

RESUMEN EJECUTIVO

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO TREN MAYA TRAMO 5 NORTE



Coordinador del Proyecto

[Redacted]

Coordinador Técnico

[Redacted]

Participantes

[Redacted]

Eliminado: 46 nombres en virtud de tratarse de información que contiene datos personales concernientes a una persona física identificada o identificable, con fundamento en el artículo 113, fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública en relación con los Lineamientos Generales en Materia de Clasificación y Desclasificación de la Información, así como la Elaboración de Versiones Públicas.

Cartografía

[Redacted]

Coordinación en administración y seguimiento contractual

[Redacted]

Diseño gráfico y edición del documento

[Redacted]

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	1
I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO	1
I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO	1
I.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO	1
I.1.3. DURACIÓN DEL PROYECTO	3
II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA	3
II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO	3
Principales objetivos del proyecto	3
Características generales	3
Servicios ofrecidos	4
II.1.4. INVERSIÓN REQUERIDA	4
II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA	4
II.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES	4
II.2.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES Y ASOCIADAS	5
II.2.5 SUPERFICIE TOTAL REQUERIDA	6
II.2.3 PROGRAMA DE TRABAJO	7
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES	8
III.1. ORDENAMIENTOS JURÍDICOS	8
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	8
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	11
IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO	11
IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	13
IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR	15
Clima	15
Precipitación y temperatura	15
Fenómenos meteorológicos	16
Medio biótico	24
IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	31
IV.4.1 SÍNTESIS OBJETIVA Y CONGRUENTE DEL ESTADO ACTUAL DEL SAR	31
Capacidad de respuesta del SAR en función de las principales tendencias de desarrollo ambiental de la región	33

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	35
IMPACTO Y SU VALOR DE IMPORTANCIA	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CONCLUSIONES	72
VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	73
VI.1 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	74
ANTECEDENTES	74
OBJETIVOS	75
METAS Y ALCANCES	75
VI.1.1 PROGRAMAS Y ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA EL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	76
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	76
Objetivos	76
Metas y alcances	76
Acciones	77
PROGRAMA DE AHUYENTAMIENTO, RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA SILVESTRE	77
Objetivos	78
Metas	78
Acciones o Actividades	78
PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA	79
Objetivos	80
Alcances	80
Metas	80
Acciones	80
PROGRAMA DE ESTABLECIMIENTO Y MONITOREO DE PASOS DE FAUNA	81
Objetivos	82
Alcances	83
Actividades	83
PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y REFORESTACIÓN	83
Objetivos	83
Metas	84
Actividades	84
PROGRAMA DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y MANEJO DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES Y CONSERVACIÓN DEL PAISAJE KÁRSTICO	85
Objetivos	86
Metas	86
Actividades	86
PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS	87
Objetivos	87
Metas	87
Actividades	88



PROGRAMA DE LA CALIDAD DEL AIRE	88
Objetivos	89
Principales actividades	89
VI.3 SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO	89
VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	92
VII.1 CONCLUSIONES SOBRE LOS PRONÓSTICOS AMBIENTALES	93

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Superficies ocupadas por las obras del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	7
Cuadro 2. Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR. _____	11
Cuadro 3. Tipos de clima según la clasificación de Köppen y su superficie en el SAR (Elaboración propia). _____	15
Cuadro 4. Regiones hidrológicas presentes en el SAR y el AI (Elaboración propia). _____	22
Cuadro 5. Usos de suelo y vegetación del SAR. _____	25
Cuadro 6. Usos de suelo y vegetación del AI. _____	25
Cuadro 7. Usos de suelo y vegetación del AP _____	25
Cuadro 8. Estrés/Presión ambiental y la capacidad de respuesta del medio biótico y tendencia ambiental. _____	33
Cuadro 9. Fichas de interacciones durante la etapa de preparación del sitio. _____	37
Cuadro 10. Ficha de interacciones durante la etapa de construcción. _____	47
Cuadro 11. Fichas de interacciones durante la etapa de operación. _____	61
Cuadro 12. Fichas de interacciones durante la etapa de mantenimiento. _____	63
Cuadro 13. Impactos ambientales identificados para el proyecto _____	66
Cuadro 14. Valores e importancia del impacto. _____	71

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte en el estado de Quintana Roo, México. _____	2
Figura 2. Programa de Ejecución de TM T5 Norte. _____	8
Figura 3. Sistema Ambiental Regional del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	12
Figura 4. Área de influencia del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	14
Figura 5. Geología del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	18
Figura 6. Riesgos geológicos y cavernas con intersección al trazo del proyecto. _____	20
Figura 7. Tipo de suelos presentes en el SAR y ubicación de los perfiles de suelo y vistas edáficas. _____	21
Figura 8. Hidrología superficial del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	23
Figura 9. Acuíferos en la Península de Yucatán. _____	24
Figura 10. Uso de suelo y vegetación dentro del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte. _____	26
Figura 11. Uso de suelo y vegetación del AI. _____	27

RESUMEN EJECUTIVO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Tren Maya Tramo 5 Norte

I.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte se localiza geográficamente en la porción oriental de la Península de Yucatán, dentro del Estado de Quintana Roo y abarcando los municipios de Solidaridad, Puerto Morelos y Benito Juárez (*Figura 1*). El trazo del proyecto cuenta con una longitud de 43.57 km.

Las coordenadas geográficas extremas del trazo del proyecto son 21°0'40" al norte y 20°41'52" al sur en latitud norte, y 86°53'6" al este y 87°6'8" al oeste en longitud oeste. Las principales áreas urbanas que recorre el trazo corresponden a Puerto Morelos y Playa del Carmen. El trazo del Tramo 5 Norte inicia en las coordenadas UTM X: 511,889.40 y Y: 2,323,390.81 y concluye en las coordenadas X: 489,345.64 y Y: 2,288,717.22.

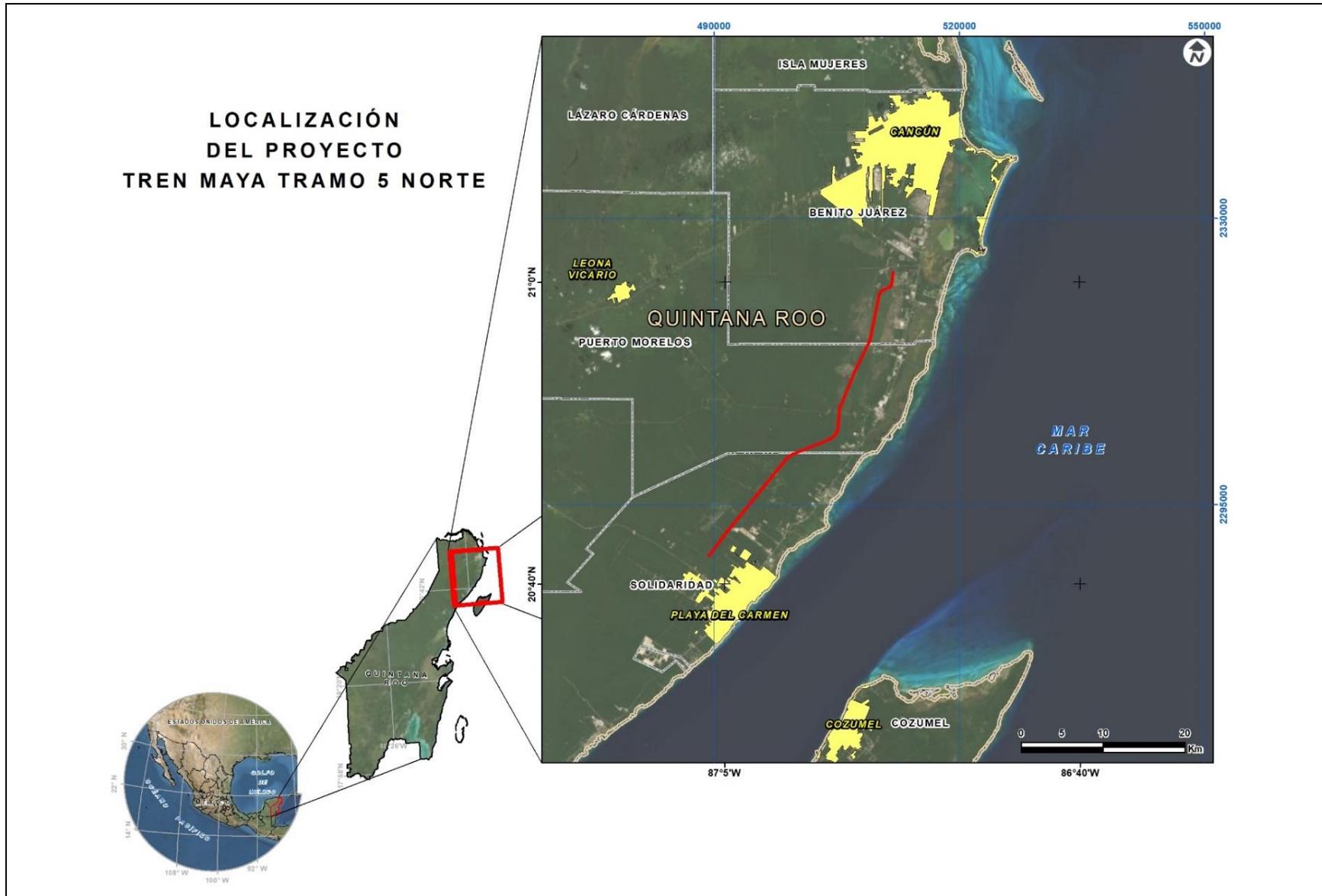


Figura 1. Localización geográfica del proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte en el estado de Quintana Roo, México.

I.1.3. DURACIÓN DEL PROYECTO

Se tiene previsto que los trabajos de construcción inicien una vez obtenidas las autorizaciones en materia de impacto ambiental. La duración para la ejecución de las obras incluidas las pruebas de infraestructura y equipo es de aproximadamente 24 meses.

El Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte (TM-T5 Norte) tendrá una vida útil de 50 años aproximadamente; sin embargo, con la aplicación del programa de mantenimiento se prevé que este periodo sea aún más amplio.

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO

El desarrollo de este Proyecto corresponde al Tramo 5 Norte y tiene una longitud de 43.575 km entre las localidades de Cancún y Playa del Carmen, Quintana Roo.

La línea ferroviaria de doble vía objeto del proyecto es apta para Tráfico Mixto (pasajeros y carga) con velocidades de proyecto, máxima de 160 km/h para trenes de viajeros y mínima de 100 km/h para los trenes de mercancías.

PRINCIPALES OBJETIVOS DEL PROYECTO

- ◆ Diversificar y fortalecer la industria turística en la región y en México.
- ◆ Impulsar el desarrollo socioeconómico de la región y de los pueblos y comunidades originarias.
- ◆ Fomentar la inclusión social y la creación de empleo.
- ◆ Promover y resguardar las culturas indígenas de la región.
- ◆ Promover la reordenación territorial del estado Quintana Roo

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Locomotora eléctrica acorde a la norma ambiental de California.
- Material Rodante Pasajeros: Tren eléctrico.
- 1 estación: Puerto Morelos.
- Tren de velocidad media (máxima de 160 km/h para pasajeros y de 100 Km/h para carga).
- Pasos vehiculares.

- Base de mantenimiento.
- Pasos de fauna.
- Obras de drenaje.

SERVICIOS OFRECIDOS

- Transporte de la población local.
- Transporte de Turistas.
- Carga de alimentos, combustibles y mercancías varias.

II.1.4. INVERSIÓN REQUERIDA

La inversión requerida para llevar a cabo el Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte se estima en \$28,101,514,606.00 de pesos mexicanos. Dicho capital será aportado por el Gobierno Federal.

II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

II.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES

El nuevo trazo tendrá una longitud total de 43.575 km, y continúan vigentes las mismas características principales de la ubicación inicial para el proyecto ferroviario:

- La línea ferroviaria de doble vía para Tráfico Mixto (pasajeros y carga).
- Velocidades de proyecto de 160 km/h para trenes de viajeros y 100 km/h para los trenes de mercancías.
- Las cargas por eje de 32.5 t para trenes de mercancías y 19 t para trenes de pasajeros.
- El trazado geométrico se encaja con curvas de 500 a 6000m de radio y tramos rectos, unidos por medio de clotoides.

Elementos funcionales en el Tramo 5 norte:

- Estación Puerto Morelos
- Base de Mantenimiento
- Un ladero (al interior del derecho de vía)

- Puesto de banalización (al interior del derecho de vía)

II.2.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES Y ASOCIADAS

Durante la ejecución de la obra será necesario llevar a cabo el acondicionamiento de oficinas, almacenes temporales de material, talleres, patios de maniobras, alojamiento para trabajadores, comedores, estación de almacenamiento, patios de almacenamiento de rieles, patio de almacenamiento de durmientes. Dichas áreas serán provisionales ya que al término de la construcción del proyecto todas las obras provisionales serán desmontadas y retiradas. Todas estas obras se edificarán al interior de un campamento de obra, el cual cuenta con una superficie de 10.079 hectáreas y en donde es necesario realizar cambio de uso de suelo, ya que la poligonal destinada para tal fin se localiza en terrenos forestales.

Oficinas: Se prevé la construcción de un campamento de obra, para la instalación de las oficinas se plantea la utilización de oficinas móviles, como alternativa se plantea utilizar oficinas de multipanel, distribución interna por área de trabajo, equipadas con mobiliario de oficina, equipos de impresión, etc.

Almacenes: Se instalarán almacenes para el resguardo de materiales de construcción, herramientas manuales, equipo menor, equipos de seguridad y de distintos elementos de la obra como acero, aceite y lubricantes, etc.; considerando la NOM-005-SPTS-1997. Cabe destacar que en el área de almacén no se tendrá almacenamiento de combustible.

Además, se colocarán avisos de acceso restringido, se colocarán equipos portátiles para la protección y combate de incendio, identificados mediante señalamientos de seguridad. Cabe hacer mención que, se evitarán actividades para el mantenimiento de maquinaria y equipo fuera de las áreas destinadas y preparadas para tal fin.

Almacén de Residuos Peligrosos: El almacén de residuos peligrosos estará construido de acuerdo con los lineamientos establecido en Art. 82, Frac. I, II, III del Reglamento de la Ley General para la Gestión Integral de Residuos, debido a que es de forma temporal por la duración de la etapa de construcción del Tren Maya Tramo 5 norte. Dicho almacén contará con su área de envasado para evitar la dispersión y facilitar el manejo de los residuos. Asimismo, cada recipiente deberá estar debidamente identificado mediante la etiqueta correspondiente.

Patio de Almacenamiento de Rieles: Se dispondrá de patios para el resguardo de los rieles dentro del Derecho de Vía, lo anterior, con la finalidad de tener puntos de distribución cercanas al proyecto, a fin de facilitar el montaje de dicho material sobre la capa de subbalasto de la estructura de la vía férrea.

Patio de Almacenamiento de Durmientes: Se dispondrá de un área de acopio de durmientes dentro del campamento de obra. Asimismo, al igual que los rieles, se instalarán patios para el resguardo de los durmientes

dentro del Derecho de Vía, lo anterior, con la finalidad de tener puntos de distribución cercanas al proyecto y facilitar el montaje de estos. Los durmientes son aquellos elementos estructurales que se colocan de forma transversal en el balasto sobre el cual se construyen las vías férreas. Su función primordial consiste en distribuir la carga de las ruedas a lo largo de las vías y asegurar su inclinación.

Patio de almacenamiento de balasto: Dentro del área del campamento de obra, se dispondrá de un área para el acopio de balasto, a fin de facilitar el acarreo de este a lo largo del trazo del Tramo 5 Norte.

Alojamiento: Dentro del área del campamento de obra, serán montados de manera temporal alojamientos para los trabajadores y personal militar, los cuales serán instalados a base de multipanel.

Parque de maquinaria y vehículos: Dentro del Campamento de obra se dispondrá de un área de aparcamiento de maquinaria, equipos y vehículos, el cual se empleará para el servicio y mantenimiento de estos. Asimismo, después de las jornadas laborales se ubicarán puntos de aparcamiento de maquinaria dentro del Derecho de Vía, para el control y organización del proyecto.

Servicios Sanitarios: Se emplearán sanitarios portátiles en los frentes de trabajo a razón de 1 por cada 15 trabajadores y se dará servicio de mantenimiento frecuente, para fomentar su uso y evitar el fecalismo al aire libre.

Suministro de Agua: El abastecimiento para las instalaciones del campamento y para el consumo de la obra, se hará mediante pipas, las cuales para su llenado se prevé la gestión para la autorización de la extracción de agua en pozo, los cuales serán los puntos de distribución para el abastecimiento.

Suministro de energía: Se instalará la energía eléctrica a través de una acometida conectada de la red más cercana a la zona del campamento de obra, a fin de alimentar las instalaciones generales. Dicho suministro se realizará a través de un contrato.

II.2.5 SUPERFICIE TOTAL REQUERIDA

El proyecto contiene elementos y/u obras permanentes, mismas que suman una superficie de 340.217 hectáreas, de la cual una porción de dicha superficie presenta coincidencia espacial con el derecho de vía (47.897 ha); cabe hacer mención que, de la superficie antes mencionada, 261.756 ha corresponden al derecho de vía, el cual abarca una superficie de 30m a cada lado del centro de la vía. El proyecto también cuenta con obras puntuales como pasos peatonales (16), pasos vehiculares (8), obras de drenaje (32) y pasos de fauna (60). Finalmente, la superficie del proyecto que es considerada como de área de afectación corresponde a 292.320 hectáreas. El *Cuadro 1* recoge las superficies de cada una las obras que se construirán para el proyecto.

Cuadro 1. Superficies ocupadas por las obras del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

OBRA	SUPERFICIE TOTAL DE LA OBRA		SUPERFICIE DE LA OBRA QUE COINCIDE CON EL DERECHO DE VÍA (CONTENIDA DENTRO DERECHO DE VÍA)		SUPERFICIE NETA DE AFECTACIÓN	
	M ²	HA	M ²	HA	M ²	HA
Derecho de vía (1 ubicación)	2,617,564.841	261.756	-	-	2,617,564.841	261.756
Estación Puerto Morelos	183,322.382	18.332	62,043.109	6.204	121,279.273	12.128
Base de mantenimiento (Solidaridad)	64,055.717	6.406	-	-	64,055.717	6.406
Subestaciones CFE (4 subestaciones con 5 ubicaciones) *	17,228.834	1.723	-	-	17,228.834	1.723
Campamento (Puerto Morelos)	100,793.863	10.079	-	-	100,793.863	10.079
Ladero (Solidaridad)	11,700.341	1.170	11,700.341	1.170	0.000	0.000
Camino de acceso a subestaciones (2)	2280.956	0.228	-	-	2280.956	0.228
Camino de servicio (1 dentro del DDV)	392,234.973	39.223	392,234.973	39.223	0.000	0.000
Paso vehicular (8 ubicaciones)	1,703.350	0.170	1,703.350	0.170	0.000	0.000
Obras de drenaje (32 ubicaciones)	1,944.600	0.194	1,944.600	0.194	0.000	0.000
Paso de fauna (60 ubicaciones)	8,778.790	0.878	8,778.790	0.878	0.000	0.000
Paso peatonal (16 ubicaciones)	581.400	0.058	581.400	0.058	0.000	0.000
Total	3,402,190.47	340.217	478,986.563	47.897	2,923,203.484	292.320

*(1 subestación de tracción (SET), 1 subestación de maniobras (SEM), 2 Autotransformador inicial (ATI A y ATI B) y 1 Autotransformador final (ATF))

II.2.3 PROGRAMA DE TRABAJO

Se tiene previsto que los trabajos de preparación del sitio construcción del proyecto sean ejecutadas en 2 años, pero se consideran 5 años en total por la envergadura del proyecto. Para la operación y mantenimiento se consideran a 100 años. La *Figura 2* muestra el programa de ejecución de manera general por fases (*Figura 2*).

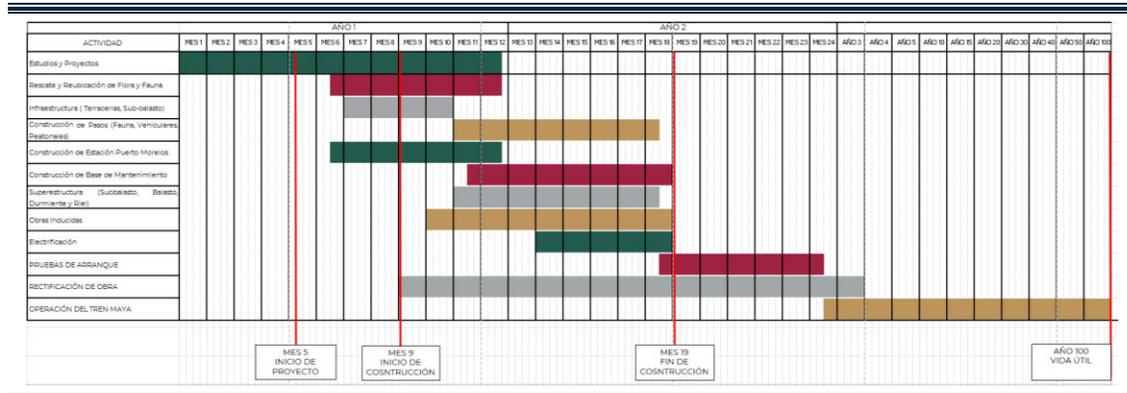


Figura 2. Programa de Ejecución de TM T5 Norte.

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

La estructura de este capítulo comienza por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, seguida de los tratados internacionales ratificados por México, las Leyes y Reglamentos Federales, las Leyes y Reglamentos del Estado de Quintana Roo y finalmente los ordenamientos municipales. Asimismo, considera los instrumentos de ordenamiento territorial y normas oficiales mexicanas aplicables al proyecto.

III.1. ORDENAMIENTOS JURÍDICOS

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

La Constitución establece el derecho a un medio ambiente sano, establece la propiedad nacional sobre los recursos naturales, así como la rectoría del estado sobre el desarrollo nacional en los artículos 4, 25, 27 y 28. Se presentan de manera sintetizada las disposiciones vinculantes de los artículos mencionados con el proyecto.

Tratados internacionales

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático
- Convenio sobre los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas “Convención Ramsar”
- Instrumentos legales y normativos relativos a humedales/vegetación de mangle (ANP's) y humedales al norte de la Península de Yucatán.

Con respecto a la vinculación de los demás instrumentos legales y normativos relativos a humedales/vegetación de mangle ANP's y humedales al norte de la península de Yucatán se encuentran las siguientes ANP:

- Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán
- Reserva Estatal El Palmar
- Reserva Estatal de Dzilam
- Convenio sobre diversidad biológica
- Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres
- Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe, “Acuerdo de Escazú”
- Declaración americana sobre los derechos de los pueblos indígenas.
- Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- Declaración de las Naciones Unidas sobre los pueblos indígenas.
- Ley reglamentaria del servicio ferroviario.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- Ley general de cambio climático.
- Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.
- Ley de aguas nacionales.
- Ley general de vida silvestre.
- Ley general de desarrollo forestal sustentable.

Entre otras. La vinculación se realizó a los reglamentos y normas que se desprenden de estas leyes.

También se realizó la vinculación de las leyes estatales aplicables al estado libre y soberano del estado de Quintana Roo.

- Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET).

- Programa de ordenamiento ecológico general del territorio (POEGT).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, Quintana Roo
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo

Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

- Áreas naturales federales
 - Reserva de La Biósfera Caribe Mexicano
 - APFF Manglares de Nichupté
 - Parque Nacional Arrecife De Puerto Morelos
 - Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún Y Punta Nizuc
- Áreas Naturales Destinadas Voluntariamente a la Conservación

Sitios Ramsar

- Región Marina Prioritaria
- Región hidrológica prioritaria
- Planes o programas de desarrollo urbano (PDU)

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

Como resultado de este análisis espacial, el Sistema Ambiental Regional del proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte corresponde a un polígono irregular con una superficie de 1,891.318 km² y está conformado por 2,740 vértices (*Figura 3; Anexo IV.1*). Adicionalmente el *Cuadro 2* contiene la superficie del SAR, área de influencia del proyecto (su descripción se presenta en el siguiente apartado) y la superficie del proyecto (indicada en el capítulo II de la presente MIA).

Cuadro 2. Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR.

ZONA	SUPERFICIE	
	KM ²	HECTÁREAS
Superficie del proyecto	2.9232	292.320
Área de influencia	409.047	40,904.695
SAR	1,685.380	168,537.958

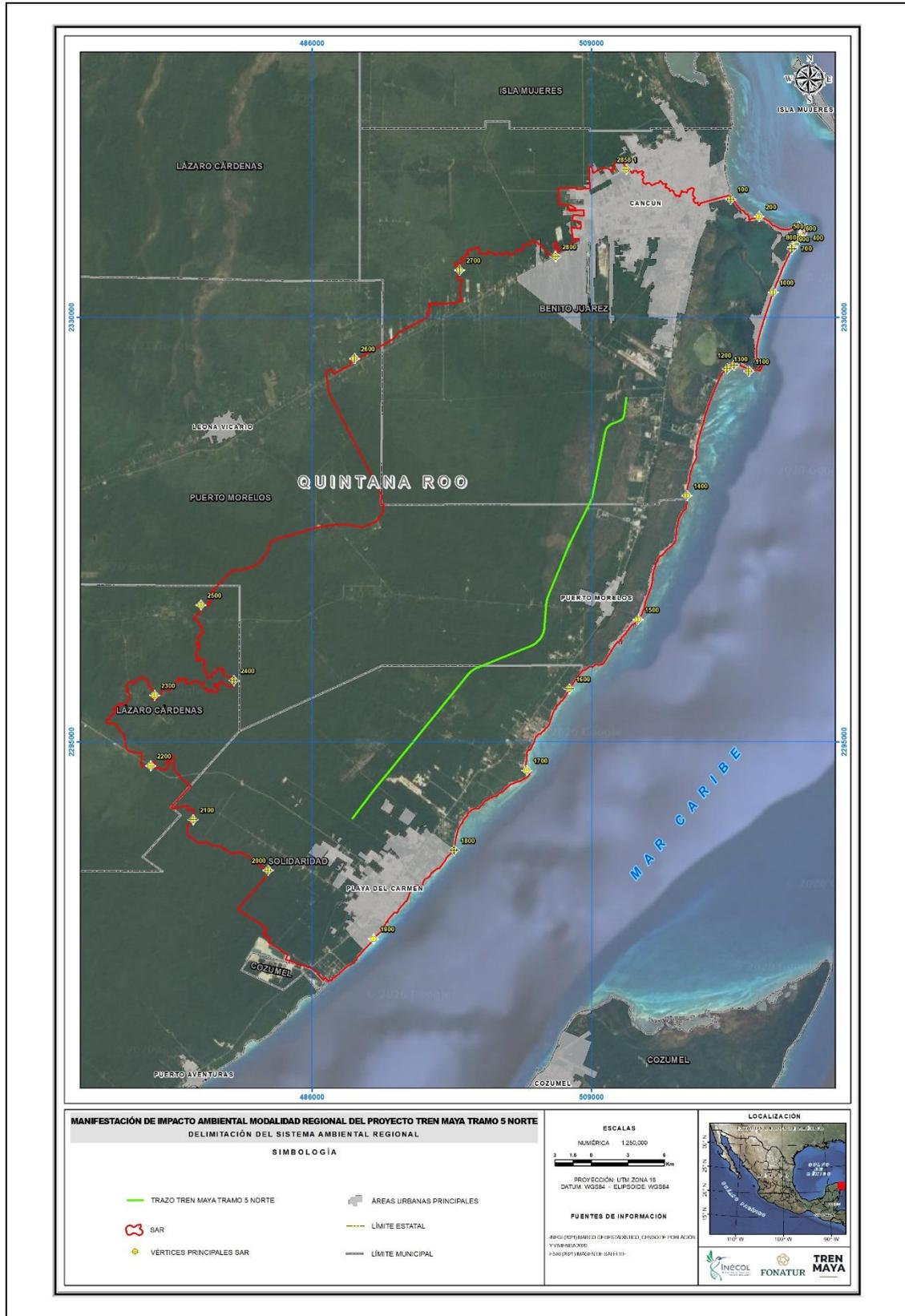


Figura 3. Sistema Ambiental Regional del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para obtener el Área de Influencia (AI) del proyecto se tomaron en consideración sus dimensiones, obras y la superficie en donde pudieran manifestarse efectos de los impactos ambientales significativos (tanto los positivos como los negativos) que pueden ocurrir por la implementación y operación del proyecto.

Partiendo de los valores previamente mencionados fue necesario procesar en el software ArcMap 10.8 un área buffer para todas las obras del proyecto respecto al derecho de vía, con lo que se obtuvieron diversas áreas concéntricas las cuales posteriormente fueron unificados en una sola. Caber hacer mención que la porción este de la misma se acotó mediante la carretera federal 307, de igual manera, en su parte sur se emplearon algunas calles y caminos del área urbana de Playa del Carmen, y por su porción norte se utilizó como límite la carretera federal 180. La finalidad de emplear estas vialidades como un límite artificial antrópico radica en que todo el desarrollo de las principales actividades del proyecto es justo al sur de la carretera 180 y al oeste de la 307; es decir, las obras y la superficie en donde trabajará toda la maquinaria en la preparación del sitio y construcción del proyecto se realizará al sur y oeste de dichas vías de comunicación.

Finalmente se llegó a la delimitación del Área de influencia del proyecto, la cual tiene una superficie de 409.047 km² y está formada por 239 vértices (*Figura 4*) y Anexo IV.1. Esta incluye el derecho de vía y la porción de las obras que están ubicadas fuera de esta zona, pero que presentan mucha interacción con la misma y en donde se prevé se presenten los impactos significativos por las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto.

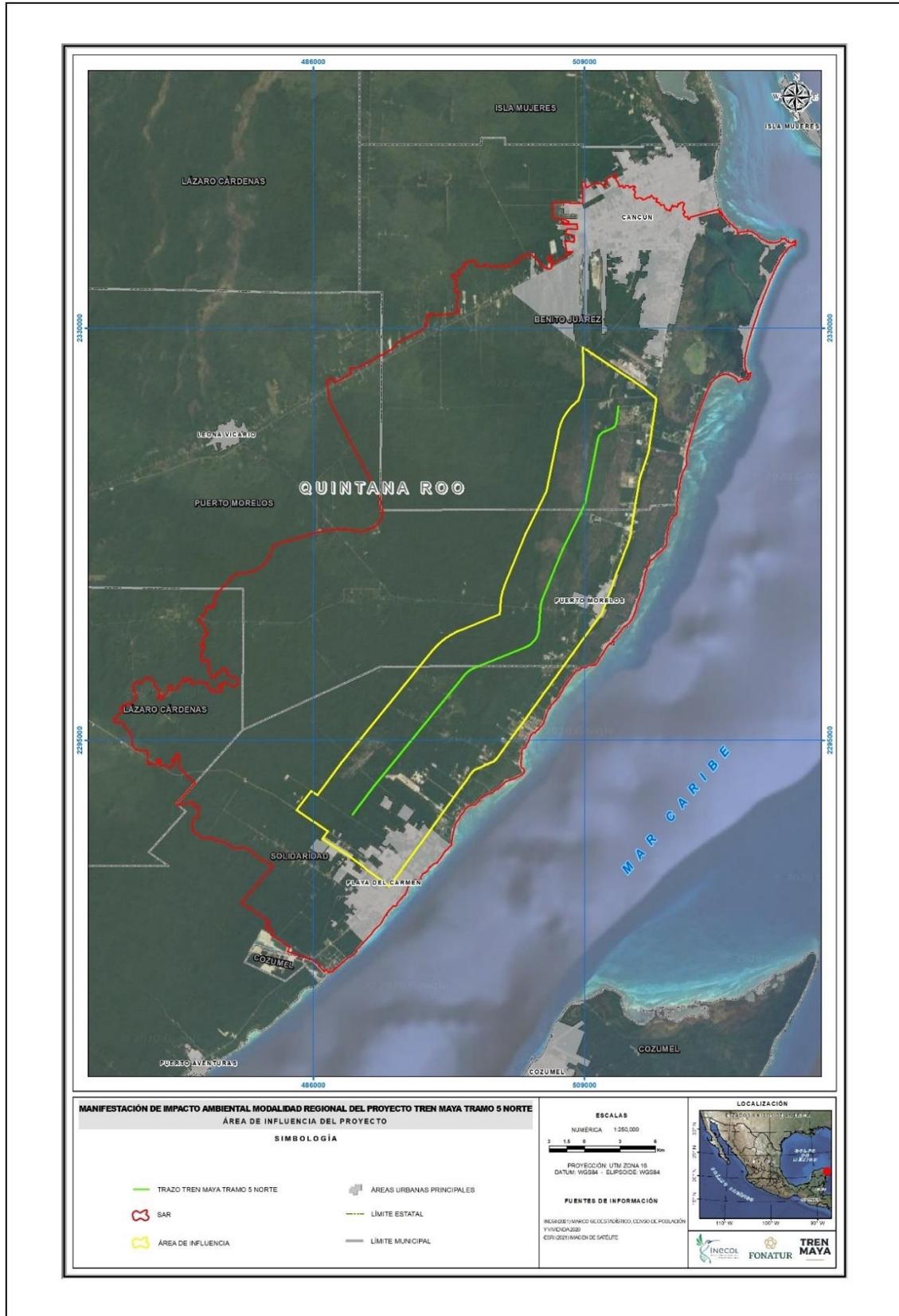


Figura 4. Área de influencia del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR

CLIMA

Cuadro 3. Tipos de clima según la clasificación de Köppen y su superficie en el SAR (Elaboración propia).

SUBTIPO	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (KM ²)	PORCENTAJE	ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS
Aw0(x)	Cálido subhúmedo con lluvias de verano, cociente p/t menor de 43.2 (el más seco de los subhúmedos), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; régimen de lluvias intermedio (porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual).	881.53	52.30	23155 - Cancún 23019 – Puerto Morelos
Aw1(x)	Cálido subhúmedo con lluvias de verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.3 (intermedio entre los subhúmedos), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; régimen de lluvias intermedio (porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual).	665.98	39.52	23166 – Central Vallarta (no cuenta con normales climatológicas en el SMN)
Aw2(x)	Cálido subhúmedo con lluvias de verano, cociente P/T mayor de 55.3 (el más húmedo de los subhúmedos), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; régimen de lluvias intermedio (porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual).	137.87	8.18	23163 – Playa del Carmen
	Total	1685.38	100.00	

PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

Con el objeto de conocer el comportamiento de las variables climáticas que forman parte importante de los procesos naturales en los ecosistemas donde se pretende ejecutar el Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte, se presenta una descripción de las condiciones de precipitación y temperatura del SAR. Los datos utilizados se extrajeron de 3 estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) ubicadas dentro del SAR, los valores obtenidos corresponden al periodo 1951-2010. De la estación 23166 – Central Vallarta, ubicada en el municipio de Benito Juárez, no se presentan Normales Climatológicas en el sitio del SMN de la CONAGUA, por lo que las estadísticas y análisis subsecuentes corresponden solamente a las demás estaciones.

La temperatura media de las localidades mencionadas va de los 25.8°C en Playa del Carmen en la parte sur del SAR, a los 26.2°C en Puerto Morelos y los 27.2°C en Cancún (en la porción media y norte del SAR), con marchas anuales de temperatura similares entre las localidades, aunque con valores medios y máximos de temperatura algo superiores en Cancún respecto al resto del SAR del proyecto, de acuerdo con las

normales climatológicas del SMN en el periodo 1951-2010 ya mencionadas y que se pueden consultar en (<https://smn.conagua.gob.mx>).

FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

Probabilidad de afectación por ciclones tropicales

La probabilidad de afectación por huracanes de categoría 1 es tan baja, que no llega a mostrar un valor en el área correspondiente al SAR, pero para la categoría 2 sube a un valor de 0.07. La categoría 3 alcanza una probabilidad de 0.03, pero los valores que son realmente a considerar son los que corresponden a las categorías 4 y 5. La categoría 4 indica una probabilidad cercana al 0.13 y la categoría 5 indica una probabilidad de 0.06. En estos dos últimos casos, los mapas muestran que SAR se ubica en la región más susceptible en toda la República Mexicana a enfrentar los huracanes de las categorías más altas en la escala de Saffir-Simpson, por lo que cualquier infraestructura urbana y turística debe considerar ese factor en sus condiciones de diseño y construcción.

Ciclones tropicales registrados históricamente en el SAR del Proyecto

El mayor grado de peligro por incidencia de ciclones tropicales se ubicaría en la porción sur del SAR, en los alrededores de Playa del Carmen. En general, el diseño, materiales empleados y procesos constructivos que se implementen en el proyecto, deben contemplar el riesgo por afectación por ciclones tropicales en las frecuencias descritas, y deberán implementarse medidas de mitigación y atención a contingencias en los programas ambientales específicos.

Las especificaciones de diseño, construcción y operación del proyecto contemplan el nivel de riesgo que representa la probabilidad de afectación por ciclones tropicales a nivel regional. Sin embargo, los riesgos por estos fenómenos hidrometeorológicos están contemplados dentro de la vigilancia ambiental, y se consideran en una parte del Programa de prevención, mitigación y manejo de contingencias ambientales y conservación del paisaje kárstico.

Riesgo de afectación por vientos en el Sistema Ambiental Regional del Proyecto TM-T5 Norte

En consideración con la división regional por peligro de vientos de la República Mexicana, se observa que la superficie del SAR se encuentra incluida en su totalidad en la zona B, que es considerada con clase de peligro moderado, y donde las velocidades del viento van del orden de 130 a 160 km/h. A pesar de que todo el trazo del proyecto se ubica en áreas donde la velocidad puede alcanzar los 160 km/h, es un hecho que el peligro para la infraestructura y obras asociadas del proyecto provendrá de la generación de vientos huracanados en la temporada correspondiente y no como resultado de la clasificación general regional del riesgo por vientos.

Las especificaciones de diseño, construcción y operación del proyecto contemplan el nivel de riesgo por vientos descrito, y también están contemplados dentro de la vigilancia ambiental. En ese sentido, se incluyen

en el Programa de prevención, mitigación y manejo de contingencias ambientales y conservación del paisaje kárstico.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La estratigrafía, en el trazo V Norte del Tren Maya (*Figura 5; Error! No se encuentra el origen de la referencia.*), se conforma de margas blancas, grises y gris crema; margas con intercalaciones de arcillas y calizas compactas de color gris-crema (Formación Carrillo Puerto; López Ramos, 1975).

Las rocas presentan una disposición prácticamente horizontal, en la porción meridional, la continuidad de los estratos es interrumpida por fallas normales que dan al terreno una configuración escalonada. Las fallas tienen longitud de varios kilómetros y se manifiestan en escarpes con desnivel de 10 a 100 m, en alguna de ellas han originado fosas gradualmente convertidas en pantanos, lagos y lagunas, siendo la mayor de ellas la Laguna de Bacalar. En el Tramo 5 Norte, predomina roca caliza de la formación Carrillo Puerto (Butterlin, 1958).

El Tramo 5 Norte es uno de los tramos en los que se ha subdividido el Tren Maya y abarca la sección de la infraestructura situada entre Cancún y Playa del Carmen. Discurre íntegramente dentro del estado de Quintana Roo, por los municipios de Solidaridad, Cozumel y Tulum, en parte de la zona conocida como Riviera Maya, una extensión de costa que destaca por sus numerosos centros turísticos, su riqueza natural y su abundancia en yacimientos arqueológicos de la Civilización Maya.

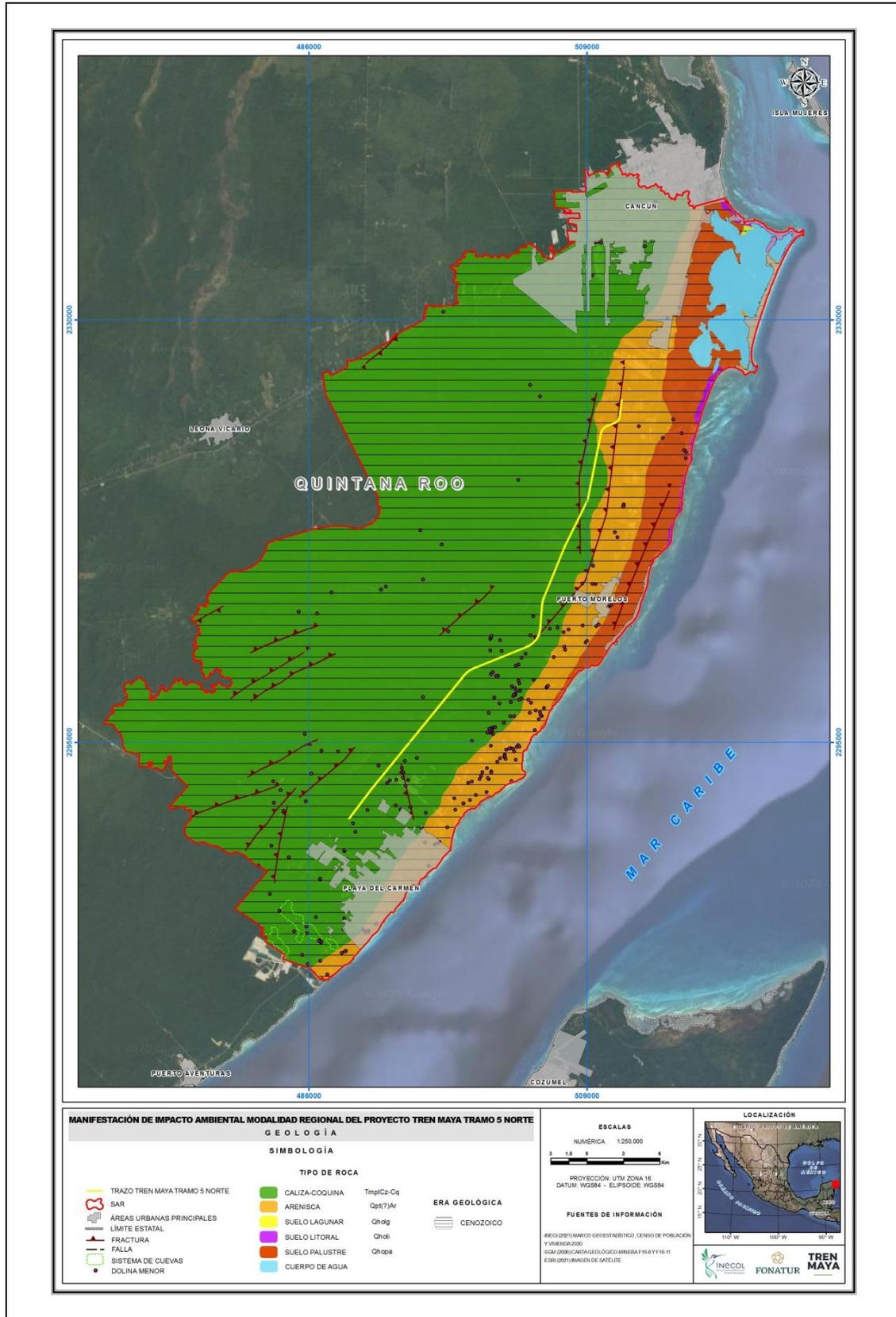


Figura 5. Geología del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

Sistema kárstico y riesgo asociado

A lo largo del trazo del proyecto, se puede encontrar que la porción sur del tramo 5 presenta una geomorfología con mayor densidad de formaciones endokársticas, es decir que tiene una mayor proporción de sistemas de cavernas inundadas que el resto del proyecto, por lo que el riesgo asociado en ese sector es más elevado, como se verá más adelante.

Otra fuente en la que es posible consultar dicha información es a través de los servidores de la página de Karst Geochemistry and Hydrogeology, de la Northwestern University (<https://sites.northwestern.edu/monroyrios/category/cuevas>) y otros trabajos como el Advancements in Our Understanding of the Yucatán Platform: Sedimentary Geology and Geochemistry, Speleogenesis, Chicxulub Ring of Cenotes, and Tectonic Stability (Monroy, 2020), el principal autor de las publicaciones de la Northwestern University para la región de Quintana Roo.

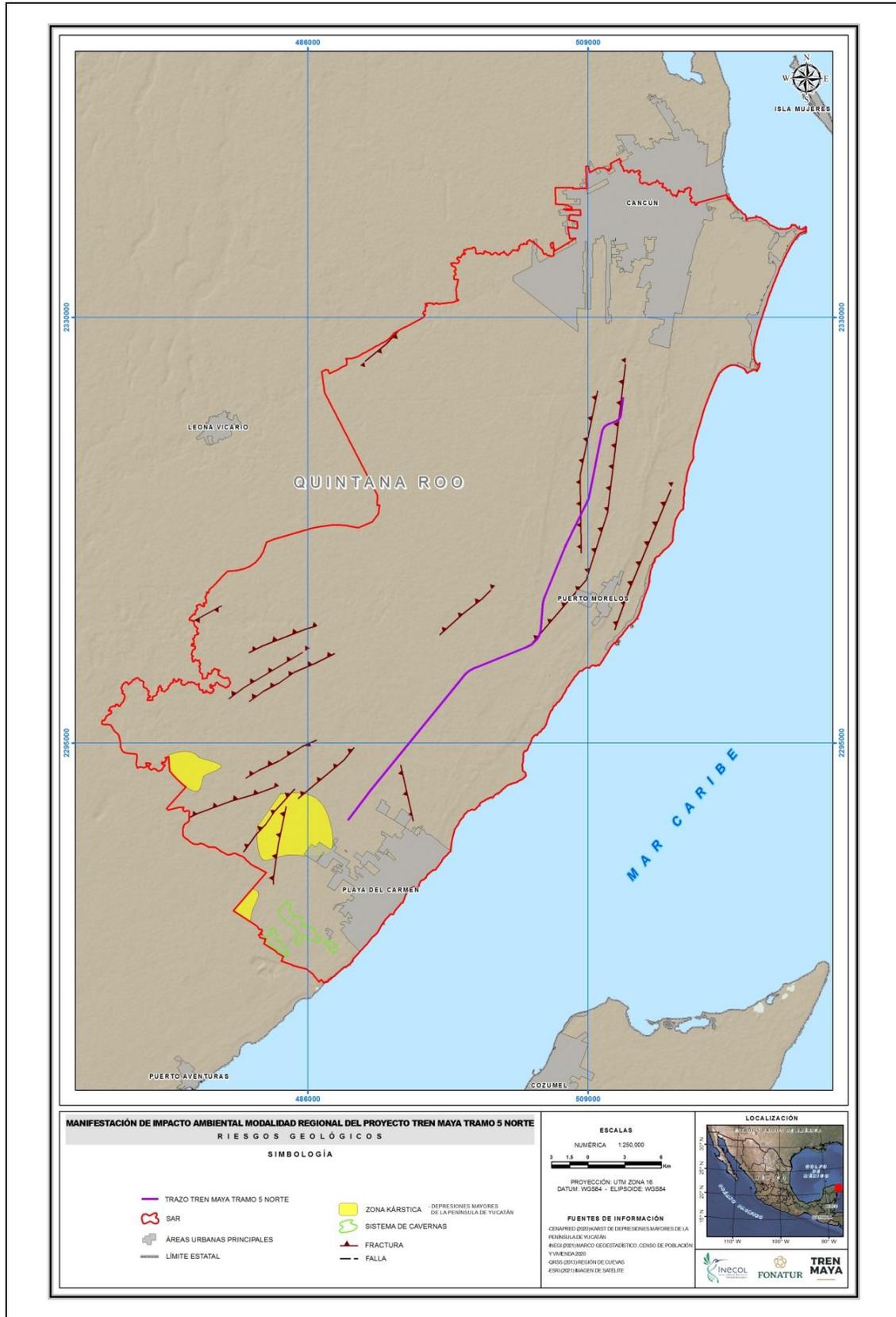


Figura 6. Riesgos geológicos y cavernas con intersección al trazo del proyecto.

SUELOS

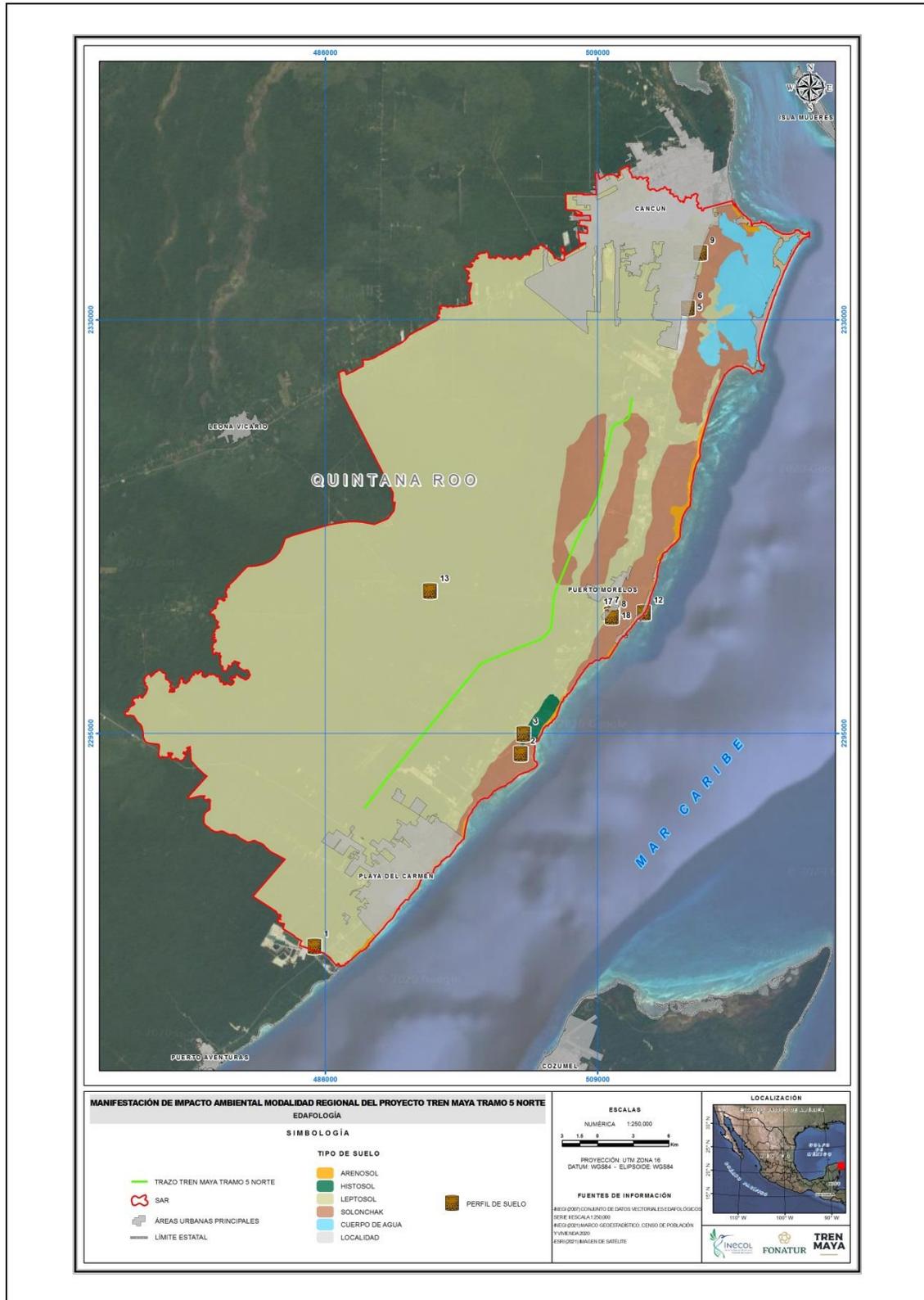


Figura 7. Tipo de suelos presentes en el SAR y ubicación de los perfiles de suelo y vistas edáficas.

Tipos de suelo presenten dentro del SAR

- Leptosoles
- Solonchaks
- Arenosoles
- Histosoles

HIDROLOGÍA

Hidrología superficial

Como se mencionó anteriormente, la geología no permite la presencia de cuerpos de agua superficiales de gran relevancia en la región. La reducida pendiente topográfica y la alta capacidad de infiltración del terreno hacen que la recarga de agua se realice en prácticamente en toda la superficie de la región, por lo que los escurrimientos superficiales son intermitentes y escasos (DOF, 2013), haciendo que la circulación del agua sea prácticamente subterránea (Cervantes, 2007).

La formación de cavidades ya sea expuestas u ocultas (formas exokársticas o endokársticas, respectivamente) se debe a que la roca calcárea es vulnerable a la disolución. Las oquedades se desarrollan por la filtración de agua a través de fisuras o grietas, con el transcurso del tiempo las cavidades aumentan su tamaño, en aquellos casos cuando el techo se adelgaza al punto de desplomarse o quedar parcialmente descubierto, queda a la vista estructuras geológicas denominadas dolinas o cenotes (*Figura 8*). Los cenotes representan una condición característica de la planicie yucateca con densidad es variable (Carballo, 2016).

Los cenotes son utilizados como fuentes de abastecimiento y sitios turísticos (CONAGUA, 2012). En la actualidad el uso de agua subterránea salobre en la región costera es en aumento, representa un recurso alternativo para satisfacer necesidades de índole público-urbano, su explotación se da principalmente por prestadores de servicios turísticos, empresarios del sector azucarero, salinero y embotelladoras, debido a que su aprovechamiento queda exento de pago cuando los sólidos disueltos totales por litro son mayores a 2,500 mg (CONAGUA, 2012).

Cuadro 4. Regiones hidrológicas presentes en el SAR y el AI (Elaboración propia).

CLAVE RH	REGIÓN HIDROLÓGICA	SAR		AI	
		ÁREA KM ²	PORCENTAJE	ÁREA KM ²	PORCENTAJE
RH32	Yucatán Norte (Yucatán)	1685.38	100.0	409.05	100.00
Total		1685.38	100.0	409.05	100.00

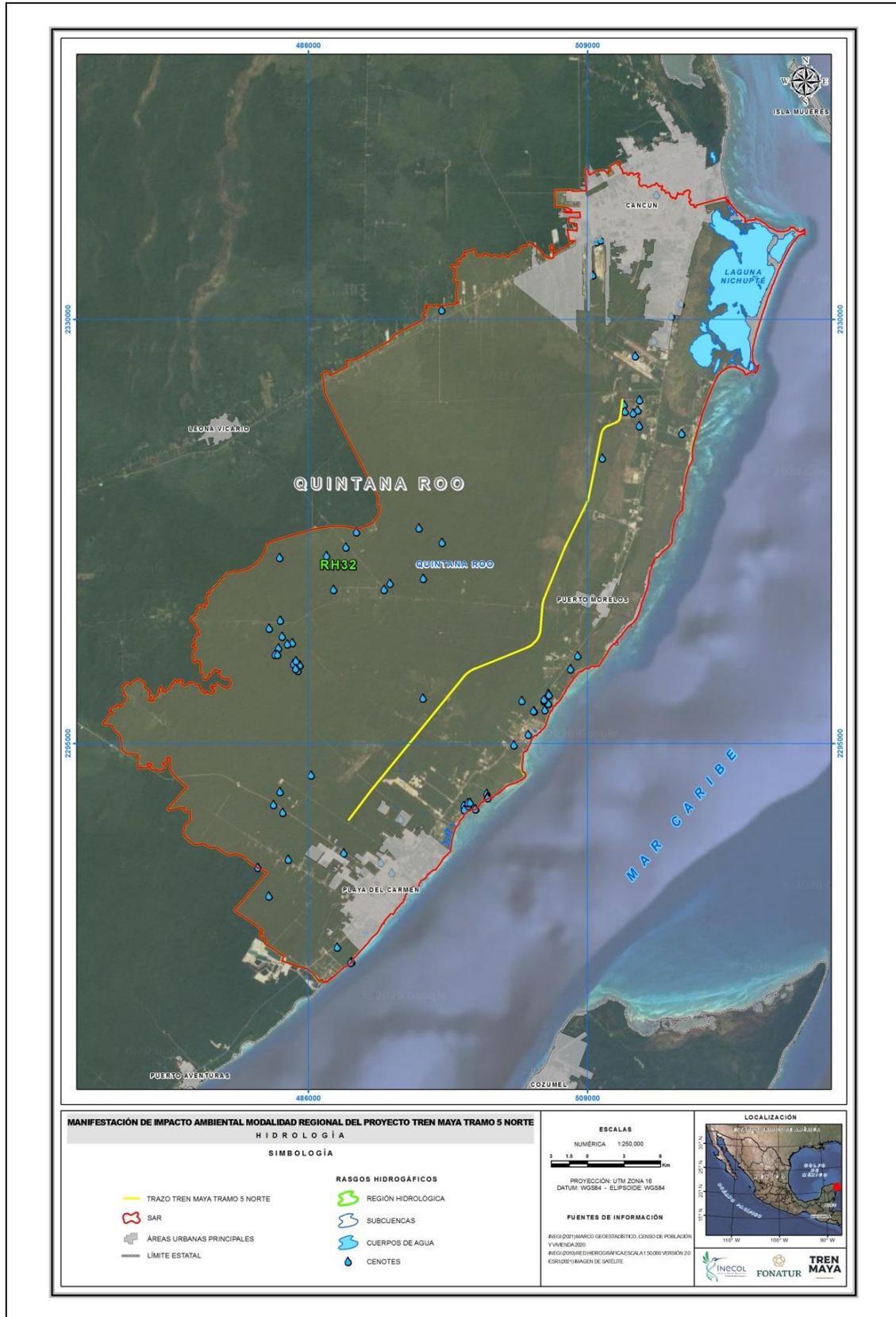


Figura 8. Hidrología superficial del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

Hidrología subterránea

El tramo 5 del tren Maya, se localiza en el acuífero Miocénico, próximo a la costa, donde las componentes principales del flujo subterráneo descargan en el mar caribe o sobre la cara de la playa (Figura 9).

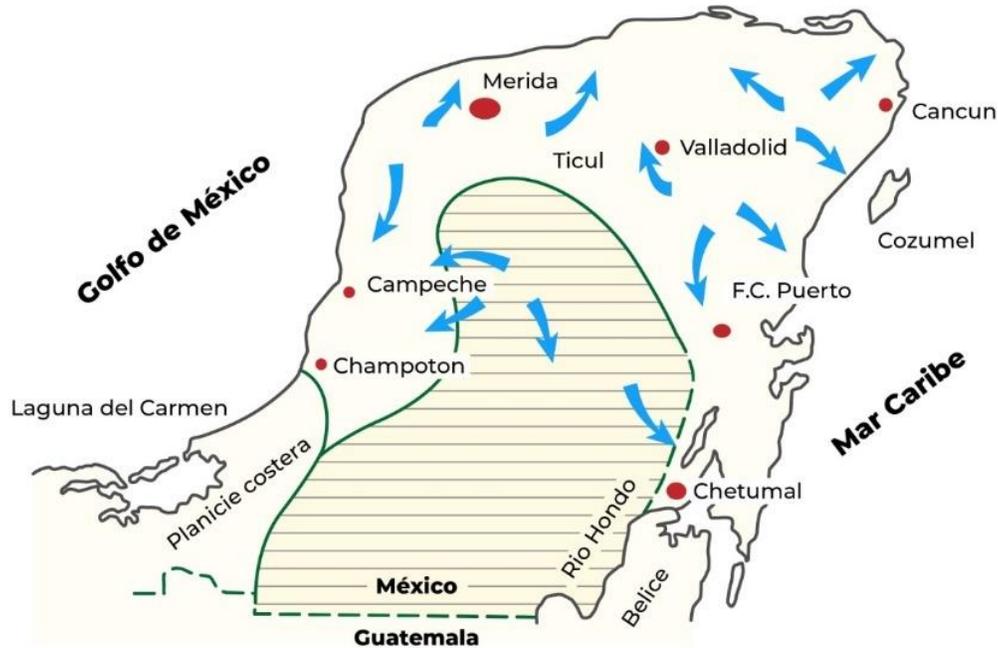


Figura 9. Acuíferos en la Península de Yucatán.

MEDIO BIÓTICO

Vegetación

Se describen nueve usos de suelo y vegetación actual del SAR del “Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte” (Figura 10). Estos son: agropecuario (0.24%), sin vegetación aparente (0.43%), tular (0.80%), cuerpo de agua (0.2.88%), manglar (5.32%), asentamientos humanos (14.08%), vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia (40.21%), selva mediana subperennifolia (35.44%) y selva baja subcaducifolia (0.61, Cuadro 5). Por su parte en Área de Influencia hay ocho tipos de vegetación y usos de suelo: asentamientos humanos (10.65%), sin vegetación aparente (1.16%), vs selva mediana subperennifolia (69.11%), agropecuario (0.16%), selva mediana subperennifolia (15.98%), cuerpo de agua (0.32%), selva baja subperennifolia (2.52%) y Tular (0.09%, Cuadro 6). En el AP los asentamientos humanos representan el 1.3%, los cuerpos de agua el 1.14%, las áreas sin vegetación aparente el 0.79% y la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia el 96.77% (Cuadro 7).

Cuadro 5. Usos de suelo y vegetación del SAR.

USO DE SUELO	HECTÁREAS	KM ²	PORCENTAJE
Agropecuario	399.576	3.996	0.24
Asentamientos humanos	23731.316	237.313	14.08
Cuerpo de agua	4855.952	48.560	2.88
Manglar	8960.366	89.604	5.32
Selva baja subcaducifolia	1029.547	10.295	0.61
Selva mediana subperennifolia	59726.024	597.260	35.44
Sin vegetación aparente	716.569	7.166	0.43
Tular	1351.866	13.519	0.80
VS selva mediana subperennifolia	67766.741	677.667	40.21
Total	168537.958	1685.380	100.00

Cuadro 6. Usos de suelo y vegetación del AI.

USO DE SUELO	HECTÁREAS	KM ²	PORCENTAJE
Agropecuario	67.360	0.674	0.16
Asentamientos humanos	4356.604	43.566	10.65
Cuerpo de agua	132.798	1.328	0.32
Selva baja subcaducifolia	1029.547	10.295	2.52
Selva mediana subperennifolia	6537.706	65.377	15.98
Sin vegetación aparente	475.183	4.752	1.16
Tular	35.967	0.360	0.09
VS selva mediana subperennifolia	28269.530	282.695	69.11
Total	40904.695	409.047	100

Cuadro 7. Usos de suelo y vegetación del AP

USO DE SUELO	HECTÁREAS	KM ²	PORCENTAJE
Asentamientos humanos	3.789	0.038	1.30
Cuerpo de agua	3.344	0.033	1.14
Sin vegetación aparente	2.315	0.023	0.79
Vs selva mediana subperennifolia	282.872	2.829	96.77
Total	292.320	2.923	100.00

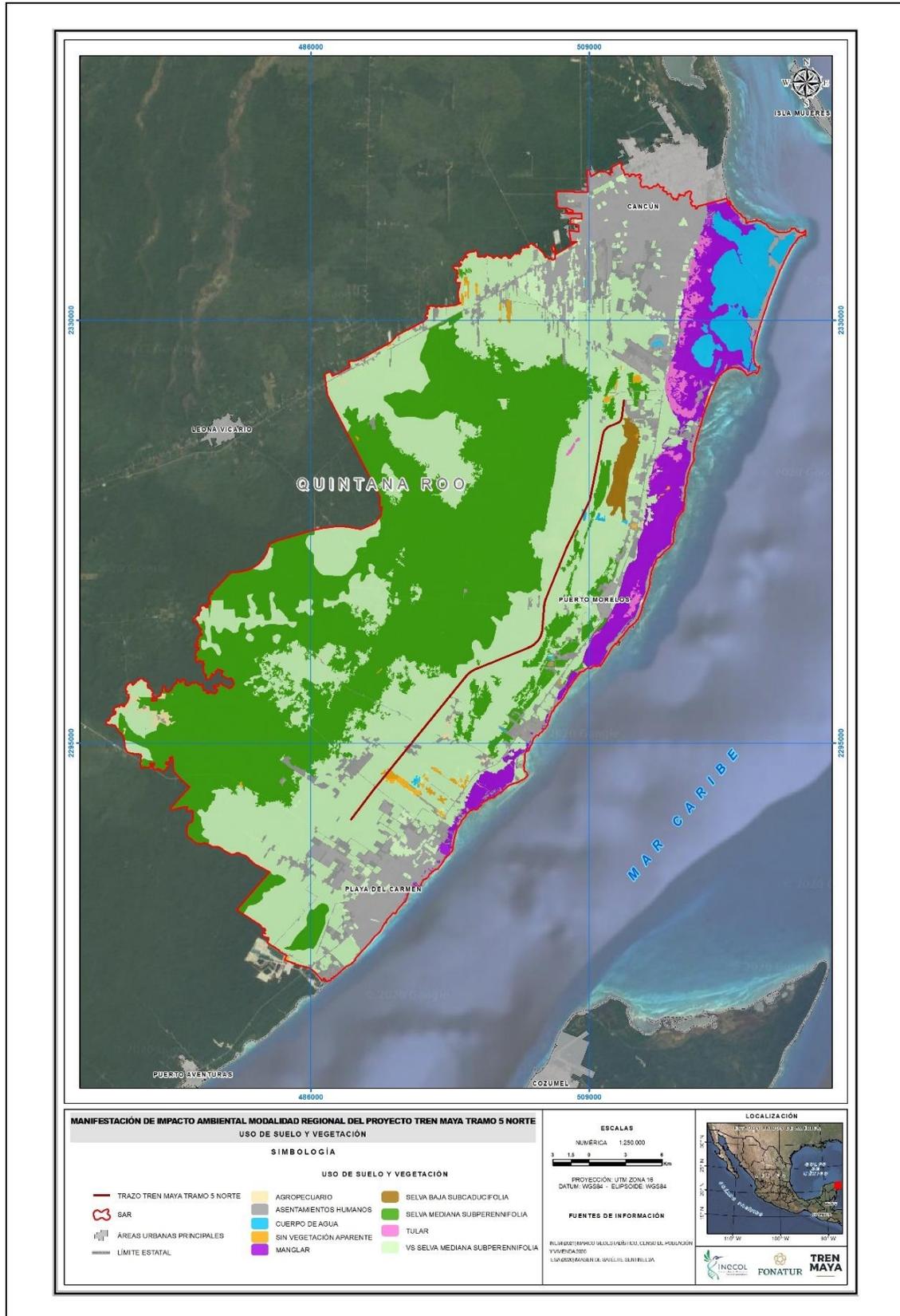


Figura 10. Uso de suelo y vegetación dentro del SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

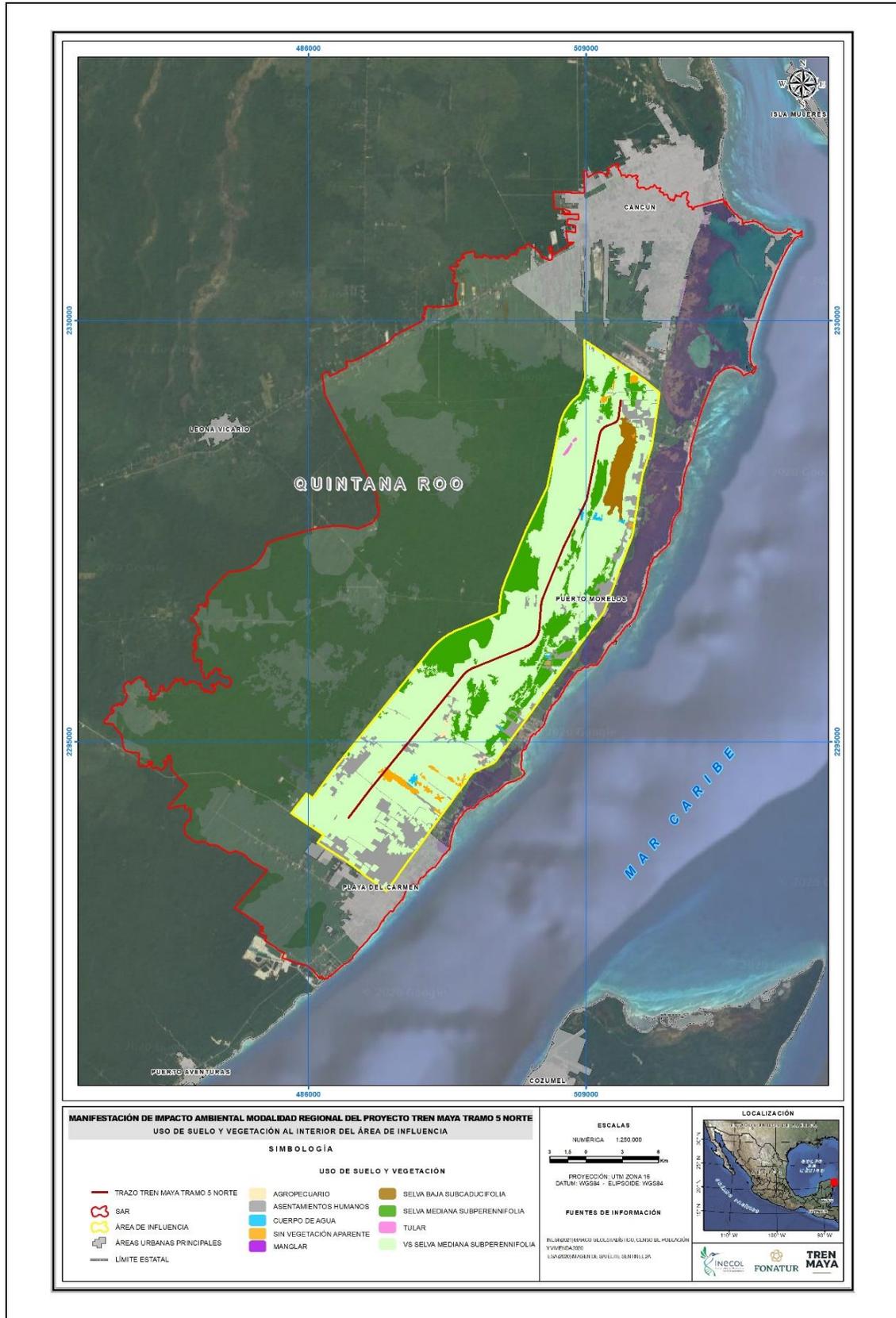


Figura 11. Uso de suelo y vegetación del AI.

Fauna

Herpetofauna

Con base en la bibliografía consultada, el listado taxonómico potencial de la herpetofauna en la Península de Yucatán es de 113 especies (90 reptiles y 23 anfibios). Estas especies pueden, potencialmente, distribuirse por el SAR del TM-T5 Norte (Cuadro 62). La clase Amphibia estuvo representada por dos órdenes, Anura (ranas y sapos) con 21 especies, de las cuales seis se encuentran listadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, y dos especies del orden Caudata (Salamandras), ambas dentro de la NOM-059 (una de ellas es endémica a la Península de Yucatán). Por su parte la clase Reptilia (reptiles) estuvo compuesta por tres órdenes; Squamata, Testudines y Crocodylia. El orden Squamata (lagartos y serpientes) tuvo mayor número de especies con 80, de las cuales 22 se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059. Le continúan los Testudines (tortugas) con ocho especies, de las cuales seis se enlistan en la NOM-059 y Crocodylia (Cocodrilos) con dos especies, ambas en la Norma Oficial Mexicana

Después de efectuar los 34 transectos en el Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte, se registraron 32 especies de anfibios y reptiles con una abundancia global de 143 individuos. Del total de especies encontradas, cuatro correspondieron a tortugas terrestres, siete a anfibios, 21 a reptiles. Las 32 especies de herpetofauna equivalen al 28.31% del total de las especies con distribución potencial en la Península de Yucatán (113 especies). Ocho especies fueron registradas en el AI, tres en el AP y 27 especies en el SAR.

- ***Estatus de conservación de la herpetofauna en el TM-T5 Norte***

De las especies registradas en el TM-T5 Norte, 11 especies de anfibios y reptiles (34.37%) se encuentran en alguna categoría de riesgo para su conservación, de manera nacional y/o internacional. De acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010), siete especies se ubican dentro de la categoría “Sujeta a protección especial” (Pr) y cuatro en “Amenazada” (A). No se registraron especies “en Peligro de extinción” (P). Además, las dos especies de iguanas reportadas se enlistan en el Apéndice II del CITES. La IUCN reconoce a tres especies (tortugas terrestres) como “casi amenazada” (NT)”. Siete especies (y 49 individuos) se distribuyeron por el SAR, tres especies (y tres individuos) por el AI y dos especies por el AP (dos individuos).

Avifauna

Con base en la revisión bibliográfica, el listado taxonómico potencial de la avifauna en la Península de Yucatán ascendería a 451 especies de aves (Anexo IV.5). Dicho número de especies también pueden distribuirse potencialmente por el SAR del TM-T5. El orden mejor representado serían los Passeriformes (aves de percha) con 214 especies (47.4%), seguido por Charadriiformes (playeritos) con 48 especies (10.6%) y Accipitriformes (aves de presa) con 26 especies (5.7%). Mientras que, las familias Tyrannidae (mosqueros), Parulidae (chipes), y Accipitridae (aguilillas) presentarían mayor número de especies con 39, 36 y 25, respectivamente. En cuanto

a la estacionalidad de las especies potenciales, las residentes y migratorias de invierno estarían bien representadas (399 especies).

Con la finalidad de describir la avifauna en el TM-T5 Norte (SAR, AI, y AP), se establecieron 45 transectos para la observación de aves en el 2021 y 2022. Con este esfuerzo de muestreo, se registraron 18 órdenes, 41 familias, 154 especies de aves y 3,159 individuos. Del total de especies reportadas en el TM-T5 Norte, 103 observadas corresponden al SAR, 139 especies al AI y 56 especies al AP.

Cabe mencionar que, las 154 especies de aves observadas en el TM-T5 Norte representan el 33.15% de las especies que potencialmente pueden distribuirse por la región y/o en el Estado de Quintana Roo (462 especies; Correa-Sandoval y MacKinnon, 2011; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014; CONABIO, 2015) y el 13.78% de las especies reportadas para México (1,117 especies; Berlanga *et al.*, 2017).

- ***Estatus de conservación de la avifauna***

De las 154 especies registradas en el TM-T5 Norte, 31 de ellas (20.12%) se encuentran enlistadas en alguna categoría de riesgo para su conservación, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059) e instancias internacionales (IUCN, CITES). Con base en la NOM-059 (SEMARNAT, 2019), 18 especies se encuentran anexadas, 13 en la categoría “Sujeta a protección especial” (Pr), cinco en “Amenazada” (A) y no se reportan especies dentro de la categoría “en Peligro de extinción” (P). En el SAR se registraron 19 especies (120 individuos), en el AI 26 especies (346 individuos) y en el AP nueve especies (36 individuos).

Mastofauna

Se elaboraron dos listados uno de la mastofauna terrestre y otro de la voladora (murciélagos) con distribución potencial en el SAR del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte, con base en literatura especializada (Pozo de la Tijera y Escobedo 1999; MacSwiney, 2000; Faller-Menéndez *et al.*, 2005; CONANP, 2007; Salas *et al.*, 2012; Sélem *et al.*, 2012; Sosa-Escalante *et al.*, 2013; González-Escamilla *et al.*, 2017, CONABIO, 2020), que sirvió como antecedente a los registros de las especies presentes en el área. El estatus de protección de las especies fue revisado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2017) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2019). De acuerdo con la literatura consultada, en el área se distribuyen potencialmente 49 especies de mastofauna no voladora pertenecientes a 22 familias. Mientras que, en la mastofauna voladora se distribuyen 61 especies de murciélagos y 7 familias. En conjunto las 109 especies que conforman los listados representan el 22.17% de las especies de mamíferos terrestres reportadas para México (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014). El listado taxonómico se realizó con la nomenclatura y jerarquización de Mammal Diversity Database de la Asociación americana de Mastozoología (ASM-MDD, 2020).

A partir de las técnicas de muestreo empleados en los muestreos realizados (transectos de observación, fototrampeo, trampas Sherman y trampas Tomahawk) se obtuvo una riqueza acumulada de 20 especies de mamíferos terrestres, los cuales corresponden a 16 géneros, 10 familias y seis órdenes. En el área de influencia del proyecto (AI) se registraron 13 especies de las cuales 12 formaron parte del área del proyecto (AP), mientras que en el sistema ambiental regional (SAR) se registraron 16, con respecto a las abundancias el área de influencia presentó 60 registros, de estos 46 registros formaron parte también del área del proyecto (AP), mientras que en el SAR se obtuvieron 106. Las 20 especies observadas representarían aproximadamente el 41% de las especies de mamíferos terrestres con distribución potencial en la zona (49 spp.). El orden Rodentia (roedores) presentó una mayor riqueza de especies con nueve de tres familias, seguido del orden Carnívora (Carnívoros) con cinco especies de tres familias, los órdenes Artiodactyla (venados) y Didelphimorphia (tlacuaches) registraron dos especies, mientras que los órdenes Pilosa (osos hormigueros) y Primates (monos) solo presentaron una.

La familia mejor representada fue Cricetidae con cinco especies, seguida de la familia Sciuridae con tres, ambas familias pertenecientes al orden Rodentia, las familias Canidae, Cervidae, Didelphidae y Procyonidae presentaron registros de dos especies cada una, mientras que las familias Atelidae, Dasyproctidae, Mustelidae y Myrmecophagidae solo presentaron una especie. La especie más abundante fue el Coatí de nariz blanca (*Nasua narica*) con 37 registros, seguido del Ratón de patas blancas (*Peromyscus yucatanicus*) con 36 registros, tras este se encuentra la Rata trepadora de orejas grandes (*Ototylomys phyllotis*) con 17 registros así como el Ratón yucateco (*Peromyscus leucopus*) con 15 registros, el Zorro gris (*Urocyon cinereargenteus*) presentó 12 registros, el Mono araña (*Ateles geoffroyi*) obtuvo ocho registros, el Agutí centroamericano (*Dasyprocta punctata*) obtuvo siete y la Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) con seis, el resto de las especies presentó menos de cinco registros durante los muestreos del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.

De las especies registradas en ambos años de muestreo en el TM-T5 norte, tres especies (15%) se encuentran en alguna categoría de riesgo para su conservación. En el plano nacional y con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT-2019), se registraron tres especies (*Ateles geoffroyi*, *Eira barbara* y *Tamandua mexicana*) en la categoría de especie en Peligro de extinción (P).

En el plano internacional, la IUCN enlista en la categoría de especie “En Peligro” (EN) al Mono araña (*Ateles geoffroyi*). Mientras que ninguna se encuentra en algunos de los apéndices del CITES. Las tres especies se registraron en el área del sistema ambiental regional (SAR) y solo el Viejo de monte (*E. barbara*) en el área de influencia del proyecto (AI) y en el área del proyecto (AP).

IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

IV.4.1 SÍNTESIS OBJETIVA Y CONGRUENTE DEL ESTADO ACTUAL DEL SAR

A lo largo del análisis realizado del medio biótico y abiótico del TM-T5 Norte se puede determinar que, para el caso del componente abiótico del SAR, la mayoría de los elementos a los que se enfrentará el proyecto son situaciones naturales, tales como aspectos fisiográficos, tipos de suelos presentes a lo largo del trazo, aspectos hidrológicos, clima, etc. Lo más destacable recae en los aspectos fisiográficos y tipos de suelo, esto debido a las características de este suelo y su naturaleza kárstica, lo cual representa el mayor reto del TM-T5 Norte.

En cuanto al componente biótico se analizaron los componentes de flora y fauna presentes a lo largo del SAR definido para el TM-T5 Norte, obtenidos los resultados que se presentaron en el apartado IV.2.1 y IV.2.2 de la presente MIA-R. El componente de flora obtuvo como resultado la identificación de las unidades ambientales objeto de análisis, las cuales corresponden a:

- Selva mediana subperennifolia
- Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia
- Selva baja caducifolia
- Manglar
- Tular

Estos componentes se analizaron a través del método de criticalidad para analizar el estado de conservación de cada unidad y para obtener un indicador. Lo anterior debido a que este método requiere datos sobre la fauna presente sobre las unidades ambientales definidas para el proyecto, solo se consideró en este análisis a la unidad de Selva Mediana Subperennifolia y a la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia, ya que de ambas unidades se obtuvieron resultados de los muestreos realizados durante los trabajos en campo. Para el análisis realizado a la unidad manglar y tular se analizaron los datos de las tasas de transformación que previamente fueron calculados en el apartado IV. 9 donde se presenta los resultados del análisis retrospectivo de la calidad ambiental.

Los resultados del método de criticalidad para las unidades ambientales objeto de análisis obtuvieron, en una escala del 1 al 4 (donde 1 indica una unidad perturbada y 4 una unidad más conservada), una evaluación de 4 y de 2.09 que corresponden a resultados para la Selva Mediana Subperennifolia y la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia. Estos resultados, que corresponden a indicadores ambientales del estado

de conservación de las unidades ambientales, dan un panorama general del estado actual del SAR. para la Selva Mediana Subperennifolia se puede decir, debido a su evaluación (2.80), que está totalmente conservada, mientras que para la Vegetación secundaria de Selva Mediana Subperennifolia conservada debido a que cuenta con un indicador de 3.73 y por sus características, juega un papel fundamental en los ecosistemas del SAR, a pesar de ser vegetación secundaria. Las unidades ambientales de Manglar y Tular se analizaron con el análisis retrospectivo de la calidad ambiental, obteniendo resultados que representan una pérdida considerable en cuanto a la superficie de manglar con un 38.87 % en un periodo que va del 2009 al 2018, esto se debe principalmente a las actividades antropogénicas presentes en el área de estudio, específicamente por la expansión de la frontera turístico-urbana y comercial identificado por Pérez y Carrascal (2000) y un aumento del 11.37 % en la unidad ambiental de Tular 11.37% en un periodo que va del 2013 al 2018.

Para reforzar más el tema de la conservación actual y de la salud de las unidades ambientales se presentan a continuación los resultados obtenidos durante los trabajos realizados en campo, donde se identificaron a los anfibios y reptiles como indicadores de la salud de los ecosistemas, debido a que juegan un papel fundamental en el funcionamiento de estos y son relevantes en las redes tróficas. Además, prestan valiosos servicios ambientales (Díaz-Gamboa, 2020):

Después de efectuar los 34 transectos en el Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte, se registraron 32 especies de anfibios y reptiles con una abundancia global de 143 individuos. Del total de especies encontradas, cuatro correspondieron a tortugas terrestres, siete a anfibios, 21 a reptiles. Las 32 especies de herpetofauna equivalen al 28.31% del total de las especies con distribución potencial en la Península de Yucatán (113 especies). Ocho especies fueron registradas en el AI, tres en el AP y 27 especies en el SAR.

En el AI y en el SAR se registraron tres órdenes de herpetofauna y en el AP únicamente se observó un orden (Squamata). En este sentido, el orden mejor representado en las tres condiciones (AI, AP y SAR) fue el Squamata (cinco, tres y 17 especies, respectivamente). De las 16 familias registradas en el Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte, 14 pertenecieron al SAR, ocho al AI y tres en el AP. La familia Colubridae y Dactyloidae se encontraron bien representadas en el SAR con cinco y cuatro especies, respectivamente. El resto de las familias estuvieron compuestas por menos de dos especies cada una.

Como resultado de los muestreos realizados para los anfibios y reptiles, se concluye que, comparten un alto grado de sensibilidad a perturbaciones en el ambiente (Welsh *et al.*, 2005) y son considerados como buenos indicadores de estrés y cambios en el ambiente (Tuberville *et al.*, 2005; Welsh *et al.*, 2005). Estos resultados coinciden con los presentados dentro del análisis de criticalidad (donde se utilizan datos de diversidad faunística), debido a que se presenta a la Selva Mediana Subperennifolia como la unidad mejor conservada del área de estudio y con presencia de anfibios y reptiles, lo mismo para la unidad ambiental de Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia, que a pesar de contar un índice de conservación menor, también contiene dentro de ella la presencia de anfibios y reptiles, lo cual permite visualizar que las dos principales

unidades en las que se sitúa el proyecto gozan de un nivel alto de conservación. Por lo tanto, se espera que el cambio de uso de suelo, la pérdida de hábitats originales y la presencia del ser humano impacten negativamente las poblaciones de aquellas especies con mayor grado de susceptibilidad ambiental. De continuar con la presión en estas especies se esperaría que desaparezcan de la zona, desapareciendo su acervo genético junto a ellos (Calmé, 2006), por lo que al momento de determinar las medidas de mitigación debe realizarse considerando estos rubros.

CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SAR EN FUNCIÓN DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE DESARROLLO AMBIENTAL DE LA REGIÓN

Como se ha presentado anteriormente, la unidad ambiental con mayor superficie en las que se sitúa el trazo del proyecto corresponde a la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia. La unidad de Selva Mediana Subperennifolia, Selva baja Caducifolia, Manglar y Tular, a pesar de que se encuentran también en el SAR no llegan a incidir con el trazo del proyecto y en el caso del manglar y tular no cuentan con una superficie de uso de suelo tan grande como las demás unidades que componen al SAR. Debido a esta diferencia entre las superficies de las unidades ambientales se presentará este análisis en función de la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia, que ocupan un 40.21% de la superficie total del SAR.

De acuerdo con López-Jiménez *et al.* (2019) la selva mediana subperennifolia es la comunidad más extendida y una de las más transformadas en la Península de Yucatán, sin embargo, existen pocos estudios sobre su proceso de recuperación, este dato coincide con lo analizado en el TM-T5 Norte, donde este tipo de selva ocupa una superficie total de 35.44% del SAR que equivale a 597.26 km², mientras que la Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia ocupa un 40.21% del SAR con una superficie de 677.66 km².

En el *Cuadro 8*, se presentan las causas de estrés o de presión ambiental identificado a lo largo del diagnóstico, así como la capacidad de respuesta de los factores bióticos y la tendencia ambiental observada en la zona.

Cuadro 8. Estrés/Presión ambiental y la capacidad de respuesta del medio biótico y tendencia ambiental.

SITUACIÓN IDENTIFICADA ESTRÉS/PRESIÓN AMBIENTAL	CAPACIDAD DE RESPUESTA	TENDENCIA AMBIENTAL
Pérdida de uso de suelo de selva bien conservada	Si bien se tiene registro de que en los últimos años se ha tenido la pérdida de superficie de selva bien conservada y el aumento de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, la vegetación secundaria funciona como fuente de propágulos para la conservación y restauración de la selva mediana subperennifolia, por lo que conservar la vegetación secundaria para este tipo de	De acuerdo con los datos obtenidos por el análisis retrospectivo de la calidad ambiental esta unidad continuará perdiendo superficie como resultado de diversos factores entre el que destacan los factores antropogénicos. Del periodo de 2009 al 2018 se obtuvo una pérdida de superficie de 80.75 km ² que corresponde al 11.42% en el periodo analizado.

SITUACIÓN IDENTIFICADA ESTRÉS/PRESIÓN AMBIENTAL	CAPACIDAD DE RESPUESTA	TENDENCIA AMBIENTAL
Aumento de la superficie de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia	selva juega un papel crucial al momento de la capacidad de su regeneración. Además, en los resultados obtenidos por Lopez-Jiménez <i>et al.</i> , 2019, se puede apreciar que este tipo de vegetación se recupera de forma rápida considerando a los atributos de diversidad (alta resiliencia).	De acuerdo con los datos obtenidos por el análisis retrospectivo de la calidad ambiental esta unidad se divide en el estrato arbóreo y herbáceo. El análisis sugiere la disminución de la superficie para la vegetación secundaria arbórea con una pérdida de 29.90 km ² que corresponde al 7.64%, lo cual está relacionado principalmente con actividades antropogénicas. Para el estrato herbáceo se tiene un incremento de la superficie de este tipo de uso de suelo, con un incremento de 59.70 km ² que corresponde a un 21.23%, lo que se relaciona con la pérdida de selva bien conservada. Este análisis corresponde al periodo de 2009 al 2018 para el SAR.
Pérdida de hábitats originales	Como se mencionó anteriormente dentro del SAR se identificaron especies que denotan el estado de conservación y estado de salud de las unidades ambientales analizadas, no obstante, continuar con la presión en estas especies se esperaría que desaparezcan de la zona, desapareciendo su acervo genético junto a ellos (Calmé, 2006) (poca resiliencia).	Como se mencionó en la situación de estrés y presión ambiental “pérdida de uso de suelo de Selva bien conservada) identificada para el SAR, la mayor presión que se tiene sobre las unidades ambientales objeto de análisis es debido a actividades antropogénicas, no es la excepción para la pérdida de hábitats originales.
Presencia del ser humano que impacta negativamente las poblaciones de aquellas especies con mayor grado de susceptibilidad ambiental	La importancia forestal de la selva mediana subperennifolia es considerable, ya que Zamora <i>et al.</i> (2016) registraron que este tipo de vegetación en la península de Yucatán ha sido perturbado con fines de aprovechamiento forestal. En específico menciona que la selva mediana subperennifolia ha sido afectada por la actividad humana principalmente en la extracción de algunas especies para uso personal, dejando claros y en ellos haciéndose presentes especies como <i>Bravaisia berlandieriana</i> y <i>Acacia cornígera</i> . Debido a esto se considera al igual que el punto 1 y 2 la importancia de la vegetación secundaria ya que funciona como fuente de propágulos para la conservación y restauración de la selva mediana subperennifolia, por lo que conservar la vegetación secundaria para este tipo de selva juega un papel crucial al momento de la capacidad de su regeneración. Además, en los resultados obtenidos por Lopez <i>et al.</i> , 2019, se puede apreciar que este tipo de vegetación se recupera de forma rápida considerando a los atributos de diversidad (alta resiliencia).	La vegetación secundaria funciona como fuente de propágulos para la conservación y restauración de la selva mediana subperennifolia, por lo que conservar la vegetación secundaria para este tipo de selva juega un papel crucial al momento de la capacidad de su regeneración. Además, en los resultados obtenidos por Lopez <i>et al.</i> , 2019, se puede apreciar que este tipo de vegetación se recupera de forma rápida considerando a los atributos de diversidad (alta resiliencia).
Aprovechamiento de recursos forestales por la población		

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Uno de los aspectos con mayor importancia en un Estudio de Impacto Ambiental, es el análisis de los impactos que determinadas actividades pueden tener sobre los componentes del ambiente.

Este capítulo tiene el objetivo de identificar, describir y evaluar los impactos que resulten de la inserción del Proyecto TM-T5 Norte en el SAR y área de influencia. La información que sustenta este apartado se obtuvo de la descripción de los aspectos técnicos descritos en el capítulo II, el análisis del marco jurídico y normativa ambiental detallado en el capítulo III, así como de los resultados de la caracterización y del diagnóstico ambiental presentados en el capítulo IV.

Previo al desarrollo de este capítulo es importante mencionar que el Diagnóstico Ambiental, elaborado en el capítulo IV, es un referente sobre el conocimiento del estado en el cual se encuentra el sistema ambiental regional delimitado, también llamado “línea base”, la cual servirá para identificar posibles fuentes de impacto que han modificado a la región a lo largo del tiempo y se prevé tengan interacción con las acciones del proyecto generando efectos sobre los componentes ambientales de la región; dicha información se ocupa de tal manera que se pueda determinar la magnitud del efecto por medio de las modificaciones que el proyecto cause al ambiente.

La metodología que se siguió considerara:

- Identificación de las acciones del Proyecto
- Factores generadores de Impacto
- Componentes ambientales e indicadores de impacto
- Identificación las interacciones proyecto-medio
- Valoración de criterios de los impactos potenciales
- Valoración y Evaluación cualitativa de los impactos potenciales
- Ponderación absoluta y relativa de impactos potenciales
- Descripción cualitativa de impactos relevantes

Con el fin de exponer de manera clara y puntual los impactos resultando de las interacciones identificadas entre las actividades del proyecto y los factores ambientales del Sistema Ambiental Regional del proyecto, se elaboraron “Fichas de interacción” las cuales contienen la siguiente información:

1. Etapa del proyecto
2. Obras y/o actividades
3. Factor ambiental que guarda relación con la actividad.
4. Sub-factor ambiental impactado
5. Impacto y su valor de importancia.

Cuadro 9. Fichas de interacciones durante la etapa de preparación del sitio.

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	1. DESMONTE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	B1, C1	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Durante la operación de la maquinaria y de las actividades de preparación del sitio pueden ocurrir derrames de combustibles, así como incorrecta disposición de desechos sólidos urbanos, así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores.	G1, H1, I1, K1, L1, M1	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag3	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo
			Ag5	Modificación del balance hídrico por remoción de cobertura vegetal
			Ag6	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea).

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	1. DESMONTE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones a sus características físicas, por el paso constante de maquinaria. Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	N1, O1	Su1	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo
			Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Flora	Afectación a la vegetación de manera puntal, por la eliminación de cobertura vegetal. Durante las actividades de desmonte es posible la afectación a especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010	P1, Q1	F1	Pérdida de la cobertura vegetal en 282.872 ha por cambio de uso del suelo
			F2	Afectación de individuos de especies de flora en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R1, S1, T1, U1	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.
			Fa4	Fragmentación del hábitat por cambio de uso del suelo.
			Fa5	Afectación de individuos de fauna silvestre por operación del tren

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	1. DESMONTE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V1, W1	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
Cultura	Se podrá afectar sitios o monumentos arqueológicos.	Z1	Cl1	Alteración a sitios naturales o monumentos arqueológicos
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'1, C'1	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	2. DESPALME			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	B2, C2	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	Se podrá generar alteraciones en el relieve natural y las formaciones kársticas	D2, E2,F2	Ge1	Modificación del relieve natural por acciones de despalme y movimientos de tierra.
			Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	2. DESPALME			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ge4	Alteración a la estructura de cenotes en zonas de riesgo o puntos críticos.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	<p>Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje.</p> <p>Durante la operación de la maquinaria y de las actividades de preparación del sitio pueden ocurrir derrames de combustibles, así como incorrecta disposición de desechos sólidos urbanos, así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores</p>	G2, H2, L2 M2	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag6	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea).
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	N2, O2	Su1	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	2. DESPALME			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones a sus características físicas, por el paso constante de maquinaria.		Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Flora	Afectación a la vegetación de manera puntal, por la eliminación de cobertura vegetal. Durante las actividades de desmonte es posible la afectación a especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010	P2, Q2	F1	Pérdida de la cobertura vegetal en 282.872 ha por cambio de uso del suelo
			F2	Afectación de individuos de especies de flora en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010
Fauna	Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna. Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna	R2, S2, T2, U2	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
			Fa5	Afectación de individuos de fauna silvestre por operación del tren
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V1	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
Cultura	Se podrá afectar sitios o monumentos arqueológicos.	Z2	Cl1	Alteración a sitios naturales o monumentos arqueológicos

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	2. DESPALME			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'2, C'2	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por despalme de componentes ajenos

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	3. CAMINOS DE ACCESO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A3, B3	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
Geoformas	La operación de maquinaria y equipo podrá afectar el relieve y los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	D3, E3, F3	Ge1	Modificación del relieve natural por acciones de despalme y movimientos de tierra.
			Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
			Ge3	Afectación a las formaciones kársticas en zonas de riesgo por las vibraciones generadas durante la operación de la vía férrea.
			Ge4	Alteración a la estructura de cenotes en zonas de riesgo o puntos críticos.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	3. CAMINOS DE ACCESO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Hidrología	<p>Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje.</p> <p>Durante la operación de la maquinaria y de las actividades de preparación del sitio pueden ocurrir derrames de combustibles, así como incorrecta disposición de desechos sólidos urbanos, así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores</p>	G3, H3, K3,L3, M3	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag5	Modificación del balance hídrico por remoción de cobertura vegetal
			Ag6	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea).
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá incrementar el riesgo de erosión al tener el suelo desnudo y el suelo podrá sufrir modificaciones a sus	N3, M3	Su1	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	3. CAMINOS DE ACCESO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	características físicas, por el paso constante de maquinaria. Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.		Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Flora	Afectación a la vegetación de manera puntal, por la eliminación de cobertura vegetal	F3	F1	Pérdida de la cobertura vegetal en 282.872 ha por cambio de uso del suelo
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad	R3, S3	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V3, X3	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc4	Creación de infraestructura que fomenta la movilidad.
Cultura	Se podrá afectar sitios o monumentos arqueológicos.	Z3	Cl1	Alteración a sitios naturales o monumentos arqueológicos
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'3, C'3	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Fragilidad visual

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	4. OBRAS PROVISIONALES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A4, B4, C4	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	La operación de maquinaria y equipo podrá los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	E4, F4	Ge3	Afectación a las formaciones kársticas en zonas de riesgo por las vibraciones generadas durante la operación de la vía férrea.
			Ge4	Alteración a la estructura de cenotes en zonas de riesgo o puntos críticos.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G4, H4, I4, L4, M4	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.

ETAPA	PREPARACIÓN DEL SITIO			
ACTIVIDAD	4. OBRAS PROVISIONALES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ag3	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo
			Ag6	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea)
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O4	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna	R4	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V4, W4, X4	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc3	Cambios en la distribución de la población por flujos migratorios
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	C'4	Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

Cuadro 10. Ficha de interacciones durante la etapa de construcción.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	5. DESMANTELAMIENTO Y DEMOLICIÓN			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A5, B5, C5	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	Las excavaciones, rellenos, compactaciones podrán afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	E5	Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G5, H5, M5	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	5. DESMANTELAMIENTO Y DEMOLICIÓN			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	N5, O5	Su1	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo
			Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R5, S5, U5	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V5, W5	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	6. MOVIMIENTOS DE TIERRA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A6, B6, C6	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	Las excavaciones, rellenos, compactaciones podrán afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	D6, E6, F6	Ge1	Modificación del relieve natural por acciones de despalme y movimientos de tierra.
			Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G6, H6, J6, M6	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	6. MOVIMIENTOS DE TIERRA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ag4	Alteración del flujo subterráneo
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	N6, O6	Su1	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo
			Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R6, S6, T6, U6	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V6	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	7. OBRAS DE DRENAJE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas	B7	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
Geoformas	Las excavaciones, rellenos, compactaciones podrán afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	E7, F7	Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G7, H7	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial.
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O7	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos.	V7, Y7	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	7. OBRAS DE DRENAJE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.		Soc4	Renovación y desplante de infraestructura vial
Etapa	Construcción			
Actividad	8. Pasos de fauna			
Factor ambiental afectado	Interacción (efecto)	Clave de interacción	Clave de impacto ambiental	Descripción del impacto ambiental
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas	B8, C8	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V8, W8, Y8	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc4	Creación de infraestructura que fomenta la movilidad.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje.	G8,F8,L8M8	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	7. OBRAS DE DRENAJE			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
			Ag6	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea).
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	9. PASOS VEHICULARES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas	B9, C9	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	J9, M9	Ag4	Alteración del flujo subterráneo
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en	T9, U9	Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	9. PASOS VEHICULARES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna		Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V9, W9, Y9	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc4	Creación de infraestructura que fomente la movilidad.
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'9, C'9	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	10. LADEROS			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje.	M10	Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos.	V8	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	10. LADEROS			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.			

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	11. SUPREESTRUCTURA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra, generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	B11, C11	Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	Las excavaciones, rellenos, compactaciones podrán afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	D11, E11, F11	G1	Modificación del relieve natural por acciones de despalme y movimientos de tierra.
			G2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
			G5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G11, H11, I11, J11, K11, M11	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	11. SUPREESTRUCTURA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
				residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag3	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo
			Ag4	Alteración del flujo subterráneo
			Ag5	Modificación del balance hídrico por remoción de cobertura vegetal
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O11	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	T11, U11	Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V11, W11, X11, Y11	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc3	Cambios en la distribución de la población por flujos migratorios
			Soc4	Creación de infraestructura que fomenta la movilidad.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	11. SUPREESTRUCTURA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'11, C'11	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	12. INFRAESTRUCTURA DE VÍA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Hidrología	Los componentes de la estructura de vía y materiales formarán una capa sobre el nivel de suelo que podría disminuir la infiltración.	I12	Ag3	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O11	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R12, S12	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. Así también existe riesgo de	V12, W12, X12	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	12. INFRAESTRUCTURA DE VÍA			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	accidentes por el desplante de infraestructura.		Soc5	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	13 ELECTRIFICACIÓN			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O13	So2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R13, S13	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales. Así también existe riesgo de accidentes por el desplante de infraestructura.	Y13, W13, X13, Y13	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc4	Creación de infraestructura que fomente la movilidad.
			Soc5	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	13 ELECTRIFICACIÓN			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'13, C'13	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	14. INMUEBLES DEL SISTEMA FERROVIARIO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A14, B14, C14	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm2	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas suspendidas.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	Las excavaciones, rellenos, compactaciones podrán afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	E14, F14	Ge2	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de	G14, H14, I14, J14, K14, M14	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	14. INMUEBLES DEL SISTEMA FERROVIARIO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
	maquinaria puede modificar el patrón de drenaje. Así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores		Ag2	Afectación de las características físicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag3	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo
			Ag4	Alteración del flujo subterráneo
			Ag5	Modificación del balance hídrico por remoción de cobertura vegetal
			Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O14	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá ocasionar perturbación y desplazamiento de fauna. El uso de maquinaria podrá afectar especies incluidas en alguna categoría de riesgo o de importancia para la comunidad. Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R14, S14, T14, U14	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa3	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.
			Fa4	Disminución del hábitat por cambio de uso del suelo (fragmentación)

ETAPA	CONSTRUCCIÓN			
ACTIVIDAD	14. INMUEBLES DEL SISTEMA FERROVIARIO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. Se incrementará el consumo de bienes y servicios locales.	V14, W14, X14, Y14	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc3	Cambios en la distribución de la población por flujos migratorios
			Soc4	Creación de infraestructura que fomente la movilidad.
Paisaje	Se ocasionarán cambios en el paisaje actual	B'11, C'11	Pa1	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos
			Pa2	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos
Cultura	Se podrá afectar sitios o monumentos arqueológicos.	Z14, A'14	Cl1	Alteración a sitios naturales o monumentos arqueológicos

Cuadro 11. Fichas de interacciones durante la etapa de operación.

ETAPA	OPERACIÓN			
ACTIVIDAD	15. SERVICIO DE TRENES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A15, C15	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	La operación del tren y la autopista podrá afectar a los suelos con karsticidad que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto	E15	Ge3	Afectación a las formaciones kársticas en zonas de riesgo por las vibraciones generadas durante la operación de la vía férrea.

ETAPA	OPERACIÓN			
ACTIVIDAD	15. SERVICIO DE TRENES			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Hidrología	Dadas las características del suelo no se presentan escorrentías permanentes, sin embargo, en temporada de lluvias es posible la existencia de pequeñas formaciones de agua temporales y de igual forma el uso de maquinaria puede modificar el patrón de drenaje.	G15	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	O15	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	Se podrá afectar el hábitat de fauna y la distribución de los individuos de fauna	R15, S15	Fa5	Afectación de individuos de fauna silvestre por operación del tren
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
Sociedad y economía	Se requerirá de personal, generando empleos. La operación del proyecto beneficiará a las comunidades brindando una fuente de trabajo cercana a sus poblados.	Y15, W15, X15, Y15	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc4	Creación de infraestructura que fomenta la movilidad.
			Soc5	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento

ETAPA	OPERACIÓN			
ACTIVIDAD	16. ESTACIÓN DE AUTOCONSUMO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Sociedad y economía	La operación de algunas herramientas o infraestructura puede generar riesgo de accidentes a los trabajadores.	X16	Soc5	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento

Cuadro 12. Fichas de interacciones durante la etapa de mantenimiento.

ETAPA	MANTENIMIENTO			
ACTIVIDAD	17. MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará ruido.	C17	Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Fauna	El uso de vehículos para desplazarse a los sitios de mantenimiento podría generar riesgos a la fauna silvestre.	R17, S17	Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
			Fa5	Afectación de individuos de fauna silvestre por operación del tren
Sociedad y economía	La operación de algunas herramientas o infraestructura puede generar riesgo de accidentes a los trabajadores.	V17, W17, X17	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.
			Soc5	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento

ETAPA	MANTENIMIENTO			
ACTIVIDAD	17. MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Hidrología	El mantenimiento de las obras de drenaje y pasos de fauna favorecerá el curso de los escurrimientos intermitentes que puedan presentarse.	M17	Ag7	Modificación en la conectividad hidrológica superficial.

ETAPA	MANTENIMIENTO			
ACTIVIDAD	18. MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
Atmósfera	La operación de maquinaria y vehículos de obra generará humos y partículas suspendidas, asimismo el uso de maquinaria generará ruido	A18, C18	Atm1	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.
			Atm3	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.
Geoformas	La falta de mantenimiento puede generar desperfectos en la maquinaria lo que podría resultar en accidentes en la operación de la vía.	E18, F18	Ge3	Afectación a las formaciones kársticas en zonas de riesgo por las vibraciones generadas durante la operación de la vía férrea.
			Ge5	Riesgo de afectación a cenotes.
Hidrología	Durante la operación de la maquinaria y de las actividades de preparación del sitio pueden ocurrir derrames de combustibles, así como incorrecta disposición de desechos sólidos urbanos, así mismo existirá una demanda de insumos como agua tratada y potable para los trabajadores	G18, H18	Ag1	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
			Ag2	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y

ETAPA	MANTENIMIENTO			
ACTIVIDAD	18. MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	INTERACCIÓN (EFECTO)	CLAVE DE INTERACCIÓN	CLAVE DE IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
				disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Suelo	Se podrá afectar al suelo en caso de no disponer los residuos sólidos de manera adecuada.	P18	Su2	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.
Fauna	El uso de vehículos para desplazarse a los sitios de mantenimiento podría generar riesgos a la fauna silvestre.	R18, S18	Fa1	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria
			Fa2	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.
Sociedad y economía	La operación de algunas herramientas o infraestructura puede generar riesgo de accidentes a los trabajadores.	V18, W18	Soc1	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.
			Soc2	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.

Una vez identificados los efectos ambientales, se procedió a la definición de los impactos de acuerdo con su efecto positivo o negativo en los factores y subfactores ambientales. En total se identificaron 33 impactos ambientales, 29 de naturaleza negativa, y 4 de naturaleza positiva, que resultan significativos (*Cuadro 13*) y están descritos en el apartado V.3.1

Cuadro 13. Impactos ambientales identificados para el proyecto

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Atmosfera	Calidad del aire	Alteración de la calidad del aire por la generación de emisiones a la atmósfera.	Atm1	Adverso Irrelevante	Adverso moderado	Adverso moderado	
Atmosfera	Nivel de polvo	Alteración de la calidad del aire por generación y dispersión de partículas	Atm2	Adverso moderado	Adverso moderado		
Atmosfera	Nivel de ruido y vibraciones	Incremento en los niveles acústicos derivado del uso de maquinaria, vehículos y personal de obras.	Atm3	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Geoformas	Relieve	Modificación del relieve natural por acciones de despalme y movimientos de tierra.	Ge1	Adverso moderado	Adverso Irrelevante		
Geoformas	Formaciones kársticas	Afectación al sistema kárstico por riesgo de hundimientos y derrumbes en zonas vulnerables derivado del uso de maquinaria.	Ge2	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Geoformas	Formaciones kársticas	Afectación a las formaciones kársticas en zonas de riesgo por las vibraciones generadas durante la operación de la vía férrea.	Ge3	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Geoformas	Formaciones kársticas	Alteración a la estructura de cenotes en zonas de riesgo o puntos críticos.	Ge4	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Geoformas	Cenotes	Riesgo de afectación a la integridad física de los cenotes.	Ge5	Adverso Irrelevante	Adverso moderado		Adverso moderado
Agua	C.F.Q. agua superficial	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua superficial provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.	Ag1	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Agua	C.F.Q. agua subterránea	Afectación de las características fisicoquímicas de cuerpos temporales de agua subterránea provocados por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.	Ag2	Adverso moderado	Adverso moderado		Adverso moderado
Agua	Infiltración	Modificación de infiltración por cambio de uso del suelo	Ag3	Adverso moderado	Adverso moderado		
Agua	Flujo subterráneo	Alteración del flujo subterráneo	Ag4	Adverso moderado	Adverso moderado		
Agua	Evapotranspiración efectiva	Modificación del balance hídrico por remoción de cobertura vegetal	Ag5	Adverso moderado	Adverso moderado		
Agua	Disponibilidad del agua (subterránea)	Reducción en la disponibilidad de agua (subterránea)	Ag6		Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante
Agua	Escurrimiento superficial	Modificación en la conectividad hidrológica superficial	Ag7	Adverso moderado	Benéfico moderado		Benéfico moderado

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Suelo	Erosión	Incremento en los procesos erosivos por cambio de uso del suelo	Su1	Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante		
Suelo	C.F.Q. del suelo	Afectación del suelo por generación manejo, almacenamiento y disposición inadecuados de residuos sólidos, líquidos, de manejo especial y peligrosos.	Su2	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Flora	Cobertura vegetal	Pérdida de la cobertura vegetal en 282.872 ha por cambio de uso del suelo	F1	Adverso severo			
Flora	Especies singulares	Afectación de individuos de especies de flora en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	F2	Adverso moderado			
Fauna	Especies y poblaciones en general	Afectación de especies o poblaciones de fauna silvestre terrestre por uso de maquinaria	Fa1	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Fauna		Afectación de individuos de fauna silvestre por operación del tren	Fa5			Adverso moderado	

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Fauna	Especies singulares	Afectación de individuos de especies en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por el uso de maquinaria.	Fa2	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Fauna	Fauna subterránea	Afectación a la fauna subterránea por actividades de la maquinaria y generación de residuos.	Fa3	Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante		
Fauna	Hábitat faunístico	Fragmentación del hábitat por cambio de uso del suelo	Fa4	Adverso severo	Adverso moderado		
Sociedad y economía	Nivel de empleo	Incremento en los niveles de empleo y economía regional.	Soc1	Benéfico significativo	Benéfico significativo	Benéfico significativo	Benéfico moderado
Sociedad y economía	Derrama económica	Variación en la plusvalía de los terrenos por el cambio de uso de suelo.	Soc2	Benéfico moderado	Benéfico moderado	Benéfico moderado	Benéfico moderado
Sociedad y economía	Núcleos de población	Cambios en la distribución de la población por flujos migratorios	Soc3		Adverso moderado	Adverso moderado	Adverso moderado
Sociedad y economía	Núcleos de población	Riesgo de percances derivados por la operación de la vía férrea o falta de mantenimiento	Soc5		Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante	Adverso Irrelevante

FACTOR AMBIENTAL	SUBFACTOR AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	CLAVE	PREPARACIÓN DEL SITIO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Sociedad y economía	Infraestructura y servicios	Creación de infraestructura que fomente la movilidad	Soc4	Benéfico significativo	Benéfico significativo	Benéfico significativo	
Cultura	Yacimientos arqueológicos	Alteración a sitios naturales o monumentos arqueológicos	CI1	Adverso moderado	Adverso moderado		
Cultura	Comunidades indígenas	Alteración de usos y costumbres en poblaciones singulares	CI2		Benéfico moderado	Benéfico significativo	
Paisaje	Calidad escénica	Alteración de la calidad paisajística por la intervención de componentes ajenos	Pa1	Adverso moderado	Adverso moderado		
Paisaje	Fragilidad visual	Alteración de la fragilidad visual del paisaje por desplante de componentes ajenos	Pa2	Adverso moderado	Adverso moderado		

Una vez calculado el impacto potencial, la matriz es depurada por segunda ocasión, agrupando los valores potenciales de afectación más relevantes (*Anexo V-4*), estos valores se muestran en el *Cuadro 14*. Con base en este razonamiento, se cuenta con los elementos necesarios para generar las matrices respectivas y su posterior análisis.

Cuadro 14. Valores e importancia del impacto.

VALOR CUALITATIVO	INTERPRETACIÓN
> + 76	IMPACTO BENÉFICO MUY ALTO
ENTRE +51 Y +75	IMPACTO BENÉFICO SIGNIFICATIVO
ENTRE +26 Y +50	IMPACTO BENÉFICO MODERADO
< +25	IMPACTO BENÉFICO IRRELEVANTE

VALOR CUALITATIVO	INTERPRETACIÓN
±0	NO SE ESPERA QUE OCURRA UN IMPACTO
< -25	IMPACTO ADVERSO IRRELEVANTE
ENTRE -26 Y -50	IMPACTO ADVERSO MODERADO
ENTRE -51 Y -75	IMPACTO ADVERSO SEVERO
> -76	IMPACTO ADVERSO CRITICO

En el *Anexo V-3*, se muestra la matriz de importancia de impactos ambientales, donde en cada una de las casillas de entrada se dispuso el resultado de la ecuación de importancia del impacto. Los datos de dicha ecuación se exponen en las matrices de evaluación de impactos por cada etapa del proyecto, finalmente el *Anexo V-4* concentra el resultado del valor de importancia por impacto relacionado con las etapas del proyecto.

CONCLUSIONES

A nivel del SAR, se determinó que el sistema ambiental ha sufrido procesos de degradación constante, principalmente la vegetación primaria, siendo más frecuente la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia. Los procesos de cambio son frecuentes derivados al desarrollo turístico. Para el caso de la fauna silvestre, esta presenta un escenario asociado a la disminución de sus hábitats por la pérdida de vegetación, sin embargo, la diversidad de especies se considera buena y uno de los indicadores para este grupo es la presencia de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 revelando que aún con los procesos de cambio diversas especies se han adaptado.

Los impactos generados, se producirán en la etapa de preparación del sitio y construcción, mientras que en la etapa operativa y de mantenimiento serán mitigables. Dentro de los impactos observados debido a la realización del proyecto, destacan aquellos relacionados con el agua, en particular los relacionados con los procesos hidrológicos, que resultan de la posible interacción en el Tramo 5 norte del trazo del proyecto con los sistemas kársticos, los cenotes, los flujos subterráneos y la posible afectación de la conectividad hidrológica natural.

Si bien es cierto que la región donde se ubica el trazo del Proyecto se encuentra bajo una importante presión económica con fines de urbanización, donde actualmente se observa la presencia de cenotes y ríos subterráneos dentro de desarrollos turísticos, es importante asegurar que el presente proyecto conserve la integridad de las fuentes de abastecimiento y los cuerpos de agua, por lo que se requiere la aplicación de medidas de mitigación para que el impacto ambiental sea mínimo.

De este modo, el proyecto se puede considerar como viable de acuerdo con lo siguiente:

A partir de la evaluación realizada, se concluye que el proyecto producirá impactos ambientales moderados en su mayoría, sin embargo, en ninguna etapa del proyecto se prevén impactos irremediables, todos los impactos observados son impactos mitigables y/o compensables.

El proyecto no representa riesgos significativos a los sistemas kársticos, puesto que se considera en su diseño las medidas estructurales necesarias para mitigar los riesgos de construcción, operación y ambientales.

El proyecto no se considera causal en relación con el desequilibrio eco-hidrológico, ya que se estima que no provoque alguna alteración importante dentro del Sistema Ambiental Regional y que esto eventualmente pueda derivar en impactos acumulativos, sinérgicos o residuales.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

A continuación, se presentan las medidas de mitigación por factor considerados dentro de la evaluación de impactos ambientales asociados al proyecto “Tren Maya Tramo 5 Norte”. Los factores analizados son Aire, Geoformas, Agua, Suelo, Flora, Fauna, Sociedad y Economía, Cultura, Paisaje. Cabe mencionar que cada cuadro analizado se encuentra dirigido a reducir la magnitud e intensidad de los impactos ambientales que se detectaron en cada factor ambiental y el seguimiento que se les dará se puede observar en las fichas de seguimiento ambiental ubicadas en el punto VI.3.

Para el caso de los cuadros 4, 5 y 6, se plantean diferentes programas (programa de rescate de flora y fauna silvestre, programa de reforestación, programa de manejo y restauración de suelos, y el programa de monitoreo sobre el uso de los pasos de fauna) que permitirán reducir los impactos asociados al proyecto.

Es importante mencionar que las medidas a continuación propuestas, fungen como estrategias ambientales para el tramo 5 norte de proyecto Tren Maya. Los programas específicos reforzarán a las medidas para consolidar una buena estrategia de manejo ambiental que deberá implementarse por toda la vida útil del proyecto.

VI.1 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental, permitirá tener el control y seguimiento de lo establecido en las medidas de mitigación; en este programa se establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas de mitigación contenidas en la presente MIA-R.

Las acciones que integran el Programa de Vigilancia Ambiental son las siguientes:

- Implementar un instrumento técnico-científico práctico e integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo de impactos ambientales identificados de manera que se reduzcan al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
- Implementar un instrumento que integre y supervise el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de manejo de impactos comprometidas en la presente MIA-R, a fin de que en cada una de las etapas de implementación del proyecto se asegure su implementación y monitoreo
- Mantener en las instalaciones del Proyecto un Archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Observar la normatividad aplicable en el desarrollo de las actividades del proyecto.
- Fomentar e implementar, el uso de buenas prácticas ambientales que garanticen el menor impacto ambiental posible durante la preparación, construcción y operación del proyecto; en favor del desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán
- Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.
- A través de la coordinación interinstitucional se llevarán cabo diversas acciones en favor del ambiente, para el desarrollo sustentable de la región.

Se espera que el proyecto del tren promueva el desarrollo socioeconómico, la inclusión social, la generación de empleos y fortalezca la industria turística.

ANTECEDENTES

Como parte del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte (TM-T5 Norte) se propone el presente Programa de Vigilancia Ambiental para ser presentado para su consideración a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) como parte del procedimiento de evaluación del proyecto.

De manera adicional, se reportará de forma periódica a la SEMARNAT y la PROFEPA, el cumplimiento de los Términos y Condicionantes que en su momento determine la autoridad.

Cabe mencionar que cada empresa contratista durante cada etapa del proyecto estará supervisada por personal a la que se le asigne el seguimiento de los programas ambientales.

Además de las obligaciones contenidas en las regulaciones ambientales de carácter general, el Proyecto TM-T5 Norte estará sujeto al cumplimiento de los términos y condiciones establecidos en los siguientes documentos: MIA-R, así como, en la resolución del mismo que en su momento determine la propia SEMARNAT.

El Programa de Vigilancia Ambiental consigna las acciones que se tomarán para cumplir con estos requisitos específicos. A este documento se le irán agregando las obligaciones que se pudieran derivar de otros permisos, resoluciones y autorizaciones que requiera el proyecto para asegurar su cabal cumplimiento y una gestión eficiente de estos documentos.

OBJETIVOS

La supervisión ambiental del Proyecto TM-T5 Norte se contempla como la herramienta de verificación directa de los aspectos planificados y gestionados en el subprograma anterior, y se basa en los siguientes objetivos:

- a) *Vigilar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales de cada uno de los actores en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento,*
- b) *Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto propuestas en la MIA-R del; y*
- c) *Vigilar el estado de salud ambiental de los ecosistemas y recursos en el trazo propuesto, así como en las áreas adyacentes a éste.*

METAS Y ALCANCES

Las metas y sus respectivas acciones específicas para alcanzarlos son las siguientes:

- Cumplimiento de obligaciones ambientales

Verificación directa del cumplimiento puntual de las obligaciones ambiental del Proyecto Tren Maya, incluyendo las medidas preventivas y de mitigación propuestas en la presente MIA-R del Proyecto.

- Implementar las medidas de prevención, control y mitigación propuestas en la MIA-R del Proyecto, así como las ordenadas en el resolutivo del mismo.
- Presentar los informes de cumplimiento en tiempo y forma, de los términos y condiciones de la Autorización.

- Someter a consideración de la autoridad correspondiente, las eventuales modificaciones que pudiera presentar el Proyecto.
- Atender, en caso de presentarse cualquier contingencia ambiental y adoptar las medidas de remediación más eficientes para la solución de la misma.
- Mantener en las instalaciones del Proyecto un Archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Gestionar todo tipo de autorizaciones y permisos que el proyecto requiera en materia ambiental.

VI.1.1 PROGRAMAS Y ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA EL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

OBJETIVOS

- Vigilar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales de cada uno de los actores en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento,
- Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto propuestas en la MIA-R del; y
- Vigilar el estado de salud ambiental de los ecosistemas y recursos en el trazo propuesto, así como en las áreas adyacentes a éste.

METAS Y ALCANCES

- Cumplimiento de obligaciones ambientales.
- Implementar las medidas de prevención, control y mitigación propuestas en la MIA-R del Proyecto, así como las ordenadas en el resolutivo del mismo.
- Presentar los informes de cumplimiento en tiempo y forma, de los términos y condiciones de la Autorización.
- Someter a consideración de la autoridad correspondiente, las eventuales modificaciones que pudiera presentar el Proyecto.
- Atender, en caso de presentarse cualquier contingencia ambiental y adoptar las medidas de remediación más eficientes para la solución de la misma.

- Mantener en las instalaciones del Proyecto un archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Gestionar todo tipo de autorizaciones y permisos que el proyecto requiera en materia ambiental.

ACCIONES

- Implementar un instrumento técnico-científico práctico e integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo de impactos ambientales identificados de manera que se reduzcan al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
- Implementar un instrumento que integre y supervise el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de manejo de impactos comprometidas en la presente MIA-R, a fin de que en cada una de las etapas de implementación del proyecto se asegure su implementación y monitoreo
- Mantener en las instalaciones del Proyecto un archivo que contenga todos los estudios y autorizaciones referentes a la materia ambiental.
- Observar la normatividad aplicable en el desarrollo de las actividades del proyecto.
- Fomentar e implementar, el uso de buenas prácticas ambientales que garanticen el menor impacto ambiental posible durante la preparación, construcción y operación del proyecto; en favor del desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán.
- Posibilitar dentro de un marco operativo específico, la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.
- A través de la coordinación interinstitucional se llevarán cabo diversas acciones en favor del ambiente, para el desarrollo sustentable de la región.

PROGRAMA DE AHUYENTAMIENTO, RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA SILVESTRE

El desarrollo de la infraestructura conlleva impactos que pueden influir negativamente en la fauna silvestre que habita en un área particular. Estos impactos pueden afectar la incidencia y permanencia de las especies de vertebrados a corto, mediano y largo plazo. Por esta razón, es importante contar con una línea base de información sobre la fauna presente, que abarque aspectos sobre su distribución, riqueza, diversidad, abundancia y afinidades, así como aspectos relacionados con su susceptibilidad, esto con la finalidad de identificar que grupos faunísticos son los más vulnerables en los procesos de construcción y elaboración del proyecto, y de esta manera, elaborar un programa de rescate de fauna que mitigue los impactos asociados a la fauna silvestre.

El programa de rescate de fauna del proyecto TM-T5 Norte tiene como objeto de trabajo a las especies pertenecientes a las cuatro clases de vertebrados terrestres (aves, mamíferos, anfibios y reptiles), con énfasis en las especies de lento desplazamiento, así como aquellas listadas en alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT 2010 sobre todo las que fueron registradas dentro del Área del Proyecto como lo son Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*), Toloque coronado (*Laemanctus serratus*), el Viejo de monte (*Eira barbara*), Mono araña (*A. geoffroyi*) y el Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), estas dos últimas especies no fueron observadas dentro del Área del Proyecto pero es muy probable que se presenten debido a su gran capacidad de movimiento.

OBJETIVOS

- El objetivo propuesto para el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre del proyecto es disminuir y mitigar los posibles accidentes que puedan dañar a la fauna nativa, por el proceso de construcción del proyecto.

Alcances

- El alcance del programa consiste en el rescate y reubicación de la fauna silvestre presente en el área del proyecto de acuerdo con la información bibliográfica revisada y tomando en consideración los resultados del muestreo realizado para el Manifiesto de Impacto Ambiental.

METAS

- Se espera reubicar o ahuyentar la totalidad de individuos capturados o avistados durante las actividades de preparación, construcción y operación del proyecto. Por ello, deberá alcanzarse el 100% de sobrevivencia de los organismos.

ACCIONES O ACTIVIDADES

- Capturar con las técnicas y materiales adecuados a todos los individuos faunísticos susceptibles de rescate que se encuentren dentro del área del proyecto
- Salvaguardar la integridad física todos los organismos recatados desde el momento de su captura hasta la liberación de estos.
- Reubicar los organismos rescatados en un ambiente adecuado a las necesidades biológicas de cada especie que permitan su supervivencia y desarrollo.
- Ahuyentar con el material adecuado a las especies que por su gran talla y/o alta movilidad se dificulte la captura y el ahuyentamiento sea una mejor opción

- Lograr mediante acciones de educación ambiental y capacitación al personal, una concientización positiva y generación de respeto hacia la fauna silvestre presente en el área del proyecto.
- Implementar un programa de señalización (letreros restrictivos) para la protección de las especies presentes en los sitios del proyecto, así como de la fauna migratoria que pueda utilizar el área.
- Se iniciará con la etapa de información y capacitación tanto del personal de la brigada que participará en las actividades de rescate, como la impartición de pláticas al personal obrero sobre la importancia del respeto hacia la fauna existente.
- Debido a la extensión del proyecto, el promovente debe delimitar y ubicar los sitios que se van a desmontar y despalmar, si es que existen, 60 días previos al inicio de la etapa de preparación del sitio, con el objetivo de identificar los sitios donde se debe hacer rescate. Así mismo, es necesario realizar actividades de amedrentamiento y rescate previo a la preparación del sitio, una vez identificados los sitios de potencial captura dentro de las áreas destinadas a las obras y aledañas a éstas.
- Una vez delimitada el área y capacitado el personal de la brigada, se realizarán recorridos de búsqueda y captura de individuos de fauna para su rescate y reubicación. Se buscará la fauna en el momento previo al actuar de la maquinaria para la construcción la cual deberá realizar el despalme lentamente.
- Previo a la entrada de maquinaria se deben colocar trampas para captura de mamíferos medianos y pequeños y revisar de manera manual la vegetación haciendo especial énfasis en posibles madrigueras usando un boroscopio para verificar la presencia de organismos.
- Se aplicarán las técnicas propuestas por Hawthorne (1987), denominadas de amedrentamiento y de modificación del hábitat, buscando con ello que las especies de aves, mamíferos voladores y de hábitos cursoriales, se desplacen fuera del área del proyecto.
- Las técnicas de amedrentamiento a utilizar estarán basadas en la generación de ruidos intensos mediante el empleo de sirenas de diferentes frecuencias, en distintas áreas y horas del día, con el objetivo de ahuyentar tanto a aves, murciélagos y otros mamíferos de talla mediana y grande. Dichas medidas deberán llevarse a cabo como mínimo una un día antes de remover la vegetación. También se debe realizar un trapeo previo y la eliminación de objetos que pudieran servir como refugio como troncos, escombros, etc.

PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA

La ejecución del proyecto habrá de afectar la vegetación en torno de las áreas de obra. Una medida de mitigación necesaria para disminuir los impactos negativos sobre el ambiente es la implementación de

un programa de rescate de flora. Este programa está dirigido a gremios, familias y especies de plantas que por sus características biológicas son de importancia para la conservación de la naturaleza de la región con énfasis en aquellas especies que esté incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019) y que fueron registradas dentro del Área del Proyecto (*Chamaedorea ernesti-augusti*, *Coccothrinax readii*, *Thrinax radiata*, *Beaucarnea pliabilis*, *Conocarpus erectus*, *Vanilla planifolia* y *Zamia prasina*) y Área de Influencia ((*Chamaedorea ernesti-augusti*, *Coccothrinax readii*, *Thrinax radiata*, *Beaucarnea pliabilis*, *Conocarpus erectus*, *Vanilla planifolia* *Zamia prasina*) que sin duda deben tomarse como especies focales a la hora de implementar el presente programa. Los individuos rescatados deberán ser reubicados en sitios propicios para su desarrollo y en los que se garantice su permanencia a perpetuidad.

OBJETIVOS

- Elaborar y aplicar un Programa de Rescate y Reubicación de Flora con el fin de mitigar la afectación a las poblaciones silvestres de las especies de plantas más vulnerables presentes en el área del proyecto.

ALCANCES

- Enlistar a las especies de plantas más vulnerables, elegidas de acuerdo con su rareza e importancia ecológica, y que son susceptibles de ser rescatadas y reubicadas.
- Especificar las técnicas adecuadas para realizar el rescate y el trasplante de los individuos.
- Definir los cuidados en el rescate y reubicación de los individuos.
- Establecer los métodos de registro y control de los individuos reubicados.
- Identificar el sitio idóneo para la reubicación de los individuos.
- Establecer los mecanismos de evaluación del programa.

METAS

- Llevar registros detallados de los procedimientos y resultados de las acciones de protección y conservación de los individuos rescatados.
- Lograr una supervivencia de las plantas rescatadas mayor o igual a 85% al término del seguimiento del programa.

ACCIONES

- Los individuos se deberán extraer cuidando de no estropear ni exponer al aire las raíces de las plantas. Además, se deberá reducir en lo posible, el tiempo entre su extracción y su trasplante.

- Las características del sitio en que se vayan a trasplantar deben ser similares del que fueron obtenidas.
- Los individuos deberán ser liberados de cualquier clase de competencia que pueda presentarse (maleza, exceso de cobertura, etc.).
- Tratamiento para evitar que proliferen patógenos en las lesiones ocasionadas durante la remoción del suelo. Posteriormente, se aplicarán estimuladores del crecimiento en las raíces, esto ayudará al desarrollo de las raíces absorbentes que se hayan perdido en la extracción de la planta.
- Los ejemplares que se seleccionen deben medir entre 15 y 100 cm de alto. A mayor altura mayores serán los cuidados que requieran durante la extracción, acarreo, mantenimiento en vivero y trasplante. En la extracción de las plántulas y juveniles hay que evitar daños en las raíces.
- Las epífitas ubicadas en alturas de entre 2 y 3 m se extraerán previo a las actividades de desmonte, las que se encuentren a más altura se colectarán después de que se hayan derribado los árboles. Las epífitas deberán ser extraídas con la ayuda de un machete o navajas pequeñas, cuidando de no perder ningún órgano importante, tratando de conservar la mayor integridad posible del sistema radical sin que sean desprendidos del sustrato (rama, tronco, raíz) y manteniendo también parte del sustrato en el que se venían desarrollando.
- Se recomienda la colecta de semillas de aquellas especies que se encuentren en periodos de reproducción y que sean demasiado grandes para extraer todo el individuo. Las semillas deberán dispersarse en ambientes similares al sitio donde se colectaron. También pueden sembrarse en vivero y esperar a que las plántulas estén aptas para trasplantarse en el sitio de reubicación.
- Se deberá realizar mantenimiento y monitoreo, para asegurar su supervivencia y buen estado de salud, con el fin de conocer el nivel de eficacia de las actividades llevadas a cabo.
- Los individuos rescatados no pueden ser trasplantados directamente al sitio definitivo debida a que durante la manipulación sufren daños de los que deben recuperarse. Si se trasplantaran directamente la mortalidad sería muy alta, por lo que sugiere pasen un tiempo en vivero teniendo los cuidados necesarios para asegurar su supervivencia.

PROGRAMA DE ESTABLECIMIENTO Y MONITOREO DE PASOS DE FAUNA

El estudio de la permeabilidad de las infraestructuras lineales ha suscitado en las últimas décadas un notable interés debido a su afectación a la fauna silvestre (Morales *et al.*, 2000). En el caso de vías de comunicación terrestre como carreteras y vías de ferrocarril existen algunas medidas para mitigar el daño causado al ambiente, las cuales se emplean dependiendo el tipo de problema que se origine. Una de las acciones

que ha dado mejores resultados en países en donde el daño ecológico tiene relevancia gubernamental, es la construcción de pasos de fauna superiores e inferiores, con los cuales se pretende detener la segmentación de los ecosistemas y por ende la dispersión o incluso extinción de las especies que habitan o se encuentran de paso en el área ocupada por la infraestructura (Cano, 2016).

Se ha constatado que los pasos no específicos de fauna (drenajes, pasos para ganado, para maquinaria y agricultores, etc.) pueden ser usados con regularidad por vertebrados, en especial de pequeño y mediano tamaño (Camby y Maizaret, 1985; Yanes *et al.*, 1995; Rodríguez *et al.*, 1996). Sin embargo, los resultados de algunos estudios demuestran que las obras de drenaje no contribuyen de forma efectiva al paso de la fauna, ya que su presencia no reduce el número de individuos atropellados (Torres, 2011; Cervantes-Huerta *et al.*, 2017).

De esta manera, la mera presencia de los elementos de paso no garantiza su utilización, ya que se deben dar una serie de circunstancias en su morfología y localización, así como en cantidades suficientes (Morales *et al.*, 2000). Por otra parte, la presencia de vegetación en o cerca (menos de 100 m) de las entradas y en el entorno del paso es muy favorable para su frecuentación por parte de los animales (Rodríguez *et al.*, 1997).

Por lo anterior, basándonos en estudios previos que han puesto de manifiesto la importancia de ciertas variables en la utilización de estos pasos por parte de la fauna (Dufek y Adamec, 1999; Rosell y Velasco, 1999; Veenbass y Brandjes, 1999; Mata *et al.*, 2006; Matthews *et al.*, 2015; González-Gallina *et al.*, 2018), es necesario analizar la influencia de una serie de características relacionadas con los drenajes y pasos a desnivel presentes en el proyecto, así como la adecuación de estos, con la finalidad de optimizar las posibilidades de paso de las diferentes especies de vertebrados detectadas (Anexo VI.I).

OBJETIVOS

- Mitigar los impactos a la fauna causada por la construcción y operación del proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte mediante la implementación y monitoreo de pasos de fauna.
- Implementar los pasos de fauna previstos para la obra con los enriquecimientos necesarios para cada tipo de fauna.
- Medir la eficiencia de los pasos de fauna construidos mediante el monitoreo de la fauna silvestre que utiliza los pasos de fauna
- Describir la vegetación presente en los pasos de fauna.
- Identificar a las especies de fauna silvestre que utilizan los pasos de fauna.
- Determinar los índices de diversidad y riqueza de las especies que utilizan los pasos de fauna.

- Proponer medidas de enriquecimiento de hábitat para aumentar la eficiencia de los pasos de fauna.

ALCANCES

- Realizar la construcción y el monitoreo de fauna silvestre a largo plazo en los pasos de fauna que contempla el proyecto para evaluar la eficiencia de estos. Los monitores se harán de manera anual, ininterrumpidamente hasta que todas las mejoras, aplicación de medidas o adiconamiento de pasos de fauna sean implementados, y los especialistas a cargo del programa no contemplen más mejoras, medidas de corrección o adición de más pasos de fauna. Una vez cumplidas estas dos condicionantes de los monitoreos se realizarán cada 2 años durante 6 años y posteriormente si no existe ninguna anomalía en los resultados o nuevas medidas de corrección, el monitoreo se efectuará cada 3 años de manera permanente.

ACTIVIDADES

- Construcción de los pasos de fauna
- Monitoreo de los pasos de fauna
- Registro de especies de flora
- Identificación de individuos que hacen uso de los pasos para fauna
- Periodicidad de Monitoreo
- Registro de atropellos
- Análisis de los datos de atropellos

PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y REFORESTACIÓN

En este programa también se identifican los principales impactos al suelo derivados del establecimiento del proyecto, se evalúa el riesgo de erosión con la construcción de obras del proyecto, se proponen estrategias de conservación o rehabilitación de suelos y se señalan las áreas donde se deben implementar dichas estrategias para disminuir el riesgo de erosión dentro del área del proyecto. Las estrategias y acciones del presente Programa están orientadas a conservar el suelo y evitar la erosión en áreas susceptibles con riesgo de erosión alto.

OBJETIVOS

- Establecer las estrategias de manejo y conservación del recurso suelo y el marco teórico-práctico que indique las condiciones generales de la zona, de las especies a utilizar y de la metodología

recomendada para el establecimiento de la reforestación en una superficie total de 6.775 ha para disminuir el riesgo de erosión en el área del proyecto del Tren Maya Tramo 5 Norte.

- Determinar los lugares con mayor riesgo de erosión dentro del área de proyecto y donde se deben establecer acciones y medidas para disminuir o evitar el riesgo de erosión dentro del área del proyecto.
- Describir las acciones y medidas para disminuir y evitar la pérdida de suelo en las áreas con riesgo de erosión.
- Emplear especies nativas para la ejecución del programa de reforestación.
- Determinar la cantidad de individuos por especie a restituir.
- Emplear las técnicas recomendadas por la CONAFOR para la realización de actividades de reforestación y restauración.

METAS

- Realizar un estudio que analice el riesgo de erosión donde se determine y señale los diferentes grados de riesgo de erosión en el área del proyecto.
- Sugerir por lo menos dos acciones o estrategias acordes a las condiciones del área del proyecto que garanticen la disminución de la erosión y de esta manera evitar la pérdida de suelo.
- Señalar los sitios donde se deben aplicar las acciones o estrategias para disminuir el riesgo de erosión.

ACTIVIDADES

- Aplicación del modelo RUSLE
- Incorporación de materia orgánica para evitar la erosión.
- Establecimiento de una cubierta vegetal sobre el suelo desnudo por medio de revegetación.
- Establecimiento de cercos vivos en lugar de vallas para separar las parcelas.
- Mantenimiento del cerco vivo.
- Preparación del terreno
- Establecimiento de cercos perimetrales
- Chapeo

- Abonado con composta o estiércol maduro
- Establecimiento de terrazas individuales
- Adquisición y establecimiento de la plantación
- Monitorización de trabajos de mantenimiento de cajetes, control de maleza, riego, fertilización y control de plagas y enfermedades.
- Acciones de monitoreo, sitios de selección de etiquetado y seguimiento.

PROGRAMA DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y MANEJO DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES Y CONSERVACIÓN DEL PAISAJE KÁRSTICO

La ejecución del programa durante la etapa de construcción del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte es responsabilidad de FONATUR (Fondo Nacional de Fomento al Turismo) Tren Maya, mientras que en la etapa de operación durante la vida útil del proyecto estará a cargo de la SEDENA (Secretaría de la Defensa a Nacional) o quien resulte responsable de la operación, para lo cual se realizará conforme a lo establecido en la legislación.

El personal que lleve a cargo la ejecución del programa será un especialista que tendrá como formación profesional de Ing. Agrónomo, Biólogo, Edafólogo o carrera afín, con conocimientos y/o experiencia en Edafología.

Entre las acciones que le competarán al personal que ejecute este programa se destacan las siguientes:

I Coordinar con las áreas operativas de la contratista la ejecución adecuada de los impactos edáfico-ambientales que se generen como producto de la construcción.

II Asegurar el cumplimiento de las acciones, procedimientos y compromisos del programa de acuerdo con lo indicado para el proyecto.

III. Planeación y logística de estrategias de trabajo en cada periodo de ejecución del programa y de la obra.

IV Capacitación del personal asignado para desarrollo óptimo de funciones.

V Entrega de reportes detallados de la ejecución y eventualidades a la contratista en el tiempo que esta establezca.

De igual manera, se podrá complementar el apoyo del personal profesional con ayuda de peones que fungirán como personal de apoyo en las labores de ejecución del programa, será capacitado por el especialista para llevar a cabo las actividades de campo.

OBJETIVOS

- Desarrollar el Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales que permita identificar las acciones preventivas, de respuesta y restauración, así como los procedimientos de seguimiento, evaluación y mejora durante todas las etapas del proyecto Tren Maya Tramo 5 norte.
- Caracterizar los fenómenos naturales registrados en el SAR del Proyecto con la finalidad de contar con información histórica que permita la definición de las acciones de prevención, respuesta y restauración, así como para los procedimientos de seguimiento, evaluación y mejora.
- Describir la infraestructura existente con el fin de señalar las medidas preventivas implementadas desde el diseño del Proyecto Tren Maya Tramo 5 Norte.
- Plantear las acciones de coordinación con las entidades de la administración pública municipal, estatal (incluyendo instancias de coordinación metropolitana) y federales relacionadas con el Proyecto TM Tramo 5 Norte, con el fin de diseñar la estrategia de comunicación en caso de alguna eventualidad.
- Desarrollar las acciones de prevención con el fin de integrarlas al Programa de Contingencias Ambientales para prevenir los riesgos por diversos fenómenos naturales.
- Plantear las acciones de respuesta con el fin de integrarlas al Programa de Contingencias Ambientales para dar respuesta en caso de presentarse alguna eventualidad por fenómenos naturales.
- Señalar las acciones de restauración con el fin de integrarlas al Programa de Contingencias Ambientales en caso de presentarse alguna eventualidad por diversos fenómenos naturales.
- Describir los procedimientos de seguimiento, evaluación y mejora con el fin de mantener actualizado el Programa de Contingencias Ambientales.

METAS

- Contar con un Programa de Prevención, Mitigación y Manejo de Contingencias Ambientales que sirva de apoyo para el promovente, en coordinación con las autoridades estatales y municipales de protección civil para establecer medidas de reducción de riesgos tanto para el proyecto ferroviario como para las poblaciones aledañas.

ACTIVIDADES

- Recopilación y análisis histórico de fenómenos hidrometeorológicos
- Recopilación y análisis histórico de Fenómenos geofísicos y edafológicos

- Evaluación de riesgo

PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS

La mayoría de las actividades humanas implican la generación de residuos. El Tren Maya Tramo 5 Norte no es la excepción, el proyecto conllevará la generación de residuos en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, es por esta razón que es necesario contar con un Programa de Manejo Integral de Residuos (PMIR).

Este PMIR requerirá de supervisión y vigilancia para cada una de las acciones planteadas por etapa de manera que se asegure su cumplimiento, lo que a su vez permitirá la detección y corrección oportuna de incidencias que puedan causar daños potenciales al medio ambiente como: contaminación del suelo, contaminación de agua subterránea y afectaciones a la fauna.

El PMIR del Tren Maya Tramo 5 Norte está basado en la normatividad ambiental mexicana y tiene como objetivo establecer las estrategias para el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos, de manejo especial, integra las medidas específicas que se emplearán para prevenir los impactos ambientales asociados con los residuos generados por el proyecto y en los casos en los que sea necesario mitigar dichos impactos.

OBJETIVOS

- Establecer las estrategias para el correcto manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejos especiales y peligrosos que se generen durante las etapas de preparación del sitio, operación y mantenimiento del proyecto.
- Identificar los residuos que se generarán durante cada una de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
- Establecer las condiciones legales y técnicas del PMIR para llevar a cabo el almacenamiento temporal, el registro y verificación de residuos producidos.
- Proponer las medidas de prevención y en los casos necesarios de mitigación que garanticen el correcto manejo de los residuos que producirá el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

METAS

- Disponer de manera adecuada los residuos sólidos urbanos (RSU).
- Identificar correctamente los residuos peligrosos (RP).
- Formular un plan de manejo individual de los residuos peligrosos del proyecto.

- Contar con almacén temporal de residuos peligrosos que cumpla con las características técnicas necesarias.
- Elaborar una bitácora bien documentada de los residuos peligrosos generados en cada etapa del proyecto en donde se incluya la cantidad, fecha, descripción, entrada y salida del almacén temporal de dichos residuos y que se actualice constantemente.
- Seguir las medidas de prevención, mitigación y control que garanticen el correcto manejo de los residuos que producirá el proyecto en todas sus etapas.

ACTIVIDADES

- Manejo de residuos generados por el proyecto durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
- Productos de desmonte y despalme
- Material de excavación
- Residuos sólidos urbanos
- Escombros
- Aceites gastados
- Envases impregnados con aceite
- Botes de pintura
- Estopas y trapos con solventes
- Registro de resultados
- Acopio, almacenamiento, transporte y disposición final
- Campaña de concientización

PROGRAMA DE LA CALIDAD DEL AIRE

La construcción del proyecto requerirá el uso de maquinaria, equipo y vehículos que emiten gases contaminantes, estos a su vez requieren mantenimiento y cambio de aceites que pueden, de no realizarse con ciertas medidas de prevención, ocasionar la contaminación del aire, suelo y agua.

Por lo que, para reducir el impacto ambiental de estas maquinarias y vehículos requeridos para el desarrollo del Proyecto, se han establecido medidas que permitan minimizar el riesgo de contaminación ocasionada por la falta de mantenimiento a los vehículos, maquinaria y equipos.

OBJETIVOS

- Establecer las estrategias para llevar a cabo el monitoreo y evaluación de la calidad del aire y las emisiones generadas por vehículos, maquinaria y equipo involucrado durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.
- Identificar las emisiones a la atmósfera generadas por las actividades del proyecto,
- Estimar las emisiones a la atmósfera generadas por las actividades del proyecto, incluyendo la utilización de vehículos, maquinaria y equipo involucrado.
- Establecer acciones de mantenimiento preventivo para las maquinarias, vehículos y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto.
- Vigilar el cumplimiento de la normatividad en materia de contaminación atmosférica mediante el registro y supervisión de la verificación vehicular.
- Establecer medidas emergentes en caso de incremento de las emisiones

PRINCIPALES ACTIVIDADES

- Revisión y registro documental de los permisos de circulación, verificaciones previas y mantenimientos realizados.
- Solicitar al contratista el registro de las flotillas de maquinaria, vehículos y equipos
- Revisión periódica de los reportes de mantenimiento realizados durante la ejecución del proyecto
- Identificación de las necesidades de almacenamiento de combustible, en su caso adquisición e inventariado de Equipo para atender derrames
- Identificación de las necesidades de almacenamiento de combustible, en su caso adquisición e inventariado de Equipo para atender derrames
- Seguimiento a incidentes relacionados al funcionamiento de vehículos, maquinaria y/o equipo.

VI.3 SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO

Es importante que todas las medidas de mitigación propuestas en el presente capítulo sean ejecutadas en tiempo y forma para cumplir con los requerimientos que la autoridad ambiental establezca por medio del

resolutivo correspondiente. Por lo tanto, se recomienda el diseño e implementación de acciones de seguimiento que contengan todas las medidas de control, prevención y mitigación de forma sistematizada y calendarizada, así como el monitoreo de los indicadores ambientales y la aplicación de todas y cada una de las condicionantes y términos establecidos en el resolutivo. Para lograr lo anterior las autoridades ambientales en México pueden requerir a la empresa desarrolladora que se realice uno o varios de los siguientes Programas o Informes:

- Este PVA deberá ser autorizado por la SEMARNAT para su implementación.
- El PVA deberá complementarse con una descripción de las metodologías a seguir para llevar el seguimiento y en su caso, señalar los mecanismos de acción que desarrollará para atender impactos no previstos que pudieran presentarse por la realización de las obras y/o actividades involucradas en las diferentes etapas del proyecto.
- Elaborar Informes Administrativos con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental de cumplimiento de las medidas de mitigación en original a la DGIRA con copia a la Delegación Federal de la PROFEPA en el estado de Quintana Roo, en el cual se demuestre el avance de las gestiones administrativas y legales que se han realizado para el cumplimiento de las medidas de mitigación. Lo anterior es fundamental, pues con el IA, la DGIRA y la PROFEPA tendrán los parámetros, constancias o evidencias, así como indicadores que permitan minimizar y, en su caso, evitar discrecionalidades en la aplicación de las medidas de mitigación, prevención, reducción y/o compensación.
- Elaborar Informes Técnicos Pormenorizados (ITP) con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental. Una vez aprobado el PVA, el Promovente deberá realizar y entregar a la SEMARNAT los ITP, para demostrar que, con la aplicación de las medidas propuestas, se mitigaron o previeron los impactos ambientales que pudieran presentarse por la realización del Proyecto. Se deben entregar copias de los ITP a la Delegación Federal de la PROFEPA en el estado de Quintana Roo. Dichos informes deberán incluir la evidencia gráfica y los argumentos técnicos científicos que el o los ecosistemas presentan, por lo menos las mismas condiciones ambientales con las que fueron evaluados.

El seguimiento del programa se realizará mediante la coordinación entre el asesor de campo y la empresa o institución responsable del programa que se encargará de realizar visitas periódicas al área del proyecto, para verificar el cumplimiento del Programa. Para llevar a cabo este seguimiento es necesaria la presencia de un asesor de campo residente en el sitio de obra, que realice las siguientes funciones:

Inspección diaria en los diferentes frentes de la obra, a efecto de vigilar el cumplimiento de compromisos en materia ambiental, en las diferentes actividades que se realicen en la preparación del sitio y construcción del proyecto. La inspección se debe centrar, entre otros, en los siguientes aspectos:

6. El seguimiento se deberá realizar con el apoyo de las fichas y los programas derivados del PVA.
7. Revisar la documentación existente en materia ambiental que tenga relación con el Proyecto.
8. El asesor de campo debe contar con amplio conocimiento de los documentos y permisos en materia de medio ambiental.
9. Vigilar el cumplimiento de las medidas de mitigación emitidas en la Manifestación de Impacto Ambiental y términos y condicionantes del Resolutivo.
10. Programar reuniones de carácter ambiental con los contratistas involucrados.
11. Apoyar a los contratistas en la capacitación de sus trabajadores en aspectos relacionados con la protección ambiental.
12. Emisión de opiniones técnicas fundamentadas en la normativa ambiental, leyes, reglamentos, que tengan relación con el Proyecto.
13. Elaboración de un informe mensual de las actividades en materia ambiental, apoyando con evidencias escritas y fotográficas.
14. Estar en comunicación constante con el supervisor de la empresa responsable del Proyecto, e informar de cualquier situación que ponga en riesgo el equilibrio ecológico del lugar.

Uno de los puntos importantes para el funcionamiento adecuado del PVA, es contar con un mecanismo de control que permita la comunicación entre cada uno de los participantes, por lo que se pretende:

- Contar con mecanismos de captura, catalogación, almacenamiento, recuperación y manipulación de insumos documentales referentes a la MIA, leyes ambientales, normatividad, necesidades de calidad, entre otras.
- Administrar los elementos de información necesarios para la correcta ejecución de las medidas de mitigación en los elementos ambientales correspondientes.
- Integrar herramientas para la planeación, seguimiento y evaluación de la vigilancia del conjunto de medidas de mitigación ambientales relativas al Proyecto.
- Mantener actualizada la información relativa al Proyecto mediante la elaboración de reportes, informes, anexos fotográficos, formatos de vigilancia, oficios, etc. requeridos durante la supervisión del Proyecto.

El objetivo del PVA es establecer un sistema para garantizar el cumplimiento de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias, además de las indicaciones emitidas en el resolutivo en materia de impacto ambiental, durante las etapas que componen al Proyecto.

Para el funcionamiento del PVA, se diseñará el desarrollo de mecanismos de control que permitan verificar el cumplimiento en materia ambiental. En este sentido, el PVA contempla la elaboración de fichas de seguimiento de la calidad ambiental, con las medidas de mitigación propuestas, según la información descrita en los capítulos V, VI y VII de esta manifestación de este documento.

En principio se presentan las fichas, que son elaboradas en función de las actividades que realizará el Promovente y/o la empresa encargada del proyecto; la etapa del proyecto en que se debe llevar a cabo la actividad, frecuencia de realización, la normativa aplicable y la evidencia que se presenta. Contienen información extraída del resumen de impactos y de las medidas de mitigación, así como las acciones a realizar para cumplir con cada una de las medidas de mitigación y cada una de las medidas propuestas, los indicadores de realización de efectos y los umbrales se presentan a continuación.

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

A partir de los tres escenarios ambientales que se han presentado, es posible observar que en el Sistema Ambiental Regional en el que se insertará el proyecto se presenta una tendencia histórica de cambio de uso del suelo, reflejado principalmente en una muy importante expansión de la mancha urbana concentrada principalmente en los extremos norte y sur del SAR, es decir en los alrededores de Cancún y Playa del Carmen, respectivamente. En ese sentido, se puede considerar que el proyecto en sí mismo no representaría un cambio significativo en esa tendencia, respecto del efecto que ya tiene de manera inherente.

En todos los casos, la selva mediana subperennifolia primaria o intacta es la que presenta la mayor disminución a lo largo de del tiempo, habiéndose reducido a menos de 50% de su superficie en el periodo 1985-2022, y esperándose una tendencia similar de acuerdo con la modelación realizada a partir de las tasas de cambio de uso de suelo y la deforestación. Una parte de esa reducción se compensa con un incremento en la vegetación secundaria (VS) de selva mediana subperennifolia, que sería resultado del proceso de sucesión secundaria en terrenos que tuvieron históricamente algún uso productivo.

Es importante señalar que la vegetación que sería intervenida ya refleja señales de perturbación o influencia antrópica, y que la tendencia que se observa es hacia la pérdida progresiva de vegetación primaria, que estaría siendo reemplazada históricamente por superficies con vegetación secundaria o con la implementación de otros usos del suelo.

Con la introducción del proyecto sin implementar las correspondientes medidas de mitigación, se espera que el SAR continúe con su dinámica actual, sin cambios significativos a los actuales procesos de deterioro. Los componentes naturales del sitio continuarán con las tendencias observadas y descritas, con un cambio poco apreciable en términos de composición porcentual de los tipos de uso del suelo y vegetación, mientras

que se presentaría un beneficio en los aspectos socioeconómicos por la derrama obtenida a partir del proyecto ferroviario.

Finalmente, la introducción del proyecto en conjunto con la serie de medidas de mitigación y programas ambientales específicos, se considera que podría tener un efecto ordenador en el entorno, de manera que es posible afirmar que el desarrollo del Tramo 5 Norte del Proyecto del Tren Maya no implicará un cambio significativo desde el punto de vista de los pronósticos ambientales en la región en que se desarrollará (entre las poblaciones de Cancún y Playa del Carmen), en el estado de Quintana Roo, ni se modificarán de manera significativa las actuales tendencias de crecimiento del área urbana y de desarrollo de la región, más allá de la actual tasa de expansión que ya se presenta de manera histórica.

VII.1 CONCLUSIONES SOBRE LOS PRONÓSTICOS AMBIENTALES

El Proyecto del Tren Maya Tramo 5 Norte será desarrollado en una región con una acentuada tasa de cambio de uso del suelo, que utilizará una fracción relativamente reducida de superficies con vegetación natural con buen grado de conservación en comparación con la proporción de superficie previamente urbanizada en el sistema ambiental regional en el que se insertará el proyecto.

Considerando la expansión turística e inmobiliaria de la región en las últimas décadas, y de acuerdo con las modelaciones realizadas, se espera que las tendencias de cambio de uso de suelo en el SAR sigan trayectorias similares al curso actual, independientemente de la implementación o no del proyecto. Esto significa que se considera que las tendencias de desarrollo preexistentes no serán significativamente modificadas por el proyecto.

Comparando los escenarios ambientales analizados (sin proyecto, con proyecto sin implementar medidas de mitigación y con proyecto implementando las medidas propuestas), no se prevé que el desarrollo del proyecto del Tren Maya Tramo 5 Norte pueda implicar o representar un incremento en las tendencias de deterioro ambiental históricamente registradas a nivel regional, que incluyen un crecimiento muy importante de la mancha urbana en las últimas cuatro décadas.

El Sistema Ambiental Regional en el que se desarrollará el proyecto y sus obras complementarias cuenta con un grado de transformación muy elevado, ya que un 54.96% % de su superficie corresponde al conjunto de los usos agropecuarios, de asentamientos humanos y parte de los sitios turísticos, así como la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, resultante de un proceso de degradación previo, como un desmonte por actividades agropecuarias, más la superficie sin vegetación aparente. Por el contrario, la superficie del SAR que presenta unidades de vegetación primaria sin deterioro aparente es solamente de un 45.04%, lo que refleja el grado de deterioro ya inherente de la región y la expansión de las áreas urbanas.

En total, las obras requerirán el cambio de uso del suelo de apenas el 0.173% de la superficie global del SAR, siendo la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia en las que se desarrollarán la mayor parte de las obras, ocupando solamente el 0.168% de la superficie del SAR.

Se considera que los impactos ambientales potenciales del proyecto serán de magnitud limitada, en su mayoría de tipo temporal durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, y que podrán ser amortiguados y compensados a través de la implementación de las medidas de mitigación presentadas en el capítulo VI, así como por el desarrollo del programa de vigilancia ambiental y de los programas ambientales específicos propuestos, los cuales coadyuvarán en cierta medida a compensar y limitar el impacto de las tendencias de desarrollo registradas en los años anteriores.

Hasta cierto punto, se estima que el desarrollo del proyecto en conjunto con el cumplimiento de las medidas y programas ambientales específicos tendrá un papel regulador del territorio, generando una alternativa en el marco del desarrollo socioeconómico regional y de la movilidad inter-urbana de la región.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera que el proyecto del **Tren Maya Tramo 5 Norte es viable desde el punto de vista ambiental**, y se prevé que sus potenciales impactos podrán ser mitigados con la participación de los contratistas y de los prestadores de servicios de gestión ambiental para la vigilancia del cumplimiento de las condicionantes y especificaciones, y con la implementación de las acciones y medidas que se indiquen en el resolutivo que emita la autoridad ambiental.

ESTA HOJA FUE
DEJADA
EN BLANCO
INTENCIONALMENTE