisos; operación en horarios; estado de silenciadores	Recorridos + verificación de horarios; registro de quejas; revisión de equipos	Semanal	Operación conforme horarios establecidos; sin quejas recurrentes no atendidas; equipos con silenciadores funcionales	Bitácora; checklist de equipos	SAO / Contratista
Atmósfera / Ruido y vibraciones	**OP:** Tránsito; Mantenimiento cuerpo carretero; Transporte personal/materiales; Mantenimiento cada 5 años. **A:** Estabilización de terreros/escorrentías	Niveles de molestia (cualitativo) y eventos de alto ruido	Inspección + registro de actividades ruidosas	Durante mantenimientos	Sin actividades ruidosas fuera de horario; señalización preventiva cuando aplique	Reporte mensual; bitácora; fotos	RAP / SAO
Suelo / Calidad del suelo	**P y C:** Preliminares; Terracerías;	Presencia de manchas; manejo de	Inspección de frentes, patios y zonas de	Semanal	Cero derrames no atendidos; áreas de manejo con contención; residuos	Checklist; bitácora; fotos; manifiestos	SAO / Contratista

(contaminación)	Transporte de materiales e insumos	combustibles/lubricantes; contención	abastecimiento; verificación de kits		peligrosos correctamente confinados		
Suelo / Calidad del suelo (contaminación)	**OP:** Mantenimiento de infraestructura cada 5 años	Eventos de derrames; manejo de aceites usados	Inspección en mantenimiento; revisión documental de manejo de residuos	Durante mantenimiento y cierre de actividades	Cero descargas al suelo; aceites usados con trazabilidad	Reporte de mantenimiento; manifiestos; evidencia fotográfica	RAP / SAO
Agua / Grasas y aceites (calidad de agua terrestre)	**P y C:** Preliminares; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias	Presencia de hidrocarburos/grasas en escurrimientos; control de lavado/mantenimiento	Recorridos en puntos de escurrimiento; verificación de áreas de mantenimiento	Semanal y posterior a lluvias	Sin evidencia de películas iridiscentes/olor a hidrocarburo; mantenimiento/abastecimiento fuera de cauces/escurrimientos	Bitácora; fotos georreferenciadas; reporte de evento lluvia	SAO / Contratista
Agua / Grasas y aceites	**OP:** Mantenimiento cuerpo carretero; Mantenimiento de señalizaciones	Manejo de residuos aceitosos (trapos, absorbentes); prevención de escurrimientos contaminados	Verificación en sitio + revisión de disposición	Durante mantenimiento	Absorbentes y residuos aceitosos gestionados como corresponde; sin arrastre a drenajes	Reporte de mantenimiento; manifiestos; fotos	RAP / SAO
Paisaje / Calidad paisajística	**P y C:** Preliminares; desmonte y despalme; Terracerías; Excavaciones; Terraplén; Pavimento; Obras complementarias	Orden y limpieza; manejo de acopios; restitución progresiva	Inspección visual + registro fotográfico comparativo	Semanal	Frentes sin residuos dispersos; acopios controlados; retiro oportuno de sobrantes	Checklist; fotos antes-durante-después	SAO / Residente
Paisaje / Calidad paisajística	**OP:** Tránsito de vehículos; Mantenimiento de cuerpo carretero	Presencia de residuos; deterioro visual por mantenimiento	Inspección visual	Durante mantenimiento	Sin residuos dispersos; áreas intervenidas restituidas al concluir mantenimiento	Reporte; fotos	RAP / SAO
Abandono / Control post-cierre (estabilidad y limpieza)	**A:** Retiro de instalaciones y limpieza; Estabilización de terreros/escorrentías locales; Restauración biológica (con control de erosión); Monitoreo posterior al cierre	Estabilidad de superficies; ausencia de residuos; funcionalidad de obras de control de erosión	Recorridos de verificación; evaluación visual de cárcavas/arrastres; revisión de puntos críticos	Semanal durante abandono; luego trimestral/según programa de monitoreo	Sin erosión activa significativa; obras de control íntegras; sitio libre de residuos; escurrimientos conducidos sin socavación	Informe de cierre; fichas de sitio; fotos georreferenciadas; reportes de monitoreo	RAP / SAO / Especialista

La totalidad de los impactos ambientales identificados y evaluados para el proyecto, resultan de efectos muy localizados y de corta duración de acuerdo a la matriz de interacción de Leopold, donde se presentan los mayores impactos en las obras iniciales de construcción de las obras, mitigables y reversibles de acuerdo a la naturaleza de la obra de construcción carretero

Los efectos a los rasgos biológicos se consideran poco significativos, ya que no se llevará a cabo ninguna pérdida de ambientes naturales o de poblaciones de flora y fauna con distribución limitada o con protección oficial.

Se determinan las medidas necesarias para afectar lo menos posible. Los impactos adversos identificados en los rasgos físicos en general resultan poco significativos.

Los promoventes del presente estudio quedan atentos a las disposiciones normativas en materia ambiental que dicten las autoridades correspondientes.

ANEXOS. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL

FORMATOS DE PRESENTACIÓN

PLANOS DEFINITIVOS

Se presenta en el Anexo 4 Ingeniería del proyecto

FOTOGRAFÍAS

Ver Anexo 9. Memoria fotográfica del proyecto

VIDEOS

OTROS ANEXOS

Anexo 3. Título de concesión.
Anexo 4. Ingeniería del proyecto.
Anexo 5. Estudio hidrológico.
Anexo 6. Planes y programas.
Anexo 7. Shapes y kml
Anexo 8. Memorias de calculo
Anexo 9. Memoria fotográfica

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ambiente: Conjunto de características del medio en que viven los organismos.

Antropogénico: Hace referencia a las actividades realizadas voluntaria o involuntariamente por el hombre.

Área de influencia del proyecto: Es el ambiente que interacciona con el proyecto en términos de entradas (recursos, mano de obra, espacio, etc.) y de salidas (producto, empleo, rentas, etc.) y por tanto en cuanto provisor de oportunidades, generador de condicionantes y receptor de efectos.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Erosión: Proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y depositación de las partículas individuales del suelo por el viento, agua, glaciares u otros.

Especie en Status de riesgo: Cualquier especie que se encuentre en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de las siguientes categorías: especie en peligro de extinción, amenazada, rara, sujeta a protección especial o endémica.

Factor ambiental: Son los diversos elementos que conforman a los componentes ambientales. Son susceptibles de ser modificados por la actividad humana; en ocasiones, estas modificaciones pueden ocasionar graves problemas, los cuales pueden ser difíciles de valorar, debido a que suelen tener duraciones a mediano o largo plazo, o bien, en el caso de ser problemas menores, pueden ser fácilmente soportables.

Impacto: acción que afecta positiva o negativamente los recursos presentes en un área de los que se hace algún uso o explotación.

Magnitud del impacto: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Titular del proyecto o Promovente: Se considera como tal, tanto a la persona física o jurídica que solicita autorización o aprobación definitiva relativa a un proyecto privado, como a la autoridad pública que toma la iniciativa respecto a la aprobación o puesta en marcha de un proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

Brown, D. E. (1994). *Biotic communities: Southwestern United States and northwestern Mexico*. University of Utah Press.

Canter, L. W. (1998). *Manual de evaluación de impacto ambiental* (2.ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana de España.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2004). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos geológicos*. Secretaría de Gobernación.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (s. f.). *Atlas Nacional de Riesgos*. Gobierno de México.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. (2018). *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Sonora: Reporte final*. CEDES.

Comisión Nacional del Agua. (2008). *Estudio hidrológico del estado de Sonora*. CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua. (2023). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costa de Hermosillo (2619), estado de Sonora*. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional del Agua. (2023). *Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos*. *Diario Oficial de la Federación*.

Comisión Nacional Forestal. (2010). *Manual de obras y prácticas de protección, restauración y conservación de suelos forestales*. CONAFOR.

Comisión Nacional Forestal. (2013). *Restauración de ecosistemas forestales: Guía básica para comunicadores*. CONAFOR.

Comisión Técnica Consultiva para la Determinación del Coeficiente de Agostadero. (1974). *Tipos de vegetación del estado de Sonora: Brigada No. 1 Sonora*. Secretaría de Agricultura y Ganadería.

Comisión Técnica Consultiva para la Determinación del Coeficiente de Agostadero. (1989). *Manual de los tipos de vegetación para el estado de Sonora*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Consejo Estatal de Población. (2000). *Sonora demográfico*. COESPO.

Conesa Fernández-Vítora, V. (1995). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (2.ª ed.). Mundi-Prensa.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (1994). *Guía de identificación de aves de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. CITES.

Diario Oficial de la Federación. (1993). *Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Diario Oficial de la Federación. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-1994, que establece las condiciones que deben cumplir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Diario Oficial de la Federación. (2000). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Diario Oficial de la Federación. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Diario Oficial de la Federación. (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*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1997). *Guidelines for land-use planning*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Status of the world's soil resources: Main report*. FAO; Intergovernmental Technical Panel on Soils.

García, E. (1989). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (4.ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.

Gobierno del Estado de Sonora. (1990). *Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para el Estado de Sonora, Ley 217*. Gobierno del Estado de Sonora.

Gobierno del Estado de Sonora. (1992). *Fauna sonorense*. Revista Ecológica del Gobierno del Estado de Sonora.

Gobierno del Estado de Sonora. (2009). *Ley de Protección Civil para el Estado de Sonora*. Gobierno del Estado de Sonora.

Gobierno del Estado de Sonora. (2021). *Plan Estatal de Desarrollo 2021–2027*. Gobierno del Estado de Sonora.

H. Ayuntamiento de Hermosillo. (2021). *Plan Municipal de Desarrollo de Hermosillo 2021–2024*. H. Ayuntamiento de Hermosillo.

Hernández-Reyes, R. M., & Navarro-Angulo, L. I. (1990). *Manual del ingeniero en acuicultura*. [Editorial no identificada].

Instituto Nacional de Ecología, & Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1999). *Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible*. *Diario Oficial de la Federación*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1981). *Carta de hidrología subterránea, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1981). *Carta de hidrología superficial, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1981). *Carta edafológica, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1981). *Carta geológica, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1981). *Carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1993). *Estudio hidrológico del estado de Sonora*. INEGI; Gobierno del Estado de Sonora.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2000). *Tabulados básicos Sonora* (Tomos I–V). INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2001). *Diccionario de datos de hidrología superficial, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2002). *Sistema de Información Geográfica del Estado de Sonora*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Conjunto de datos de erosión del suelo, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Conjunto de datos vectoriales edafológicos, escala 1:250,000, serie II*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Conjunto de datos vectoriales de fisiografía, escala 1:1,000,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Conjunto de datos vectoriales de hidrología superficial, escala 1:250,000, serie I*. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Conjunto de datos vectoriales geológicos, escala 1:250,000*. INEGI.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2013). *Rehabilitación de pastizales en zonas áridas y semiáridas de México*. INIFAP.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2014). *Tecnologías para la restauración y rehabilitación de agostaderos en zonas áridas y semiáridas*. INIFAP.

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Institute for Global Environmental Strategies.

IUSS Working Group WRB. (2015). *World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps* (Update 2015). FAO.

Juárez-Badillo, E., & Rico-Rodríguez, A. (1999). *Fundamentos de la mecánica de suelos* (Tomo 1). Limusa.

Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos. (1977). *Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos* (Manual de agricultura No. 60). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact* (Geological Survey Circular 645). U.S. Geological Survey.

Lizárraga, J. E. (1993). Evaluación de impacto ambiental: El método de indicadores característicos. *Calidad Ambiental, 1*(3), 6–9.

López-Pineda, L. (2010). Riesgo sísmico en ciudades del noroeste de México. *Nuestra Tierra*, 13, 4–10.

Martínez, M., & Fernández, V. J. (1983). *Jerarquización de acciones de conservación de suelos a partir de cuencas hidrológicas*. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Martínez-Marmolejo, Y. G. (2018). *Evaluación de riesgos geológicos en Bahía Kino, Sonora, México* [Tesis de maestría, Universidad de Sonora].

Moreno, C., Weaver, A., Bourillón, L., Torre, J., Égido, J., & Rojo, M. (2005). *Diagnóstico ambiental y socioeconómico de la región marina-costera de Bahía de Kino, Isla Tiburón, Sonora, México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable*. Comunidad y Biodiversidad, A. C.

Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing.

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.

Ordóñez-Gálvez, J. J. (2011). *Balance hídrico superficial*. Sociedad Geográfica de Lima.

Raisz, E. (1964). *Landforms of Mexico* (2nd ed., scale map 1:4,000,000). Geography Branch, Office of Naval Research.

Rau, J. G., & Wooten, D. C. (1980). *Environmental impact analysis handbook*. McGraw-Hill.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2005). *Estimación de la erosión del suelo*. SAGARPA.

Secretaría de Desarrollo Social. (2011). *Atlas de riesgos naturales del municipio de Hermosillo, Sonora*. SEDESOL.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (2000). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental*. SEMARNAP.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo*. *Diario Oficial de la Federación*.

Servicio Geológico Mexicano. (2018). *Cartografía geológica de la Costa de Hermosillo*. GeoInfoMex.

Servicio Meteorológico Nacional. (2026). *Normal climatológica 1991–2020: Estación 26139 Hermosillo II (DGE), Hermosillo, Sonora*. Comisión Nacional del Agua.

Servicio Sismológico Nacional. (2015). *Catálogo de sismos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Shreve, F., & Wiggins, I. L. (1964). *Vegetation and flora of the Sonoran Desert* (Vols. 1–2). Stanford University Press.

Silva-Vázquez, R. E. (2003). *Predicción del cambio de calidad ambiental en la cuenca del Lago de Pátzcuaro por medio de un modelo de simulación* [Tesis o trabajo académico, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa].

Turoff, M., & Linstone, H. A. (2002). A primer for a new cross-impact language—KSIM. *Technological Forecasting and Social Change, 4*, 129–153. Trabajo original publicado en 1972.

United States Geological Survey. (2015). *Earthquake catalog*. U.S. Geological Survey.

Valpreda, E. C. (s. f.). *Sistema de información geográfica (SIG), teledetección y evaluación multicriterio (EMC) en un estudio de evaluación de impacto ambiental (EIA)*. Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial.

Whittaker, R. H. (1975). *Communities and ecosystems* (2nd ed.). Macmillan.

Fuentes electrónicas complementarias

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). *Regionalización hidrológica*. CONABIO.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). *Regionalización marina*. CONABIO.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). *Regionalización terrestre*. CONABIO.

ANEXO 1. ACTA CONSTITUTIVA Y PODER DEL REPRESENTANTE LEGAL.

ANEXO 2. DECLARACION DE INCORPORACION AL DOMINIO PUBLICO MUNICIPAL LOS TERRENOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO.

ANEXO 3. TÍTULOS DE CONSECIÓN.

ANEXO 4. INGENIERIA DEL PROYECTO

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

ANEXO 5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

PROTEGIDO POR LA LFTAIPG

ANEXO 6. PLANES Y PROGRAMAS.

ANEXO 7. SHAPES Y KML

ANEXO 8. MEMORIAS DE CALCULO