



RESUMEN EJECUTIVO

**Manifestación de impacto ambiental, modalidad Regional,
por la ampliación del ancho de corona de 7 a 21 m del tramo
Imuris-Cananea de la carretera Imuris-Agua Prieta en el
Estado de sonora (77Km).**

ÍNDICE

1.- PRESENTACIÓN.....	1
2.- UBICACIÓN DEL PROYECTO.	2
3.- VINCULACIÓN JURÍDICA.	5
4.- DELIMITACIÓN Y ASPECTOS RELEVANTES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR).....	12
4.1.- Criterios para la definición del Sistema Ambiental Regional.....	12
MEDIO FÍSICO.	16
MEDIO BIÓTICO.....	18
a) Vegetación.....	18
b) Unidades de ambientales.....	22
c) Especies con alguna categoría de riesgo o protección legal.	33
d) Fauna.	34
4.2. Análisis de los componentes, recursos o áreas relevantes y/o críticas.....	37
4.3. Identificación de los componentes ambientales críticos del sistema de funcionamiento regional.	43
5.- IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIADAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL ADOPTADAS.....	49
5.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO.....	60
5.2 CONCLUSIONES.	71

1.- Presentación

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes presenta Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, con fundamento en el Artículo 11, fracción I del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Asimismo se incluyen el análisis y evaluación de los impactos ambientales derivados del cambio de uso del suelo de vegetación forestal para una superficie de afectación de 124.03 Ha, de acuerdo a lo dispuesto por los Artículos 28 fracción VII de la LGEEPA y 5 inciso O) de su Reglamento en en materia de Evaluación del Impacto Ambiental para el proyecto **Ampliación del ancho de corona de 7 a 21 m del tramo Imuris–Cananea de la carretera Imuris-Agua prieta en el Estado de sonora (77Km).**

La obra corresponde a la modernización de la carretera federal No. 002 tramo “Imuris – Cananea”. Esto es del Km. 0+000 al 77+000. Actualmente esta vía de comunicación es de dos carriles de circulación, uno para cada sentido. La modernización que se plantea implica la construcción de una segunda cinta asfáltica a la derecha (al sur) del cuerpo actual y a la izquierda (al norte) se requiere de una ampliación del cuerpo actual. Todo ello dentro del derecho de vía actual.

De esta manera la carretera ha de cumplir con 21 m de ancho de corona, como un camino Tipo A4S, de acuerdo con la clasificación de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Contará con las siguientes características: ancho de calzada de 7 m en cada sentido, ancho de corona de 10.50 m, en cada cuerpo, 2 acotamientos 1.00 m. en el interior y 2.50 m en el exterior. La velocidad máxima será de 110 Km./h. La pendiente gobernadora es del 4% y la curvatura máxima considerada es de 6°.

2.- Ubicación del proyecto.

El tramo se localiza en el Estado de Sonora implicando tres municipios: Imuris, Santa Cruz y Cananea y las localidades, para el Municipio de Imuris, Los Alisos, Cocospera, San Rafael, Ojo de agua, El Puertón, Ricardo Moreno y El Jacalito. En el tramo que corresponde al municipio de Santa Cruz no hay localidades próximas y, para Cananea, se pasa por “Los Campitos”.

Los tramos, por municipio, son los siguientes:

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Cadenamiento	Entidad	Municipio
0+000 al 49+490	Sonora	Imuris
49+490 al 51+500	Sonora	Santa Cruz
51+500 al 77+000	Sonora	Cananea

Coordenadas geográficas y/o UTM

Las coordenadas UTM, Datum WGS 84 extremas del proyecto son:

Inicio Imuris (Km.000+000) X=482,350, Y=2,101,876 y, el cierre en Cananea (Km. 77+000) X=497,212 y Y=2,093,286. Lo anterior se muestra en el siguiente mapa:



AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE CORONA DE 7 A 21 M DEL TRAMO IMURIS-CANANEA DE LA CARRETERA IMURIS-AGUA PRIETA EN EL ESTADO DE SONORA (77KM).

La longitud total del proyecto es de 77 Km. el derecho de vía tiene una amplitud de 40 m, es decir que implica una superficie total de 308.19 Ha. De éstas, 77.00 Ha están ocupadas actualmente por la carretera existente. La obra de modernización incrementará la superficie de ocupación del derecho de vía en 230.98 Ha. Lo cual implica que, la superficie del derecho de vía será completamente utilizada por el proyecto.

La carretera modernizada tendrá especificaciones de un camino Tipo A4S de acuerdo con la clasificación de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.). Contará con las siguientes características: ancho de calzada de 7 m de cada sentido, ancho de corona de 10.50 m, en cada cuerpo, 2 acotamientos 1.00 m. en el interior y 2.50 m en el exterior respectivamente. La velocidad máxima será de 110 Km/h; la carretera tendrá una pendiente gobernadora del 4% y una curvatura máxima de 6°. Se presenta, a continuación, una tabla que muestra un resumen de las variaciones relevantes que se pretenden con la modernización de la carretera federal 002 en el tramo Imuris-Cananea.

COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL CONTRA LA MODERNIZADA.

Características	Sección actual	Sección a modernizar
Carretera tipo	Un cuerpo de 2 carriles	Dos cuerpos de dos carriles cada uno sección tipo A4S
Velocidad máxima	60-70 Km./h	110 Km./h
Ancho de corona	7 m	21.00 m
Ancho de calzada	7 m	14 m

Características	Sección actual	Sección a modernizar
Acotamientos	0.0 m	2 – uno de 2.5 m exterior y 1.0 m interior.
TDPA*	5,650 Veh./d	10,200 Veh./d
Espesor de la superficie de rodamiento	0.08 m	0.10 m
Pendiente gobernadora	4.00 %	4.00 %

*Fuente: TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual) de los datos viales de la SCT, 2009 y proyección propia a 20 años.

El proyecto es necesario debido a los problemas actuales que se derivan del tránsito vehicular que ocurre por el tramo y que tiene, en su composición vehicular, un alto porcentaje de vehículos Tipo C, camiones de carga y tractocamiones.

Esta es, actualmente, una carretera de un carril por sentido y sinuosa debido a la topografía montañosa del sitio. Esta vía mantiene un crecimiento de tránsito continuo ya que conecta dos importantes ciudades del norte del Estado de Sonora: Imuris y Cananea con el Eje Carretero México – Nogales.

3.- Vinculación jurídica.

Desde la perspectiva jurídica se realizó la vinculación y se estableció la congruencia del proyecto con las pautas y estrategias de los diferentes instrumentos normativos y de planeación vigentes que aplican al proyecto por su localización en el Sistema

Ambiental Regional (SAR) y, específicamente, para aquellos en los que se amplía la carretera.

Las obras de modernización se desarrollarán en los municipios de Imuris, Santa Cruz, y Cananea. El Sistema Ambiental Regional delimitado incluye, el municipio de Nogales y de manera marginal los municipios de Cucurpe y Magdalena de Kino. De estos dos últimos no se realizó la vinculación jurídica puesto que abarcan una superficie mínima del SAR delimitado y dado que el trazo de modernización carretero no incide en ellos.

Para la realización de la vinculación se consultaron fuentes de información de los ámbitos federal, estatal y municipal que tienen incidencia en el área de intervención del proyecto. El objetivo central de este análisis es el de conocer y cumplir lineamientos que deberán ser observados para la ejecución de la modernización de la carretera federal N° 002 en su tramo Imuris-Cananea, en el Estado de Sonora, así como asegurar que no exista interferencia con planes y programas en materia ambiental y demás disposiciones que resulten aplicables.

De lo anterior, se determinó que el proyecto es congruente con los programas sectoriales de orden federal, estatal y municipal, y da cumplimiento a las disposiciones normativas aplicables, de acuerdo con el siguiente resumen:

**RESUMEN DE LAS DISPOSICIONES JURÍDICAS AMBIENTALES DE LOS TRES NIVELES DE GOBIERNO
VINCULADAS CON EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN CARRETERO Y PROPUESTAS DE
CUMPLIMIENTO.**

Disposición Normativa	Cumplimiento
Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012	El proyecto de modernización carretero ampliará la infraestructura existente, mejorará la conectividad entre ciudades de Sonora, con Chihuahua y la frontera sur de EE.UU., ampliará la capacidad vial actual, generará empleos, facilitará el acceso a mercados regionales, nacionales e internacionales, disminuirá accidentes carreteros, dará mayor seguridad a los usuarios, y aumentará la calidad en el servicio carretero.
Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012	La modernización carretera elevará el nivel de servicio actual a los requerimientos y normas de la SCT vigentes, resolverá los problemas de baja capacidad en el volumen de tránsito actual y de accesos irregulares, y fortalecerá el comercio y el traslado de productos, servicios y personas.
Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012	Con el proyecto de modernización carretera se cumplirá con el ancho de corona para tener especificaciones de un camino Tipo A4S, con ello se mejorará la comunicación interregional, el flujo vehicular y las condiciones viales, y se reducirá el índice actual de accidentes.
Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2009-2015	La modernización de la carretera favorecerá el desarrollo de la región.
Plan Municipal de Desarrollo 2010-2012 de Nogales	El proyecto de modernización carretero ampliará la infraestructura para facilitar el acceso a mercados regionales, nacionales e internacionales, dará fluidez y seguridad al tránsito vehicular, generará empleos y aumentará la competitividad económica y la calidad de vida de la sociedad.

Disposición Normativa	Cumplimiento
Plan Municipal de Desarrollo 2010-2012 Santa Cruz	La ampliación de la infraestructura carretera existente mejorará la infraestructura de comunicaciones del municipio.
Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal	No existe un programa de ordenamiento ecológico a nivel del Estado que se encuentre publicado y vigente que resulte aplicable al proyecto de modernización carretera.
Áreas Naturales Protegidas	No existen áreas naturales protegidas en el SAR, por lo que este instrumento no resulta aplicable al proyecto de modernización carretera.
Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	Instrumento no regulatorio. El SAR y el proyecto de modernización carretera cruzan el RTP Cananea – San Pedro. El proyecto no impactará el RTP pues se realizará sobre el derecho de vía existente en menos de 25 Km. de los de los 77 Km. de modernización del tramo carretera Imuris-Cananea.
Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	Instrumento no regulatorio. El SAR y el proyecto de modernización abarcan parte de la RHP Subcuencas de los ríos San Pedro y Santa Cruz. El proyecto no impactará la RHP pues se realizará sobre el derecho de vía existente, lo que representa un área mínima de esta RHP que cuenta con una extensión de 2,810.66 km ² .
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)	Instrumento no regulatorio. El SAR y el proyecto de modernización se ubican en el AICA Sistema de Sierras de la Sierra madre Occidental. El proyecto no impactará el AICA pues se realizará sobre el derecho de vía existente y no interrumpirá el corredor entre sierras debido a que los cortes que se realicen para la modernización carretera no afectarán las partes más elevadas de las sierras, razón por la cual las cimas de las montañas se conservarán.

Disposición Normativa	Cumplimiento
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental</p>	<p>El proyecto corresponde al rubro <u>vías generales de comunicación</u>. Se solicita una autorización de impacto ambiental y en cumplimiento se presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional.</p>
<p>Ley General de Vida Silvestre (LGVS)</p>	<p>Con el proyecto de modernización carretero no se realizarán aprovechamientos de flora o fauna silvestre. Como el proyecto generará impactos sobre individuos de especies silvestres, se aplicarán medidas de mitigación que minimicen los impactos y beneficien a la flora y fauna local, para cumplir así con lo dispuesto en la LGVS.</p>
<p>Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal</p>	<p>La SCT realiza la planificación de esta obra y llevará a cabo la inspección y delimitación durante la construcción. Las obras de modernización de la carretera se realizarán sobre el derecho de vía, por lo cual no habrá expropiaciones.</p>
<p>Ley Agraria</p>	<p>La ampliación de la carretera se realizará sobre su derecho de vía. No aplica.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento</p>	<p>Una vez autorizada esta MIA-R, se presentará el ETJ ante la autoridad federal competente con el fin de que se autorice el cambio de uso de suelo con vegetación forestal. Se aplicarán, durante la ejecución del cambio de uso de suelo, las directrices que establezca el resolutivo obtenido en esta materia bajo lo indicado en el ETJ. Las obras no iniciarán hasta contar con estas autorizaciones.</p>
<p>Normas Oficiales Mexicanas (NOM)</p>	<p>CONTAMINACIÓN DEL AGUA NOM-001-SEMARNAT-1996. El proyecto no prevé descargas de aguas residuales. Se usarán sanitarios</p>

Disposición Normativa	Cumplimiento
	<p>portátiles.</p> <p>NOM-002-SEMARNAT-1996. El proyecto no genera descargas al sistema de alcantarillado. Los trabajadores serán de la zona por lo que las descargas serán las mismas a las que ocurren actualmente.</p> <p>CONTAMINACIÓN DEL AIRE</p> <p>NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-050-SEMARNAT-1993. La maquinaria dedicada a la industria de la construcción queda exenta de su cumplimiento.</p> <p>RESIDUOS PELIGROSOS</p> <p>NOM-052-SEMARNAT-2005. El promovente vigilará que el contratista cumpla la normatividad. Los residuos se entregarán semanalmente a una empresa certificada para su correcto manejo y disposición final. En caso de derrame accidental el contratista será responsable y actuará de inmediato. Al frente de la obra habrá un técnico que reconozca los residuos peligrosos y vigile su disposición adecuada.</p> <p>CONTAMINACIÓN POR RUIDO</p> <p>NOM-080-SEMARNAT-1994. Se exceptúa del cumplimiento al equipo destinado a las actividades de construcción.</p> <p>CONTAMINACIÓN DEL SUELO</p> <p>NOM-138-SEMARNAT//SS-2003</p> <p>El promovente verificará que los transportes utilizados para el trasvase no tengan fuga y, en caso de derrame accidental fuera de la línea de ceros, durante la colocación de la liga asfáltica se procederá de acuerdo a la norma.</p>

Disposición Normativa	Cumplimiento
	<p>RECURSOS NATURALES</p> <p>NOM-005-SEMARNAT-1997. No es de observancia obligatoria para esta obra, debido a que no se realizará aprovechamiento forestal. Se recuperarán juveniles, y se recuperara germoplasma previo al desmonte, estos se utilizarán para obras de reforestación. El transporte de madera se realizará de acuerdo a las especificaciones del resolutivo en materia de cambio de utilización de terrenos forestales.</p> <p>NOM-007-SEMARNAT-1997. No se realizará el aprovechamiento ni comercialización de plantas completas o sus partes. Como parte del programa de protección, rescate y recuperación de la vegetación, se contempla el rescate, recolección de semilla y germoplasma, así como el trasplante de ejemplares.</p> <p>ESPECIES EN RIESGO</p> <p>NOM-059-SEMARNAT-2001. Se realizará rescate y reubicación de individuos de especies en riesgo, y se construirán pasos de fauna en la modernización carretera para disminuir el impacto en sus rutas de movimiento.</p>

4.- Delimitación y aspectos relevantes del Sistema Ambiental Regional (SAR).

De acuerdo con la regionalización realizada por la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), el proyecto carretero se ubica en la provincia biogeográfica Sonorense (CONABIO 1997). Esta provincia se caracteriza por una amplia gama de asociaciones de especies vegetales, cuya principal característica es la dominancia de formas de vida arbustivas con adaptaciones al xeromorfismo, es decir, a la dualidad de bajos niveles de precipitación pluvial con altas temperaturas ambientales. Sin embargo, a lo largo de la Provincia existen otros tipos de vegetación, cuya distribución está estrechamente relacionada con los cambios en la topografía y el incremento en la elevación del terreno —que propician condiciones excepcionales de humedad.

4.1.- Criterios para la definición del Sistema Ambiental Regional.

El concepto de Sistema Ambiental Regional (SAR) puede tener diversas connotaciones. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, este puede definirse como *“El espacio geográfico conformado por un ecosistema o conjunto de ecosistemas, comprendidos como unidades funcionales, cuya interacción comprende los subsistemas culturales, económicos y sociales”*, (SEGA 2010).

Para efecto de la delimitación del sistema ambiental regional existen diversos criterios y metodologías aplicadas tales como:

1. Por ecosistemas homogéneos.
2. Por zonificaciones de instrumentos de política ambiental (UGA´s) en caso de que existan programas de ordenamientos ecológicos.

3. Por los límites de usos del suelo existentes y el avance de fronteras de perturbación antrópica.
4. Por el comportamiento del patrón hidrológico superficial en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.
5. Por el alcance del efecto de un impacto ambiental significativo o relevante.

Para la delimitación del Sistema Ambiental Regional del proyecto de modernización del tramo carretero Imuris-Cananea, nos basamos en la identificación de espacios naturales y/o antrópicos, principalmente en función del relieve (topografía) y escorrentía, ya que en esta región seca del país son los principales factores que establecen el patrón de distribución y las características de la cobertura vegetal. A su vez, las características de la vegetación de una determinada región, moldean la distribución y la abundancia de las especies de fauna, así como de las interacciones ecológicas, que en conjunto promueven el correcto funcionamiento de los ecosistemas.

Para delimitar el SAR se tomó en cuenta la naturaleza del proyecto y la interacción que este tendrá con procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos regionales, y para ello fue necesaria la creación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) base —empleando el software ESRI ArcGIS 9.3—, proyectado en coordenadas de la Universal Transversa de Mercator Zona 12 Norte (UTM Z12 N), conteniendo los conjuntos vectoriales de INEGI escala 1:1,000,000 correspondientes al Estado de Sonora, sus municipios, localidades, principales vías de comunicación, así como la carta topográfica del Estado, escala 1:1,200,000 en formato raster.

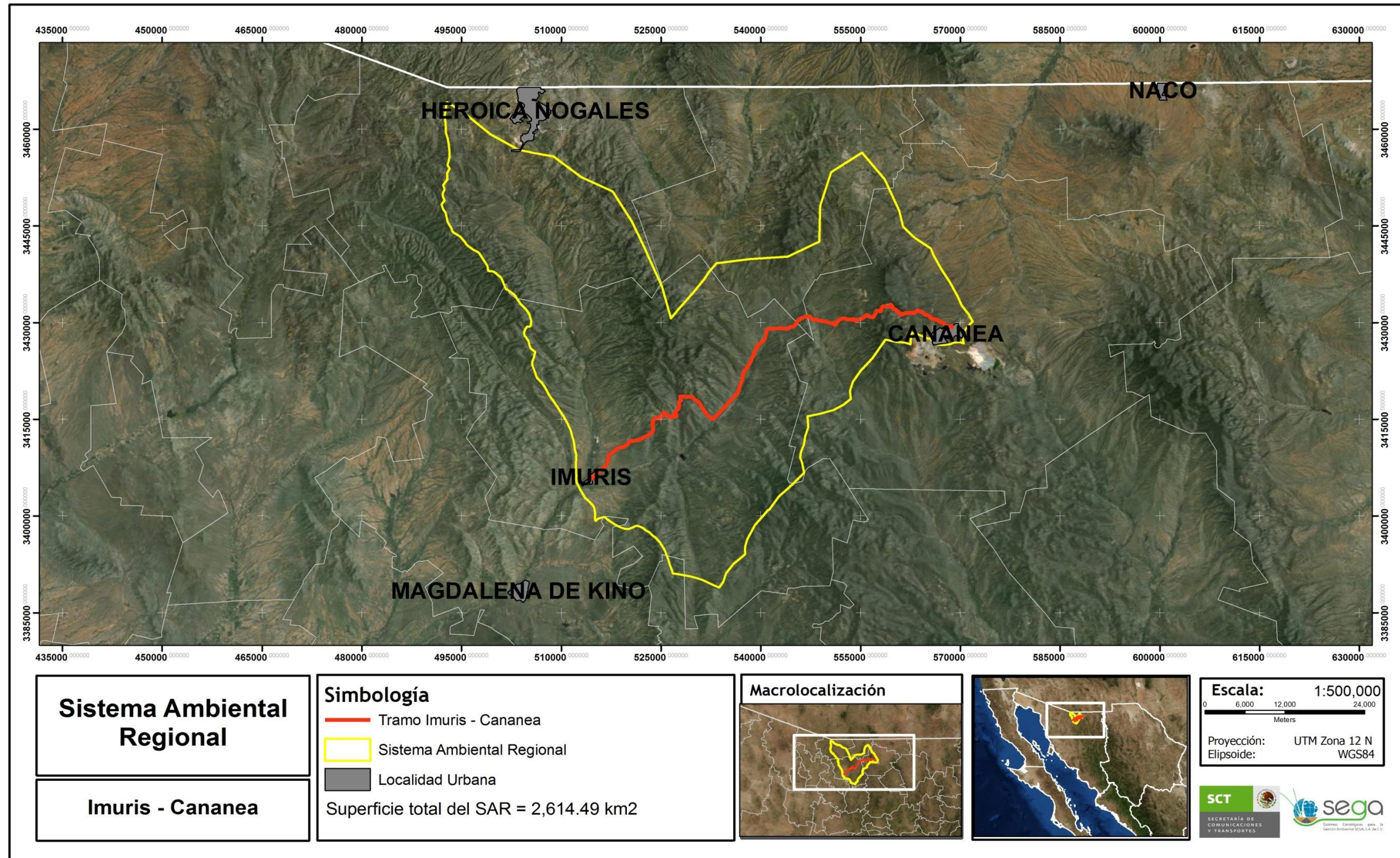
Al SIG base se le fueron incorporando las diferentes capas de información y la evaluación para la definición del SAR se realizó mediante el proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales sobre vectores en el SIG.

Con la información antes mencionada, y mediante la sobreposición de mapas con ayuda del programa ArcMap 9.3, se realizó la delimitación del SAR, tomando como principales criterios: los tipos de vegetación, la hidrología y la geomorfología (en la conformación de cuencas y subcuencas) y las barreras físicas.

Como resultado del análisis se obtuvo lo siguiente:

1. Delimitación del SAR a partir de la distribución de los principales tipos de vegetación.
2. Delimitación del SAR a partir de la Hidrología y Geomorfología.
3. Delimitación del SAR a partir de Barreras Físicas.

El polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR) propuesto se localiza en la porción norte del Estado de Sonora, en las regiones fisiográficas Sierra Madre Occidental y Sierras y Llanuras del Norte, y cuenta con una superficie de 261,449.762 Ha, en los municipios de Nogales, Imuris, Santa Cruz, Cananea, y marginalmente, Magdalena de Kino y Cucurpe, quedando de la siguiente manera:



SAR DEFINIDO PARA EL TRAMO "IMURIS-CANANEA".

AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE CORONA DE 7 A 21 M DEL TRAMO IMURIS-CANANEA DE LA CARRETERA IMURIS-AGUA PRIETA EN EL ESTADO DE SONORA (77KM).

De acuerdo al polígono determinado del SAR, este no se encuentra ni limita con Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal ni estatal. Sin embargo, tomando en cuenta los ejercicios de regionalización llevados a cabo por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), el SAR sí está comprendido o limita con las siguientes regiones prioritarias o de importancia para la biodiversidad.

MEDIO FÍSICO.

Se describe el medio físico; tipos de clima, precipitación y eventos extremos, vientos dominantes (dirección y velocidad), calidad atmosférica de la región, geología y geomorfología, características litológicas del área, características geológicas, características geomorfológicas y de relieve más importantes, suelos y sus grados de erosión así como la hidrología superficial y subterránea.

A continuación se presenta una Tabla en la que se resume la descripción de los principales factores abióticos del SAR y se menciona su importancia en los procesos ambientales a escala regional.

Factor abiótico	Descripción	Importancia/proceso
Clima	El clima semiseco templado es el que mayor superficie ocupa, teniendo mayor ocurrencia al norte y este del SAR, el clima semiseco semicálido y seco semicálido, tiene presencia principalmente en las márgenes de los arroyos, o	Uno de los factores más importantes en la distribución y establecimiento de los ecosistemas es el clima. El SAR cuenta una riqueza de ecosistemas bien definidos, los cuales están íntimamente relacionados con el clima, particularmente con las diferencias de

Factor abiótico	Descripción	Importancia/proceso
	zonas más bajas.	temperatura y humedad.
Aire	Los vientos en el SAR son originados por su cercanía con el océano pacifico ya que la diferencia de temperatura entre la tierra y el mar crean movimientos de convección en el aire, la tierra se calienta más rápido por lo que las capas de aire en contacto con el suelo se dilatan y ascienden siendo sustituido por aire frío del mar.	Uno de los procesos más importantes dentro del SAR es el que involucra a los vientos provenientes del golfo de California, ya que estos vientos vienen cargados de humedad, que al interactuar con el sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental, se produce una descarga de gran parte de su humedad en forma de precipitación.
Geología	Los tipos de material que predominantes son Conglomerados, rocas ígneas, y las asociaciones de Arenisca-Conglomerado y Lutita- arenisca.	Dentro de SAR hay distintos tipos de suelos formados por diversos factores de intemperización como: erosión, congelamiento y fusión del agua, calentamiento y enfriamiento, que disgregan lentamente la roca hasta convertirse en suelo.
Suelo	El SAR presenta diferentes tipos de suelo: Cambisol, Feozen, Vertisol, Xerosol, Yermosol, Regosol y Litosol, siendo estos dos últimos los que ocupan una mayor superficie en el SAR, y por tanto, los que tienen una mayor probabilidad de riesgo de erosión.	La erosión eólica e hídrica son los principales procesos que afectan el suelo este factor ya que se tiene reportado dentro del SAR que en las partes más altas y abruptas se tiene una pérdida de suelo de más de 200 toneladas por hectárea por año, debido a la erosión hídrica, pero también debido a los distintos tipos de suelos y a la baja cubierta vegetal en algunas zonas, se tiene una alta perdida de material por causas de la erosión eólica.
Hidrología	El SAR presenta una complicada red de drenaje superficial intermitente, moldeado principalmente por la topografía de la zona. Además se pueden observar dos corrientes bien definidas (Río Bambuto y Río	El agua es uno de los factores ambientales determinantes en el SAR, pues en esta zona del país, la distribución de la vegetación, así como de la fauna e incluso de los asentamientos humanos están estrechamente relacionados con la

Factor abiótico	Descripción	Importancia/proceso
	Milpillitas) que colectan todos los escurrimientos de las partes altas, y funcionan como desagüe de las subcuencas Camaguito y Río Babasac.	disponibilidad del recurso. El cambio de uso de suelo y la pérdida de la cubierta vegetal, son factores que han propiciado el arrastre de sedimentos y provocado el asolvamiento de pequeñas presas que son empleadas para el control de las avenidas, riego y abrevaderos. Adicionalmente, existe contaminación de ríos por descargas domiciliarias en los núcleos poblacionales, y por los procesos de explotación y transformación de la industria minera.

MEDIO BIÓTICO.

a) Vegetación.

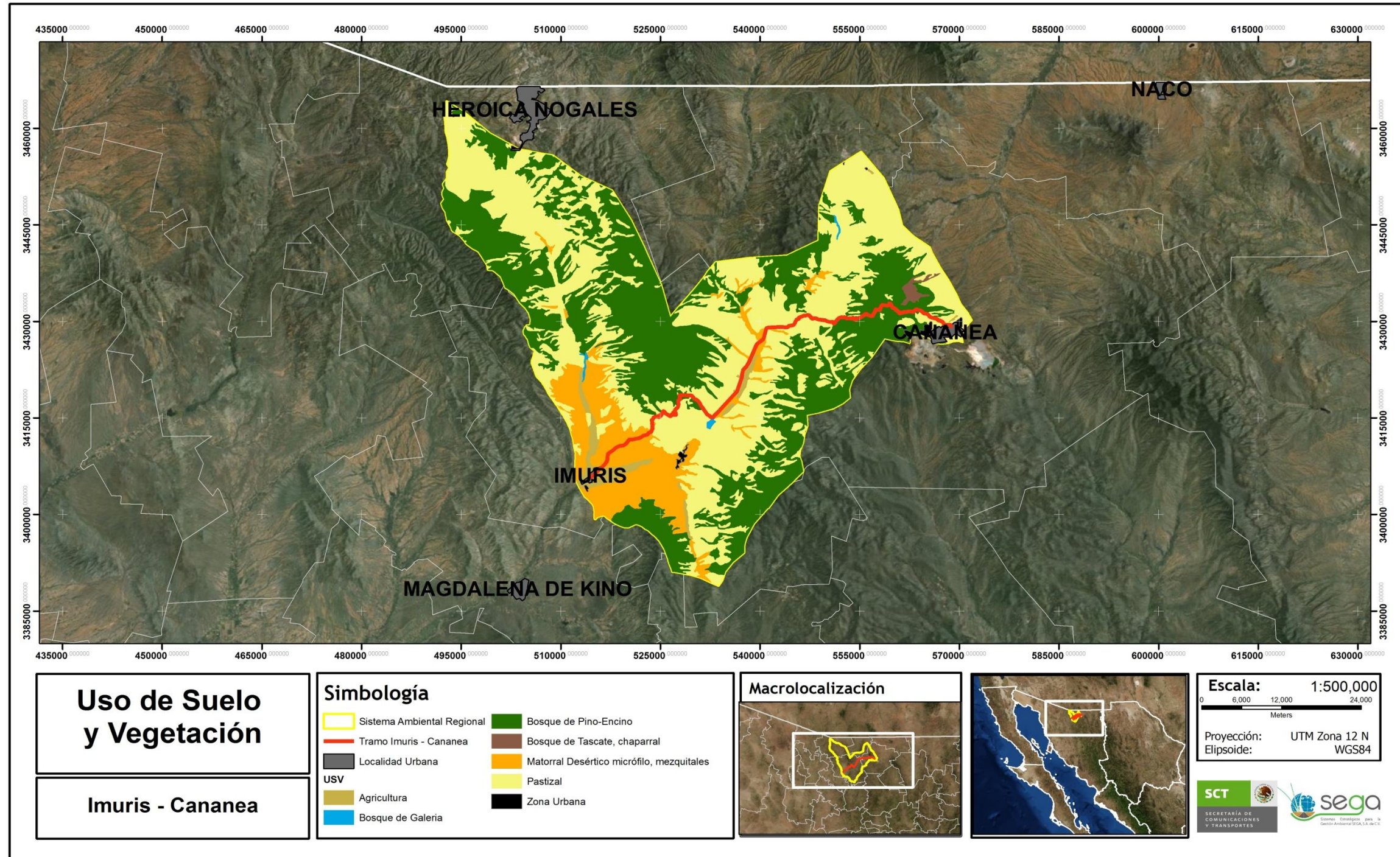
Por la convergencia e influencia de las regiones fisiográficas de la Sierra Madre Occidental, y el altiplano mexicano, en el SAR existen formaciones montañosas de orígenes volcánicos, extensos valles y abruptos cambios de la elevación, que crean condiciones propicias para generar un amplio mosaico de asociaciones vegetales (Shreve 1951). Estas características orográficas, de gradiente altitudinal y la exposición de las laderas de las montañas que la circundan, originan una diversa composición vegetal a nivel del SAR, que van de los matorrales desérticos, las praderas y pastizales a los bosques de pino y encino, estos últimos conocidos como bosques madreños (Martínez-Yrizar, Felger y Búrquez 2010). Los promontorios elevados abruptos han dado lugar a las llamadas Islas del Cielo (Sky Islands) o

Archipiélago Madreño (Fishbein *et al.* 1994), albergan comunidades vegetales de clima templado a frío con bosques de pinos y encinos, y praderas que emergen entre amplias extensiones de llanuras y lomeríos suaves, que dependiendo del gradiente altitudinal, pueden estar cubiertos de pastizales o matorrales desérticos (Marshall 1957).

Las principales asociaciones vegetales y usos de suelo identificados en el SAR se agruparon de acuerdo a similitudes en la composición de especies y de las condiciones físicas del ambiente en el que se desarrollan, obteniendo las unidades que se muestran en la siguiente Tabla:

1. Región templada y fría, Bosques madreños	
<i>Tipo de asociación vegetal</i>	<i>Unidades ambientales</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bosque de Encino</i> ▪ <i>Bosque de Pino-Encino</i> ▪ <i>Bosque de Pino</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bosque de Pino-Encino</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bosque de Tásate, chaparral</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Bosque de Tásate, chaparral</i>
2. Región desértica y semidesértica	
<i>Tipo de asociación vegetal</i>	<i>Unidades ambientales</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Matorral desértico micrófilo, mezquiales</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Matorral desértico micrófilo,</i>
3. Región de valles y ribereña	
<i>Tipo de asociación vegetal</i>	<i>Unidades ambientales</i>

<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Pastizales</i>▪ <i>Bosque de Galería</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ <i>Pastizales</i>▪ <i>Bosque de Galería</i>
--	--



UNIDADES AMBIENTALES EN EL SAR

AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE CORONA DE 7 A 21 M DEL TRAMO IMURIS-CANANEA DE LA CARRETERA IMURIS-AGUA PRIETA EN EL ESTADO DE SONORA (77KM).

b) Unidades de ambientales.

1.- Región templada y fría, bosques madrenses.

Esta región se ubica en las partes montañosas, laderas de cerros, cumbres y lomeríos. Agrupa a las comunidades de bosques templados, principalmente a los encinares, los bosques de pino-encino y los bosques de coníferas. Se presentan en las zonas frías donde inicia la Sierra Madre Occidental. Estas comunidades arbóreas poseen una flora distintiva donde las plantas herbáceas (anuales y perennes) llegan a formar un denso y variado sotobosque (Van Devender *et al.* 2005), y los elementos conspicuos son los pinos, en conjunto con los encinos (Felger *et al.* 2001).

Bosque de encino: comunidad arbórea dominada por especies del género *Quercus*. Se localiza principalmente en lomeríos bajos, faldas y partes medias de montañas, hasta el límite superior donde se transforma en un bosque mixto de pino y encino. En las partes bajas colinda con pastizal natural o matorrales desérticos. En las faldas de los cerros, los árboles —que no sobrepasan los 7 m pero mantienen copas muy desarrolladas— se distribuyen en bajas densidades y se mezclan con pastizales dominados por gramíneas.

Características promedio de los elementos dominantes en el Bosque de Encino:

Espece o grupo taxonómico dominante	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
<i>Quercus spp.</i>	Estrato vegetal que comprende elementos arbóreos los cuales representan entre el 40 y 60 % de la cobertura	1 - 7
<i>Juniperus coahuilenses</i>		1 - 4
<i>Prosopis velutina</i>		1 - 3.5

Vegetación arbustiva	3 - 5	0.50 - 3
Vegetación herbácea	1 - 3	0.15 – 1.5
Pastos	30 - 50	0.10 - 0.70
Suelo desnudo	2 - 6	

Bosque de Pino-Encino: comunidad vegetal con especies codominantes del género *Quercus* y *Pinus*, cuya proporción varía de un sitio a otro y con individuos que pueden alcanzar hasta los 25 metros. Este bosque se distribuye en la franja media de las montañas, colindando en la parte superiores con el bosque de Pino y en límite inferior con el Encinar. Fisonómicamente las especies dominantes son el pino piñonero (*Pinus discolor*), pino chimonque (*Pinus leiophylla var. chihuahuana*), pino real (*Pinus engelmannii*), pino blanco (*Pinus strobiformis*), pino blanco (*Pinus arizonica*), encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellotero (*Quercus emoryi*), encino blanco (*Quercus hypoleucooides*). Entre las especies arbóreas de menor talla se registraron el táscate (*Juniperus deppeana*), el madroño (*Arbutus arizonica*) y el fresno (*Fraxinus velutina*). En el sotobosque se encuentra la manzanita (*Arctostaphylos pungens*), saladito (*Rhus trilobata*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), *Cercocarpus breviflorus*, corona de indio (*Ceanothus fendleri*), y *Garrya wrightii*. Las herbáceas como la verbena (*Verbena plicata*), *Astragalus sp.*, *Cologania lemmoni*, tomatillo (*Physalis hederiaefolia*), *Stevia serrata* y los pastos como el zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate lobo (*Lycurus phleoides*), zacate de toro (*Muhlenbergia emersleyi*), liendrilla de la montaña (*Muhlenbergia montana*), forman el estrato rasante.

Características promedio de los elementos dominantes en el Bosque de Pino-Encino:

Especie o grupo taxonómico dominante	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
<i>Pinus spp.</i>	Estrato vegetal que comprende elementos arbóreos los cuales representan el 20 – 40 % de cobertura	2 – 25
<i>Quercus spp.</i>		2 - 15
<i>Arbutus arizonica</i>		1 - 7
<i>Juniperus deppeana</i>		1 - 4
<i>Fraxinus velutina</i>		1 - 10
Vegetación arbustiva	3 - 5	0.20 - 1
Vegetación herbácea	5 – 6	0.15 – 1.5
Pastos	2 - 4	0.10 - 0.70
Suelo desnudo	5 - 20	

Bosque de Táscate-Chaparral: corresponde a una comunidad de bosque abierto y de bajo porte (no mayor a los 5 m), en donde el elemento dominante es el táscate. Se distribuye en lomeríos y mesas de media altura, con pendientes suaves. Los árboles más comunes son el táscate (*Juniperus coahuilensis*), encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellotero (*Quercus emoryi*), bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*) mezquite (*Prosopis velutina*). Un estrato de menor altura lo conforman es el dátil (*Yucca arizonica*), manzanita (*Arctostaphylos pungens*), saladito (*Rhus trilobata*), *Cercocarpus breviflorus*, corona de indio (*Ceanothus fendleri*), *Garrya wrightii*, mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), tarachique (*Dodonaea viscosa*), palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasylyrion wheeleri*), lechuguilla (*Agave palmeri*), cósahui del norte (*Calliandra eriophylla*). Entremezclada y a manera de mogotes se distribuyen los

pastos como el banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita morada (*Bouteloua chondrosioides*), navajita común (*Bouteloua gracilis*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), tres barbas (*Aristida adscensionis*), zacate araña (*Asistida ternipes*), zacate galleta (*Hilaria belangeri*), zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), y el zacate gigante (*Leptochloa dubia*).

Características de los elementos dominantes en el Bosque de Tásate-Chaparral:

Especie o grupo taxonómico dominante	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
<i>Juniperus coahuilensis</i>	Estrato vegetal que comprende elementos arbóreos y arbustivos los cuales representan el 25 - 45 % de cobertura.	1 – 5
<i>Quercus spp.</i>		1 - 5
<i>Prosopis velutina</i>		1 - 3.5
<i>Arctostaphylos pungens</i>		1 - 2
<i>Rhus trilobata</i>		1 - 2
<i>Cercocarpus breviflorus</i>		0.90 - 2.00
Vegetación herbácea	5 - 8	0.20 - 1
Pastos	5 - 10	0.15 – 0.50
Suelo desnudo	45 - 60	

Bosque de Pino: comunidad vegetal cuya masa forestal está conformada predominantemente por especies del género *Pinus*, los cuales se desarrollan en cañadas sombreadas o en las cimas de las sierras, alcanzando tallas de hasta los 25 metros. Este bosque limita a menor altitud con el Bosque de Pino-Encino. Fisonómicamente las especies dominantes son el pino piñonero (*Pinus discolor*), pino chimonque (*Pinus leiophylla var. chihuahuana*), pino real (*Pinus engelmannii*), pino blanco (*Pinus strobiformis*), pino blanco (*Pinus arizonica*). En menor dominancia

comparte con el táscate (*Juniperus deppeana*), el nogal (*Juglans major*), algunos encinos (*Quercus spp.*) y en lugares más sombreados y fríos crece el pinabete (*Pseudotsuga menziesii*) y el álamo temblón (*Populus tremuloides*). En el estrato arbustivos observamos a las especies manzanita (*Arctostaphylos pungens*), saladito (*Rhus trilobata*), *Cercocarpus breviflorus*, corona de indio (*Ceanothus fendleri*), *Garrya wrightii*, tarachique (*Dodonaea viscosa*), palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasyllirion wheeleri*). En el estrato inferior prosperan los pastos de los géneros *Muhlenbergia spp.*, y *Panicum spp.* entre otros.

Características promedio de los elementos dominantes en el Bosque de Pino

Especie o grupo	Cobertura (%)	Rango de altura
<i>Pinus spp.</i>	Estrato vegetal que comprende elementos arbóreos los cuales representan el 22 – 40 % de cobertura	2 - 25
<i>Quercus spp.</i>		2 - 15
<i>Juglans major</i>		1 - 7
<i>Populus tremuloides</i>		1 - 4
<i>Pseudotsuga menziesii</i>		1 - 10
Vegetación arbustiva	3 - 5	0.20 - 1
Vegetación herbácea	4 – 6	0.15 – 1.5
Pastos	2 - 4	0.10 - 0.70
Suelo desnudo	4 - 20	



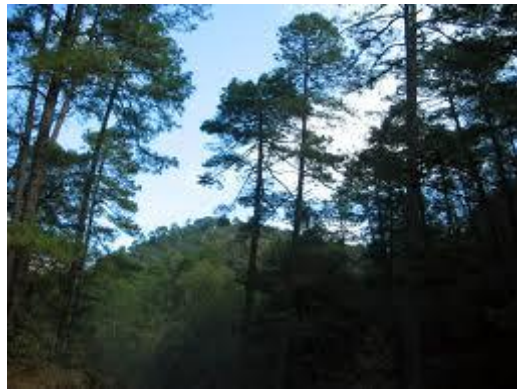
Bosque de Encino



Bosque de Pino-Encino



Bosque de Táscate-Chaparral



Bosque de Pino

PANORÁMICAS DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA REGIÓN TEMPLADA Y FRÍA.

2.- Región desértica y semidesértica.

Esta unidad se distribuye en las partes de bajadas de cerros y laderas bajas soleadas, y botánicamente corresponde a una mezcla entre los elementos vegetales del desierto sonorense y el matorral micrófilo y espinoso (Felger y Lowe 1976; Turner y Brown 1982; Búrquez *et al.* 1999). Se extiende hacia el norte y a lo largo del límite este del Desierto Sonorense y en las laderas de los cerros y sitios de mayor altitud de las Planicies de Sonora. Representa la transición entre la vegetación del Desierto

Sonorense y el bosque tropical caducifolio del flanco occidental de la Sierra Madre Occidental (Búrquez *et al.* 1999). Constituye un matorral arbustivo o semi-arborescente muy diverso, de origen tropical y espinoso (Felger 2000). Entremezclado podemos encontrar manchones de desierto crassicaule, con plantas suculentas de tallos gruesos, entre los que destacan el Sahuaro (*Carnegiea gigantea*); una cactácea columnar de gran porte (Búrquez *et al.* 1999).

Matorral desértico micrófilo con elementos crassicaule y mezquिताles: esta vegetación se desarrolla principalmente en zonas aluviales, y los elementos dominantes son árboles y arbustos de baja estatura y de hojas pequeñas, así como elementos espinosos. Fisonómicamente dominan las especies gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), mezquite (*Prosopis velutina* y *P. glandulosa* var. *torreyana*), garambullo (*Celtis pallida*). Aunque sobre afloramientos rocosos y suelos delgados —principalmente sobre terrenos ondulados de material granítico— se agrupan especies de cactáceas, como el nopal (*Opuntia spp.*) y sahuaro (*Carnegiea gigantea*). En algunas partes el ocotillo (*Fouquieria splendens*) forma manchones densos, al igual que el sahuaro (*Carnegiea gigantea*). Existen zonas donde la comunidad arbustiva es dominada por el gatuño (*Mimosa dysocarpa*) y mesquitillo (*Mimosa biuncifera*). El mezquitil, consiste en una comunidad altamente representada por individuos de mezquites (*Prosopis velutina* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) jóvenes de tallos de diámetros pequeños y muy ramificados, por efecto del pastoreo del ganado. De hecho se observa de una expansión del mezquitil hacia la zona de pastizales.

Características promedio de los elementos dominantes en el Matorral desértico micrófilo con elementos crassicaule y mezquिताles.

Especie o grupo	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
<i>Prosopis glandulosa</i>		1 - 4
<i>Prosopis velutina</i>		1 - 5
<i>Celtis pallida</i>		1 - 2.5
<i>Fouquieria splendens</i>		0.20 - 40
<i>Mimosa dysocarpa</i>		0.80 - 2.40
<i>Mimosa biuncifera</i>		0.90 - 2.30
Cactáceas	2 - 8	1 - 3
Vegetación herbácea	6 - 8	0.15 - 1.5
Pastos	2 - 4	0.10 - 0.70
Suelo desnudo	55 - 70	



Matorral desértico micrófilo con elementos crassicaule y mezquitales



Matorral desértico micrófilo con elementos crassicaules y mezquitales

PANORÁMICAS DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA REGIÓN DESÉRTICA Y SEMIÁRIDA.

3.- Región de valles y riberas: se ubica en los valles y serranías de la región noreste, donde se presentan temperaturas templadas y frías (por arriba del desierto y los matorrales), en elevaciones de 1,050 a 1,700 m. Este tipo de unidad está delimitada en una mayor altitud por los bosques de encino y de pino-encino, con los que mantiene una estrecha relación (Búrquez *et al.* 1999, Van Devender *et al.* 2005).

En las cañadas, márgenes de ríos y escorrentías se desarrolla un tipo de vegetación preferencialmente arbórea cuya exposición y estructura varía con la altura, la cual puede presentarse desde los 2000 msnm hasta las zonas de valles y matorrales (Garza 1985).

Pastizales: comunidad vegetal que crece regularmente bajo la cota de los encinares, distribuida en las partes de bajadas y valles, sobre laderas de monte y lomeríos suaves, bajíos y planicies con suelos someros a profundos. Incluye la asociación de diferentes especies de gramíneas como elementos dominantes, con alturas que van de los 2 cm hasta 1.5 metros de altura. Las especies más extendidas son el popotillo (*Bothriochloa barbinodis*), banderilla (*Bouteloua curtispendula*), navajita común (*Bouteloua gracilis*), navajita morada (*Bouteloua chondrosioides*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), navajita alacrán (*Bouteloua scorpioides*), zacate araña (*Aristida ternipes*), zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate lagunero (*Chloris virgata*), zacate gigante (*Leptochloa dubia*), zacate galleta (*Hilaria belangeri*). El zacate toboso (*Hilaria mutica*) crece en zonas de bajadas, y en las partes bajas de concentración salina se desarrolla el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), ambos pueden formar manchonesmonoespecíficos ocupando áreas considerables. En esta comunidad, las especies de la familia Asteraceae pueden llegar a ser muy comunes, junto con otras herbáceas y arbustos.

En el interior del pastizal, de manera aislada podemos observar individuos de arboles o arbustos de encino blanco (*Quercus arizonica*) bellota de cochi (*Quercus*

oblongifolia), *Quercus grises*, táscate (*Juniperus coahuilensis*), mezquite (*Prosopis velutina*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), gatuño (*Mimosa dysocarpa*), cósahui del norte (*Calliandra eriophylla*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), *Cowania mexicana*, *Acacia constricta*, lechugilla (*Agave palmeri*), dátil (*Yucca arizonica*) y *Echinocereus rigidissimus*.

Características promedio de los elementos dominantes en Pastizales

Especie o grupo	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
Pastizal	65 - 80	0.20 – 1.50
Vegetación herbácea	5 - 10	0.50 - 1
Suelo desnudo	10 - 30	

Bosque de Galería: consiste en la vegetación ribereña que crece a los márgenes, siguiendo el curso de los ríos, desde partes altas hasta bajas de la cuenca. Regularmente son árboles frondosos con alturas de hasta 20 metros, que sobreviven por la humedad del suelo de las aguas permanentes o intermitentes de los ríos localizados desde las partes medias de la sierra al fondo de los valles. Las especies más conspicuas son el álamo (*Populus fremontii*), álamo temblón (*Populus tremuloides*), sauce (*Salix goodingii*), nogal (*Juglans major*), fresno (*Fraxinus velutina*), aliso (*Platanus wrightii*), palo de azúcar (*Acer grandidentatum*), júcaro (*Alnus oblongifolia*), y el mimbre (*Chilopsis linearis*). En partes altas de la cuenca se puede observar al pinabete (*Pseudotsuga menziesii*).

Características promedio de los elementos dominantes en el *Bosque de Galería*.

Especie o grupo taxonómico	Cobertura (%)	Rango de altura (m)
<i>Populus fremontii</i>	Estrato vegetal que comprende elementos arbóreos representan el 60 - 80 %	8 - 20
<i>Salix goodingii</i>		4 - 15
<i>Juglans major</i>		8 - 20
<i>Fraxinus velutina</i>		4 - 15
<i>Alnus oblongifolia</i>		8 - 20
<i>Acer grandidentatum</i>		8 - 18
Vegetación arbustiva y	15 - 30	1 - 3
Pastos	5 - 8	0.15 - 1.5
Suelo desnudo	2 - 4	



1. Pastizal



2. Bosque de Galería

PANORÁMICAS DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA REGIÓN DE VALLES Y RIBERAS.

c) Especies con alguna categoría de riesgo o protección legal.

De acuerdo con la revisión de la lista anotada de plantas sonorenses de importancia para la conservación propuesta por Van Devender *et al.* (2010), hay siete especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, cuya distribución es potencial dentro del SAR del proyecto; éstas se mencionan a continuación.

- *Echinomastus intertextus* (Amenazada). Ocurre en el sureste de Arizona (Benson, 1982) y en el noreste de Sonora cerca de Agua Prieta.
- *Ferocactus cylindraceus* (Protección Especial). Esta biznaga se distribuye ampliamente en el suroeste de Estados Unidos, Baja California y es común en el noroeste de Sonora (Felger, 2000; Paredes *et al.* 2000).
- *Juglans major* (Amenazada). Árbol común con amplia distribución en hábitats ribereños del noreste de Sonora (Felger *et al.* 2001).
- *Litsea glaucescens* (Peligro de Extinción). Arbusto del bosque de pino-encino en el este de Sonora (Martin *et al.* 1998). Las hojas se usan mucho para el té de laurel y condimento para carne.
- *Olneya tesota* (Protección Especial). Árbol común en el matorral del Desierto Sonorense en un área muy grande del centro y noroeste de Sonora (Felger *et al.* 2001). Se extiende hasta el matorral espinoso en el área de Mazocahui y cerca de Navojoa, al este y sur del Desierto Sonorense, respectivamente. Aunque en algunas áreas del occidente del estado se sobreexplota para producir carbón y tallado de figuras, en general la especie no está sustancialmente amenazada.
- *Peniocereus greggii* (Protección Especial). Hay dos variedades del cactus sarramatraca o reina de la noche en Sonora. *P. g.* var. *Greggii* ocurre en el noreste del estado. Aunque Paredes *et al.* (2000) no reporta localidad, en inventarios posteriores se encontró como localmente común en matorral del

Desierto Chihuahuense y pastizal con mezquite en el área de Agua Prieta, sin amenazas obvias. *P. g. var. transmontanus* tiene una amplia distribución en el Desierto Sonorense del centro y noroeste de Sonora. En el pasado, los tubérculos se colectaban y vendían como medicina, pero actualmente enfrenta pocas amenazas.

- *Pinus flexilis/P. reflexa* (Protección Especial). Los pinos blancos son un grupo de especies emparentadas presentes desde el suroeste de Canadá hasta el norte de Centroamérica (Felger *et al.* 2001). La especie más al norte es *P. flexilis*. Otras sinonimias son *P. flexilis ssp. reflexa* y *P. ayacahuite ssp.* Ocurre en los bosques de las zonas altas de la Sierra Madre Occidental y las Islas Serranas del este y noreste del estado de Sonora (Felger *et al.* 2001).

Es importante resaltar que dentro del derecho de vía, el cual será sujeto de afectación por las obras de modernización de la carretera, no se registró la presencia de ninguna especie de flora incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

d) Fauna.

Debido a la ubicación geográfica y a las características fisiográficas de Sonora, existe una gran variedad de ecosistemas que permiten el desarrollo de una amplia variedad de especies animales.

De manera particular, se decidió utilizar a la fauna representada por los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) como grupo de trabajo sujeto a evaluación en este proyecto, para lo cual se llevó a cabo una revisión bibliográfica y de colecciones científicas, con el fin de compilar listados iniciales de las especies que

potencialmente se distribuyen en el área de estudio y en el sistema ambiental regional del proyecto. Posteriormente se desarrolló el trabajo de campo, cuyos resultados se presentan a continuación.

En este trabajo se registraron 191 especies de fauna silvestre, que representan alrededor del 7.8% del total de vertebrados que alberga México (Ramamoorthy *et al.* 1998; Challenger 1998). Sin embargo, de acuerdo a la literatura y a los registros históricos en bases de datos, esta cifra podría aumentar si consideramos a las especies que potencialmente se distribuyen en el área del trazo carretero, pudiendo llegar a más de 477 especies.

En el SAR se registraron 25 órdenes, 2 subórdenes, 56 familias, 147 géneros y 191 especies de vertebrados terrestres. Los anfibios fueron representados por 5 especies agrupadas en cuatro géneros, tres familias y un orden, los reptiles por 12 especies, en 11 géneros, 4 familias, 2 subórdenes y 3 órdenes, en tanto que los mamíferos por 27 especies mismo número de géneros de 14 familias y seis órdenes. Por último, se registró un total de 147 especies de aves, incluidas en 104 géneros con 35 familias y 15 órdenes.

Con el registro de las 191 especies de vertebrados para la zona, se estimó la proporción de especies por cada grupo, encontrando que el grupo mejor representando fue el de las aves con el 76% de las especies, seguido de los mamíferos y reptiles con el 15% y 6% respectivamente, y con el valor más bajo de especies (3%) el de los anfibios

Tabla resumen de los principales factores bióticos del SAR.

A continuación se presenta una tabla en la que se resumen los principales factores bióticos del SAR y se menciona su importancia en los procesos ambientales a escala regional.

Factor biótico	Descripción	Importancia/procesos
Vegetación	<p>En el SAR, las características orográficas, de humedad, de gradiente altitudinal y la exposición de las laderas de las montañas que la circundan, originan una diversa composición vegetal, que van de los matorrales desérticos, las praderas y pastizales a los bosques de pino y encino, estos últimos conocidos como bosques madreños.</p> <p>Como especies protegidas por la legislación nacional, únicamente se registro al nogal (<i>Juglans major</i>) en la categoría de especie Amenazada.</p>	<p>Los diferentes tipos de vegetación están proveyendo —además de diferentes recursos a los pobladores—, diversos servicios ecosistémicos, tales como captación de agua, mantenimiento de biodiversidad, incluyendo de especies en riesgo, así como la conectividad biológica a nivel regional y hábitat de especies de fauna silvestre.</p>
Fauna	<p>La riqueza de especies de fauna observadas durante el trabajo de campo reportó 191 especies de vertebrados terrestres, de las cuales 5 especies fueron anfibios, 12 reptiles, 27 mamíferos y 147 especies de aves.</p>	<p>Las especies de fauna son parte integral del ecosistema, y participan en distintos procesos e interacciones que pueden ser determinantes para su buen funcionamiento.</p> <p>Las comunidades de vertebrados</p>

	<p>De las especies registradas en este inventario, 19 están incluidas en el listado de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001), encontrándose agrupadas de la siguiente manera: 12 en la categoría de Protección Especial (Pr), cinco especies para la categoría de Amenazadas (A), y 2 en la categoría de En Peligro de Extinción (P).</p> <p>El nivel de endemismo es bajo, lo cual se debe a la cercanía del SAR con la frontera norte.</p>	<p>en el SAR se encuentran en buen estado de conservación, aun cuando existe fuerte presión para algunos grupos específicos, tales como los mamíferos medianos y grandes por la cacería no reglamentada, y para los peces y anfibios por la contaminación de los cuerpos de agua superficiales.</p> <p>Las carreteras existentes, incluida la cual es objeto del presente estudio constituyen ya una barrera física para diversas especies.</p>
--	--	---

4.2. Análisis de los componentes, recursos o áreas relevantes y/o críticas.

Para el análisis de los componentes relevantes y la identificación de áreas críticas en el SAR, se realizó un análisis de fragilidad territorial. Esta fue determinada mediante la correlación de los componentes ambientales relevantes, principalmente por la relación entre unidades de vegetación, el tipo de suelo (de acuerdo a la cartografía edafológica de INEGI, 1985), el relieve y la pendiente. En las zonas de alta fragilidad, cualquier cambio de origen natural o antropogénico puede repercutir fuertemente en su estabilidad y ello podría ser, en caso extremo, de tipo irreversible.

La evaluación de fragilidad natural elabora indicadores de la capacidad del medio para asimilar impactos humanos —lo cual es de suma utilidad para la evaluación del

impacto ambiental del proyecto—, y está fundamentado en los conceptos de resistencia y resiliencia. La resistencia muestra la habilidad de una unidad territorial a evitar desplazamientos desde el lugar inicial o estado de equilibrio dinámico; la capacidad de permanencia dependerá del arreglo y la estructura de los componentes que integran la unidad territorial y la magnitud de la presión ejercida sobre esta unidad.

La resiliencia tiene que ver con la capacidad de retorno de la unidad territorial cuando un impacto ha modificado su estado inicial, refiriéndose también a la velocidad en que podría regresar a su estado primario u original. La fragilidad, entonces, se considera como la capacidad intrínseca de la unidad territorial a enfrentar agentes de cambio, basados en la fortaleza propia de sus componentes, en la capacidad y velocidad de la regeneración del medio.

Partiendo de las unidades ambientales definidas, se determinaron valores para cada una de ellas al analizar las causas y efectos observados en el territorio examinado. De esta forma se logró una aproximación a las propiedades de fragilidad de los ensambles, con base en sus capacidades de resistencia y resiliencia, obteniéndose lo siguiente:

Unidad Ambiental	Fragilidad
Agricultura	0.25
Bosque de Galería	1
Bosque de Pino-Encino	0.75
Bosque de Táscate, chaparral	0.75
Matorral Desértico micrófilo, mezquitales	0.6
Pastizal inducido	0.25

Unidad Ambiental	Fragilidad
Pastizal Natural	0.5
Zona Urbana	0

Donde los valores de Fragilidad se asignaron en un rango de 0 a 1; Donde 0 representa el nivel más bajo para Unidades Ambientales con una Fragilidad muy baja y 1 el nivel más alto para Unidades Ambientales con fragilidad muy alta.

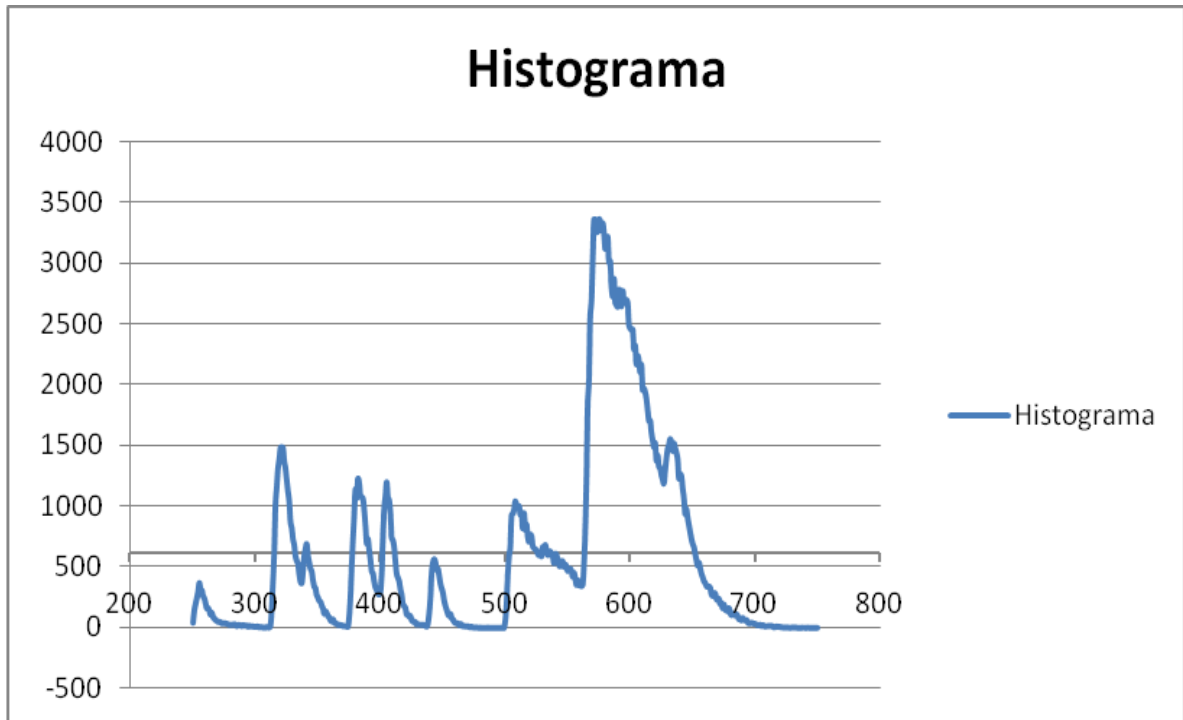
La suma ponderada de las 4 variables se realizó en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de tipo raster debido a que la sobreposición topológica de todas las capas de información puede llegar a producir un número tan elevado de polígonos, que el SIG difícilmente podría manejarlos y resolverlos. Es por esto que, este tipo de análisis debe efectuarse empleando un formato de datos reticulados o raster.

A partir del modelo de digital de elevaciones (DEM) obtenido del continuo de elevaciones mexicano de INEGI se obtuvo el mapa de pendientes para el SAR, mismo que fue reclasificado en un rango de 0 a 1 aplicándose un factor de escala y una constante de corrección para el modelo. El resto de las capas fueron agrupadas en clases y posteriormente rasterizadas.

	1	0.75	0.5	0.25
Relieve	Montañas muy disectadas y edificios Volcánicos	Montañas de disección moderada, volcanes poco disectados y pie de montes.	Relieve cárstico, terrazas con disección alta, procesos costeros, planicies acumulativas.	Terrazas con disección moderada.
Pendiente	>25°	25°-15°	15°-6°	6°-0°
Suelos	Gleysoles	Solonchaks, Regosoles, Luvisoles, Combisoles, Acrisoles, Andosoles.	Vertisoles, Rendzinsa, Planosoles, Nitisoles, Litosoles.	Xerosoles, Feozems, Castañosems

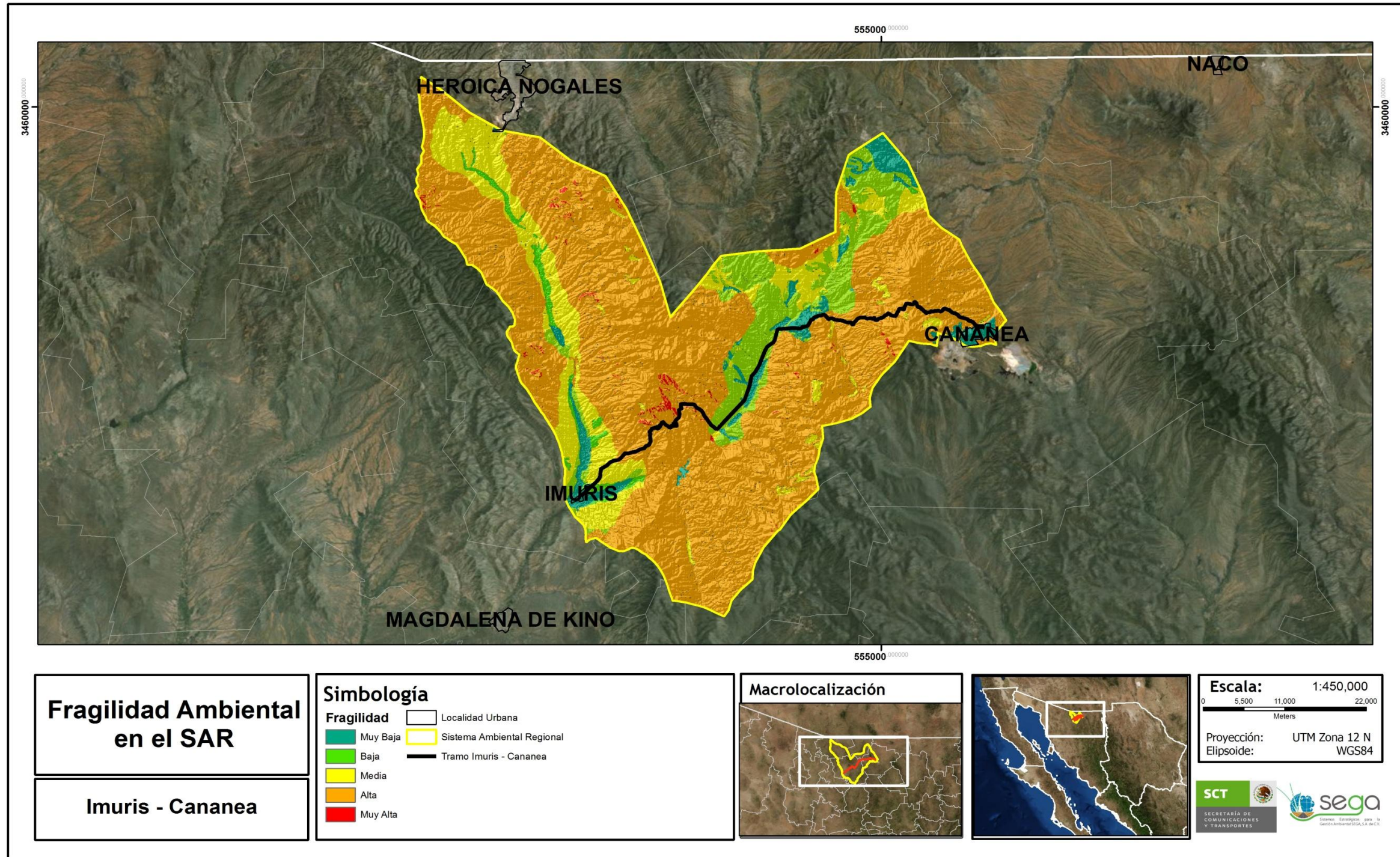
El proceso para determinar la fragilidad de cada una de las unidades ambientales consistió en la elaboración de un promedio de la suma de las variables antes mencionadas por Unidad Ambiental. De tal forma que el resultado de cada sumatoria resultó en una agrupación de píxeles con valor de 0 a 1.

La interpretación de los resultados y la determinación de los rangos en los valores de Fragilidad se realizaron mediante el análisis del histograma del total de las unidades ambientales en el SAR, siendo la técnica de *Natural Breaks*, la empleada para determinar los rangos para cada nivel de fragilidad.



Rangos		Fragilidad	
0	0.3	Fragilidad Muy Baja	
0.3	0.37	Fragilidad Baja	
0.37	0.5	Fragilidad Media	
0.5	0.68	Fragilidad Ala	
0.68	1	Fragilidad Muy Alta	

Lo anterior permite establecer el siguiente modelo digital:



MODELO DE FRAGILIDAD AMBIENTAL EN EL SAR.

El ejercicio realizado permite diferenciar áreas en las cuales, partiendo del modelo conceptual utilizado, es posible determinar propiedades y características del SAR así como la interacción directa de la obra propuesta con los espacios frágiles identificados. En particular este tratamiento informático facilita la comprensión de sitios en los cuales las posibilidades de afectación y cambio gradual implican menor resistencia y, también, una resiliencia menor. Son éstas las áreas de atención particular en las cuales resultará conveniente ejercer acciones tendientes a evitar alteraciones antrópicas y, de ser éstas inevitables, tomar las medidas pertinentes para que las variaciones revistan el menor impacto posible.

4.3. Identificación de los componentes ambientales críticos del sistema de funcionamiento regional.

A nivel regional podemos reconocer componentes ambientales críticos o de especial relevancia para el funcionamiento de los ecosistemas, sin embargo, el proyecto de ampliación de la carretera no tendrá una interacción directa con todos los componentes identificados, y con otros de ellos, su influencia será limitada.

El primer componente ambiental del sistema lo constituye la topografía a la que pertenece el SAR, ya que estas geoformas, como las montañas, los lomeríos, los valles, y las planicies, definen los diferentes tipos de clima, de vegetación y uso de suelo, la riqueza biológica, e inclusive tienen influencia con el medio social al definir los grados de accesibilidad de la población, y el medio económico, por la presencia de yacimientos mineros bajo explotación o potencialmente explotables.

En esta zona representada por el SAR, el agua es considerada como un recurso escaso, que no solo determina la distribución de la vegetación y los movimientos de fauna, sino que limita en gran medida el desarrollo de actividades productivas y el

establecimiento de núcleos poblacionales. Aun cuando existen ríos y arroyos dentro del SAR que son aprovechados mediante presas pequeñas y grandes, y que se emplean para riego y abrevaderos, no son suficientes para cubrir la demanda de las distintas actividades productivas y de uso doméstico, por lo que gran parte de la demanda de agua es cubierta con la extracción de los acuíferos.

El otro de los componentes ambientales críticos lo constituye la cubierta vegetal existente en el SAR definido para este proyecto. Como resultado de la variación en el relieve, clima, y diversidad de suelos en el SAR, se ha promovido la presencia de una gran diversidad florística, que en épocas recientes ha sido impactada por la ganadería extensiva en las áreas con poca pendiente, y por los desarrollos mineros en la región boscosa en los alrededores de Cananea. Este paisaje heterogéneo y medianamente fragmentado ha permitido el mantenimiento de una amplia diversidad de especies de flora y fauna (algunas protegidas por la normatividad nacional y otras cuantas que podrían ser determinantes para el buen funcionamiento del ecosistema), al mismo tiempo que ha permitido el desarrollo económico de los pobladores de la zona.

Dado que el SAR del proyecto comprende las poblaciones de Imuris y Cananea, la dinámica del mosaico de coberturas vegetales se ve continuamente influenciado por la expansión de las fronteras urbanas sobre áreas con vegetación nativa, y por las diversas actividades relacionadas para proveer los servicios que el incremento poblacional demanda.

4.4 Integralidad funcional del sistema.

Durante el desarrollo de los estudios para elaborar una Manifestación de impacto ambiental, modalidad Regional es necesario no sólo elaborar un inventario ambiental sobre los principales componentes que integran los ecosistemas y ensambles

naturales presentes en un sistema ambiental regional delimitado, sino que, también, es importante identificar los principales procesos ecológicos o interacciones existentes que confieren un estado de expresión al territorio o cualidad de conservación.

Esta identificación no sólo es relevante para conocer el funcionamiento de los ecosistemas y valorar su importancia al momento de identificar y evaluar los impactos ambientales a efecto de que las acciones que se pretendan llevar a cabo, como conjunto, en la integración de un proyecto carretero consideren la posibilidad de mantener la dinámica, diversidad, continuidad y flujo en y entre dichos procesos sino, también, desde el punto de vista jurídico proporcionar a la autoridad, al momento de evaluar la viabilidad ambiental de un proyecto, los elementos para atender lo dispuesto por el Artículo 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional delimitado, para efecto de la modernización del proyecto carretero, muestra una amplia gama de procesos que han ocurrido, y que siguen ocurriendo, producto de la intervención humana, y que continúan modificando la estructura y funcionamiento de los mismos.

Por lo tanto, y en este contexto específico, no es posible hablar o determinar sobre la integridad funcional cuando los atributos de los ecosistemas, tanto a nivel de componentes como de procesos, carecen de partes, lo cual, no significa necesariamente que no sigan funcionando o no puedan continuar. Se hace visible que el estado de presión al que están sometidos, supera, por mucho, la resiliencia de los mismos, al contar con elementos externos cuya ocupación territorial poco a poco gana terreno sobre las áreas naturales o bien se generan procesos que modifican los valores de conservación de los ensambles y, con ello, la propia estructura de los ecosistemas.

Desde esta perspectiva, la modernización de la carretera— que implica el consumo de recursos forestales en una superficie de 124.03 Ha del derecho de vía— ha de considerarse más allá de únicamente la modificación de la cubierta vegetal ya que la ampliación en el ancho de la corona de 7 a 21 m, incrementará además el efecto barrera para los vertebrados terrestres y el número de muertes por atropellamiento. Por ello, se han propuesto medidas específicas que promuevan el flujo de diversas especies de fauna entre ambos lados de la carretera, y con ello, la continuidad de sus procesos poblacionales y aquellos a nivel ecosistémico en los que están involucrados.

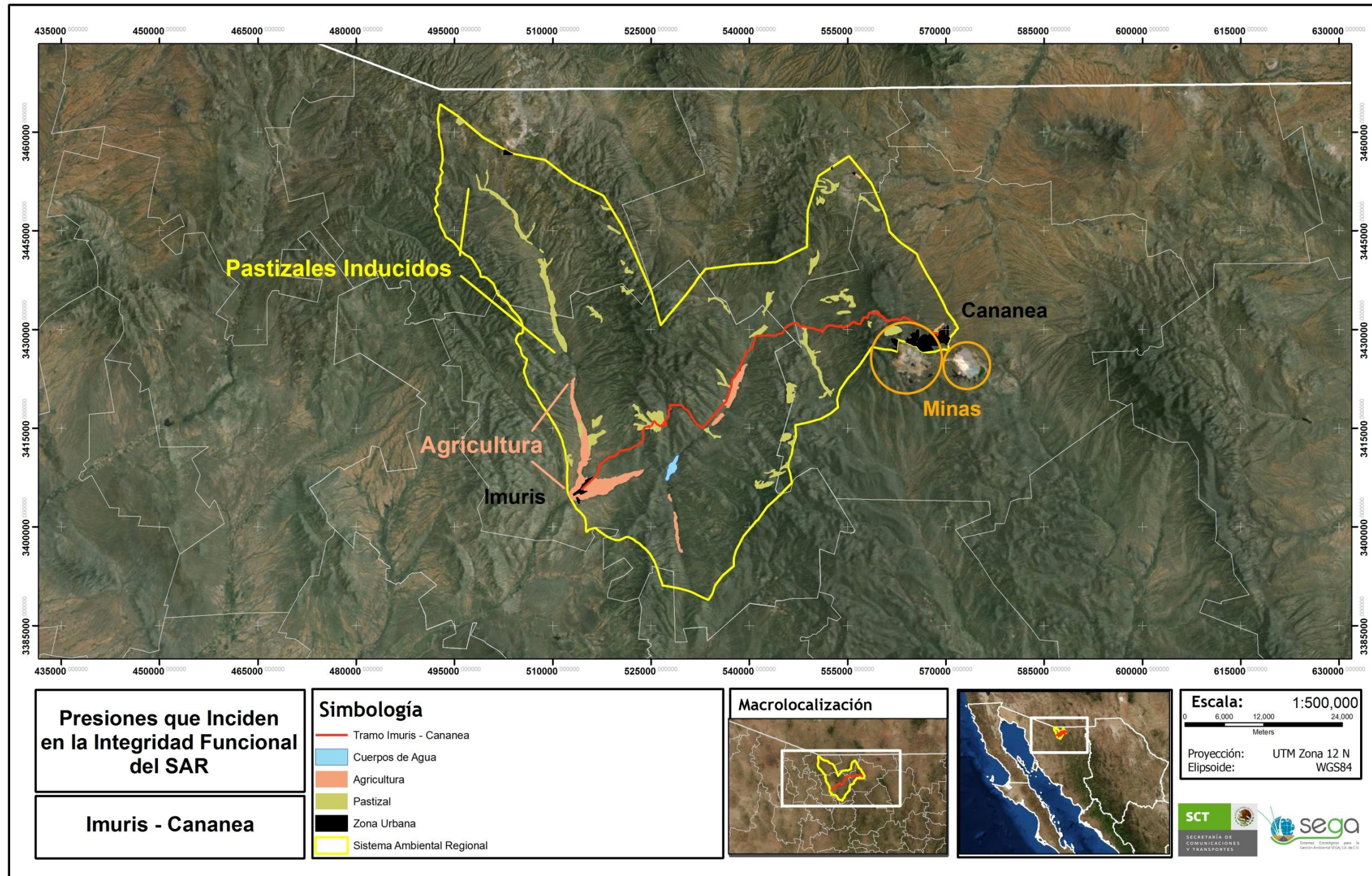
La ampliación de la carretera que en este documento se plantea considera la construcción de siete pasos de fauna localizados en sitios en los que es posible reestablecer la conectividad entre un lado y otro de ella. Si bien esta medida no elimina la totalidad de los atropellamientos sí incidirá de forma favorable en el reencuentro de poblaciones potencialmente aisladas.

Bajo este contexto de utilización de recursos existente en el SAR, el proyecto aporta medidas de mitigación, compensación y restauración se considera que, en lo referente a la vegetación forestal, se abren posibilidades importantes para evitar o, incluso, revertir procesos negativos de cambio. Se define, como estrategia ambiental, una reforestación en una proporción de 1 a 3, es decir que de cada hectárea afectada se reforestarán 3. Estas medidas han de incidir tanto en el derecho de vía (taludes, bancos de tiro, cortes) como fuera de él (propiedades privadas, ejidos estén, o no, bajo la figura administrativa de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA), o bien sitios de interés municipal como la Sierra de la Mariquita, entre otras posibilidades).

Adicionalmente, las actuaciones de carácter ambiental asociadas a este proyecto de ampliación han de considerarse como elementos dirigidos a la manutención de la integridad del SAR ya que, como se mencionó anteriormente, se realizará una

reforestación 3 por 1 que implica la formación futura de hábitat para la fauna silvestre en 372.09 Ha.

Se presenta, a continuación, un mapa que expresa la condición descrita.



AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE CORONA DE 7 A 21 M DEL TRAMO IMURIS-CANANEA DE LA CARRETERA IMURIS-AGUA PRIETA EN EL ESTADO DE SONORA (77KM).

5.- IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES y MEDIADAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL ADOPTADAS.

El ejercicio de evaluación de los impactos ambientales que puede causar el proyecto de modernización de la carretera se aborda de la siguiente manera:

- I. Evaluación del impacto ambiental por pérdida de superficies que serán afectadas por el proyecto, esto es, la valoración del impacto ambiental que puede causarse a nivel de unidades ambientales en el SAR por la pérdida de superficies que afectará el proyecto, en una comparación entre la situación actual (sin proyecto) y la modernización propuesta (con proyecto), considerando el estado de conservación de cada unidad ambiental. De este ejercicio se obtiene un índice de impacto.
- II. Identificación y caracterización de las acciones del proyecto que pueden ser causantes de impacto y de los factores ambientales susceptibles de recibirlos, de esta identificación se obtiene una matriz de interacciones entre las distintas actividades del proyecto y los factores ambientales, identificando así los efectos adversos y benéficos.
- III. Identificación de los impactos ambientales, tanto adversos como benéficos, ocasionados por cada una de las interacciones entre las actividades del proyecto y los factores ambientales sobre los que inciden.
- IV. Valoración de los impactos ambientales ocasionados por el proyecto. Esta valoración se realiza utilizando una matriz de impactos, cuyo resultado es la valoración de la importancia del impacto.

- V. Descripción y evaluación de los impactos ambientales acumulativos y residuales en el SAR, utilizando para ello los resultados obtenidos del índice de impacto, de la matriz de interacciones y de la importancia del impacto.

A continuación se describen la metodología y los resultados obtenidos.

DIFERENCIA DE COEFICIENTES DE IMPACTO DE LAS SITUACIONES ACTUAL (SIN PROYECTO) Y CON PROYECTO.

DIFERENCIA DE COEFICIENTES DE IMPACTO (PÉRDIDA DE SUPERFICIE EQUIVALENTE)			
Índice de impacto (C _i) SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO)	Índice de impacto (C _i) CON PROYECTO	DIFERENCIA ENTRE SITUACIÓN ACTUAL (SIN PROYECTO) Y CON PROYECTO	DIAGNÓSTICO
100	99.94	0.06	COMPATIBLE

Con el resultado obtenido se observa una diferencia de coeficientes de 0.06 entre la situación actual (sin proyecto) y la situación con proyecto. De este resultado se obtiene que la diferencia en cuanto a superficie afectada entre la situación actual (sin proyecto) y la situación con proyecto, ponderando el estado de conservación de las unidades ambientales que componen el SAR, es mínima (0.06), con una afectación de superficie absoluta del SAR de tan sólo 0.09%, por lo que se puede calificar el impacto así valorado como **Compatible**.

De la realización de este ejercicio se puede determinar lo siguiente:

- La modernización del trazo carretero, al realizarse sobre el derecho de vía, no implica variaciones fundamentales pues modificará tan sólo 230.98 ha de las 261,449.77 Ha que comprende el SAR, lo que equivale al 0.09% de afectación de la superficie total.

- Considerando la superficie que el proyecto impactará por unidad ambiental y el estado de conservación de cada una, se obtiene que el coeficiente de impacto o la pérdida de superficie equivalente de todas las unidades ambientales del SAR es de 0.06%, lo cual es imperceptible y arroja un impacto regional compatible.
- Las unidades ambientales bosque de galería, bosque de pino-encino, bosque de táscate, chaparral y pastizal natural, tienen buen estado de conservación. Con el proyecto sólo se afectarán 0.01 Ha (0.002%) del bosque de galería, 32.75 Ha (0.03%) del bosque de pino-encino y 54.66 Ha (0.05%) del pastizal natural. El bosque de táscate, chaparral, no se verá afectado.
- La unidad ambiental matorral desértico micrófilo, mezquitales, tiene un estado de conservación medio debido a las actividades ganaderas que allí se realizan y a su cercanía con la ciudad de Imuris. No obstante, el impacto por el proyecto será imperceptible debido a que tan sólo se verán afectadas 36.61 Ha de las 27,907.98 Ha existentes en el SAR, es decir el 0.13%.
- De las 261,449.76 ha que comprende el SAR, 1,980.33 Ha corresponden a la zona urbana y 176.27 Ha a la infraestructura carretera existente, incluyendo la vegetación ruderal en el derecho de vía y las áreas sin vegetación. La superficie de ambas unidades ambientales representa el 0.82% del SAR y tienen un valor de conservación mínimo. Las áreas que se encuentran bajo un uso intensivo son las dedicadas a la agricultura, que abarcan una superficie de 4,575.72 Ha, lo que representa el 1.75% del SAR, y las de pastizal inducido que es en donde se realizan las actividades ganaderas, que abarcan 9,324.75 Ha, esto es, el 3.57% del SAR, ambas con un valor de conservación bajo. Así,

las áreas con un intenso uso humano dentro del SAR comprenden el 6.14% de la superficie total de éste.

A partir de la descripción de las acciones del proyecto y considerando la descripción de las unidades ambientales previamente establecidas se identificaron las acciones que pueden ser causantes de impactos ambientales y se definieron los factores ambientales susceptibles de recibir dichos impactos.

Los factores ambientales susceptibles de recibir impactos, ya sean positivos o negativos, corresponden a los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por cada una de las acciones en las distintas etapas del proyecto.

Para la definición de los factores ambientales se aplicaron los siguientes criterios:

- Ser representativos del entorno afectado, y consecuentemente del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, esto es, que no exista solapamientos ni redundancias.

Ser de fácil identificación tanto en su concepto como en su apreciación estadística.

Se encontró que de las 47 relaciones identificadas, 27 presentan cambios perceptibles en el SAR.

AGRUPACIÓN DE LAS INTERRELACIONES IDENTIFICADAS COMO PERCEPTIBLES A NIVEL DEL SAR, E IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Escurrimientos superficiales	4	Nivelación	Modificación del patrón hidrológico superficial.	Adversos
		Excavaciones, cortes y taludes	Modificación del patrón hidrológico superficial.	
		Construcción del cuerpo del terraplén.	Modificación del patrón hidrológico superficial y generación de encharcamientos por la obstrucción.	
		Mantenimiento	Patrón hidrológico superficial funcional.	Benéfico
<p>Impacto 1. Alteración del patrón hidrológico superficial de los cauces y de los escurrimientos superficiales por depósito de material y obstrucción de su flujo, debido a las actividades de nivelación, excavaciones, cortes y taludes, y construcción del cuerpo del terraplén.</p>				

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Relieve	2	Nivelación	Modificación de la topografía en algunos sitios a lo largo del trazo sobre el derecho de vía.	Adversos
		Excavaciones, cortes y taludes	Modificación en la topografía en algunos sitios a lo largo del trazo sobre el derecho de vía.	
<p>Impacto 2. Modificación de la topografía en algunos sitios a lo largo del trazo sobre el derecho de vía, por las actividades de nivelación, excavaciones, cortes y taludes.</p>				

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Suelo	2	Despalme	Pérdida de fertilidad de suelo en 230.98 Ha del derecho de vía	Adversos
		Excavaciones, cortes y taludes	Erosión hídrica y eólica en zonas de suelo desnudo donde se excave, corte y se hagan taludes sobre el derecho de vía.. Modificación de las características físicas y estructurales del suelo en patios de maniobra de maquinaria e infraestructura.	

Impacto 3. Pérdida de la fertilidad del suelo en 230.98 Ha del derecho de vía debido al despalme.

Impacto 4. Erosión hídrica y eólica en áreas de suelo desnudo donde se realicen excavaciones, cortes y taludes, sobre el derecho de vía.

Impacto 5. Modificación de las características físicas y estructurales del suelo en patios de maniobra de maquinaria e infraestructura.

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Fauna silvestre	6	Desmonte y despalme	Pérdida o modificación del hábitat para la fauna silvestre en 124.03 ha de vegetación forestal sobre el derecho de vía.	Adversos
		Excavaciones, cortes y taludes	Modificación del hábitat para algunas especies de fauna, por cambios en la topografía, sobre el derecho de vía. Modificación del patrón de movimiento para algunas especies de fauna por la ampliación de barreras	

			físicas ya existentes.	
		Construcción del cuerpo del terraplén.	Modificación del patrón de movimiento de algunas especies de fauna por la ampliación de la barrera que constituye la carretera actualmente.	
		Circulación vehicular	Modificación del patrón de movimiento de algunas especies de fauna, por la ampliación de la barrera que constituye la carretera actualmente y por la dificultad de cruzar debido a un tránsito más fluido. Incremento en el número de atropellamientos por una circulación más fluida.	
		Mantenimiento	Restablecimiento del patrón de movimiento de algunas especies de fauna debido a la construcción de pasos para ésta.	Benéfico

Impacto 6. Modificación y pérdida de hábitat para la fauna silvestre en 124.03 ha de vegetación forestal sobre el derecho de vía, debido al desmonte, despalme, excavaciones, cortes y taludes.

Impacto 7. Modificación en el patrón de movimiento de algunas especies de fauna por cambios en la topografía en algunas zonas del derecho de vía, la ampliación de la barrera que constituye la carretera actual y la circulación más fluida, debido a excavaciones, cortes y taludes, construcción del cuerpo del terraplén y circulación vehicular.

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Vegetación (unidades ambientales)	1	Desmonte	Pérdida de vegetación forestal en 124.03 ha sobre el derecho de vía, incluyendo zonas frágiles, particularmente en los cadenamientos 5+000 al 13+000 con fragilidad alta; 13+000 al 27+000 con fragilidad	Adversos

			muy alta; y 52+000 al 77+000 con fragilidad alta.	
<p>Impacto 8. Pérdida de vegetación forestal en 124.03 ha sobre el derecho de vía, incluyendo zonas de fragilidad alta y muy alta en los cadenamientos 5+000 al 13+000, 13+000 al 27+000 y 52+000 al 77+000, por el desmonte.</p>				

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Paisaje	2	Nivelación	Afectación de la calidad paisajística por mala disposición de material ladera abajo o en los cauces del área.	Adversos
		Excavaciones, cortes y taludes	Modificación del relieve.	
<p>Impacto 9. Alteración de la calidad paisajística por mala disposición de material y por modificación del relieve, debido a la nivelación, excavaciones, cortes y taludes.</p>				

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Economía local	8	Desmonte	Generación de empleos	Benéficos
		Despalme	Generación de empleos	
		Nivelación	Generación de empleos	
		Excavaciones, cortes y taludes	Generación de empleos	
		Construcción del	Generación de empleos	

		cuerpo del terraplén.		
		Movimiento de maquinaria y personal en la zona	Generación de empleos	
		Circulación vehicular	Impulso a la economía local y regional, aumento en la rapidez y seguridad del traslado de productos y mercancías, mejor conexión con otras ciudades.	
		Mantenimiento	Generación de empleos	
<p>Impacto 10. Impulso a la economía local y regional por la generación de empleos, el aumento en la rapidez y seguridad de traslado de productos y mercancías, y el mejoramiento en la conexión entre ciudades.</p>				

Factor ambiental impactado	Número de interrelaciones perceptibles	Actividad del proyecto	Impacto	Tipo de impacto
Transporte	2	Circulación vehicular y mantenimiento	Agilización del tránsito, aumento en la seguridad del viaje, disminución del tiempo de recorrido.	Benéficos
<p>Impacto 11. Aumento en la seguridad del viaje y disminución del tiempo de recorrido.</p>				

De las 27 interrelaciones que se identificaron por provocar cambios perceptibles en el SAR, se obtuvieron 11 impactos ambientales, 9 de los cuales son adversos, y 2 benéficos.

Conclusiones

Se reconoce que la mayoría de los impactos negativos estarán restringidos a las etapas de preparación del sitio y construcción. En ellas habrá pérdida de vegetación terrestre y compactación, erosión y pérdida de suelo fértil, debido a las actividades de desmonte, despalde y excavaciones, cortes y taludes, aunque el área afectada será mínima en comparación con el área que ocupan dentro del SAR.

No se determinó la posibilidad de que ocurra daño ambiental grave como consecuencia de la preparación, construcción y operación del proyecto. Los impactos ambientales negativos que se predicen son, en la escala analizada, mitigables, compensables y moderados o despreciables. No se espera daño al ecosistema, en virtud de que la carretera que se propone modernizar ya existe y a que la ampliación se realizará sobre el derecho de vía.

De acuerdo con la valoración realizada no se esperan impactos ambientales significativos o relevantes, es decir que las obras y actividades asociadas al proyecto no provocarán alteraciones en el ecosistema y sus recursos naturales, ni en la salud humana, ni obstaculizará la continuidad de los procesos naturales.

Los impactos positivos moderados, permanecerán durante la vida útil del proyecto y son sinérgicos pues favorecerán el entorno socioeconómico local y regional.

En términos ambientales, el proyecto se califica como viable, pues no representará riesgos a las poblaciones de especies en estatus de riesgo, puesto que la fragmentación ya existe por la carretera actual, y dado que se colocarán pasos de

fauna en la modernización propuesta para revertir la fragmentación que ocasionó el proyecto carretero actual sobre las rutas de movimiento de la fauna local. Asimismo, el curso de los cauces será mitigado por mantenimiento y obras de alcantarillado. El proyecto no conllevará riesgos a la salud humana pues en su ejecución se observará la normatividad aplicable.

5.1. Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales del Proyecto.

Prevenir o mitigar el impacto ambiental del proyecto evaluado implica la introducción de medidas orientadas a mejorar el comportamiento ambiental del proyecto e, incluso, a incorporar elementos nuevos a los mismos; todo ello con el objetivo de:

- Evitar, disminuir, modificar, reparar o compensar el efecto de los proyectos en el medio ambiente.
- Producir impactos positivos nuevos o potenciar los que produce el proyecto según la versión que se evalúa.
- Aprovechar las oportunidades que brinda el medio y el momento para la integración ambiental del proyecto.

Así, las medidas correctoras se pueden dirigir al agente causante del impacto para mejorar su comportamiento ambiental o al medio receptor para aumentar su homeostasia, su resiliencia o para paliar los efectos de la ampliación de la carretera una vez producidos.

Algunas de las medidas propuestas se habrán de incorporar a los proyectos ejecutivos de obra, bien como nuevas unidades con su correspondiente partida presupuestaria o bien en las bases de la licitación. Otras medidas se hacen operativas a través de programas específicos que llevan su propia trayectoria independientemente de los alcances de los proyectos ejecutivos.

Proceso para identificar y adoptar las medidas.

El proceso seguido para identificar y adoptar las medidas que se proponen ha partido del conocimiento de la obra y del sitio que ha de recibirla que se ha acumulado a lo largo de la realización de este estudio. Adicionalmente la constitución de un panel

experto posibilitó la elaboración de una lista de medidas que, una vez discutidas ampliamente, fueron valoradas y redactadas.

Criterios para la adopción de las medidas.

La adopción de las medidas a partir de los impactos potenciales identificados se realizó de acuerdo con los siguientes juicios determinantes:

- *Viabilidad técnica*, en las condiciones socioeconómicas y geográficas del entorno en el que se ubica el proyecto.
- *Eficacia*, o capacidad de la medida para cubrir los objetivos que se pretenden.
- *Eficiencia*, o relación existente entre los objetivos que consigue y los medios necesarios para conseguirlos.
- *Viabilidad económica* o relación positiva entre costo y beneficio ambiental.
- *Viabilidad financiera* o coherencia entre el costo de la medida y las posibilidades presupuestarias del promovente.
- *Habilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control*. En la medida de lo posible, las medidas deben ser factibles de realizar, conservar y controlar.
- *Sinergia*, búsqueda de reforzamiento entre sí de las medidas adoptadas

Tipos de medidas.

Se han considerado dos grandes tipos de medidas:

- Criterios para la preparación de sitio, construcción y operación del proyecto con carácter general.

- Medidas orientadas a prevenir, corregir o compensar los impactos identificados de carácter específico. Dentro de estas medidas se incluyen las siguientes:
 - *Protectoras*, protegen espacios naturales, paisajes, elementos frágiles y valiosos evitando impactos que puedan afectarles.
 - *Correctoras*, corrigen y adecúan el proyecto para conseguir una mejor integración ambiental.
 - *Compensatorias*, se refieren, propiamente, a los impactos inevitables y permanentes que por sus características no admiten una corrección, de tal manera que solo pueden ser compensados por otros de carácter benéfico.

Presentación de las medidas.

Las medidas propuestas se presentan en fichas técnicas específicas que contienen las siguientes consideraciones:

- Impacto al que se dirige.
- Definición de la medida.
- Objetivo.
- Eficacia.
- Eficiencia.
- Impacto residual.
- Impacto de la propia medida.
- Responsable de su gestión.
- Momento y documento de su inclusión: presupuesto, bases de la licitación u otro específico para las medidas correctoras.
- Precauciones a tomar en la ejecución y en la gestión.

- Necesidades de mantenimiento.
- Costos de ejecución.
- Costos de mantenimiento.
- Prioridad o urgencia con que debe ser ejecutada.
- Indicadores de seguimiento y control.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA CADA IMPACTO AMBIENTAL ADVERSO, Y EFECTO QUE PROTEGEN, CORRIGEN O COMPENSAN.

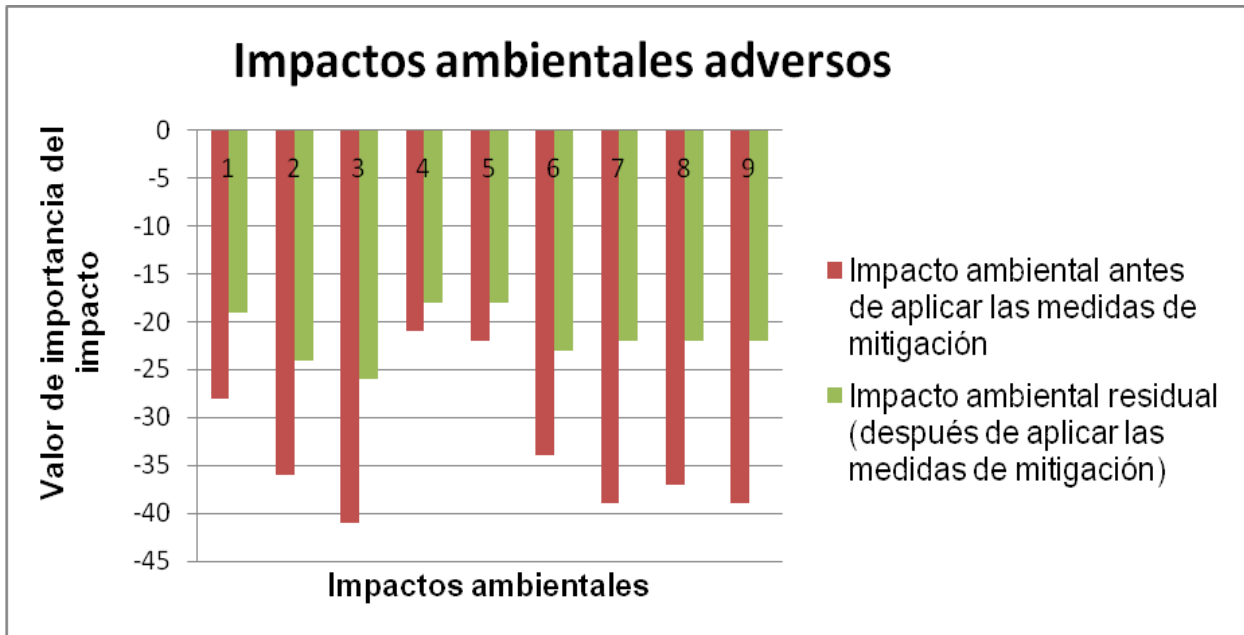
Impacto ambiental	Medida de mitigación	Tipo de medida	Efecto que rectifica
1. Alteración del patrón hidrológico superficial de los cauces y de los escurrimientos superficiales por depósito de material y obstrucción de su flujo, debido a las actividades de nivelación, excavaciones, cortes y taludes, y construcción del cuerpo del terraplén y entronques.	Prolongar los ductos de los escurrimientos existentes. Adecuar la construcción de la carretera considerando los escurrimientos pluviales para que permanezcan las condiciones de escurrimiento natural aguas abajo.	Correctora	Interrupción y azolve de vías naturales superficiales de escurrimiento de agua.
2. Modificación de la topografía en algunos sitios a lo largo del trazo sobre el derecho de vía, por las actividades de nivelación, excavaciones, cortes y taludes.	Aplicación de los programas de rescate y reubicación de flora, de reforestación y Programa de conservación y restauración de suelos, en áreas afectadas y otros sitios dentro del SAR.	Compensatoria	Eliminación de la vegetación, pérdida de la calidad paisajística, pérdida de suelo.
3. Pérdida de la fertilidad del suelo en 230.98 Ha del derecho de vía debido al despalme.	Aplicación del Programa de conservación y restauración de suelos y del Programa de rescate y reubicación de flora, en el derecho de vía y en colindancias bajo acuerdo de los propietarios.	Compensatoria	Pérdida o eliminación de cantidad y calidad de suelo fértil, disminución de superficies aptas para la vegetación y disminución de hábitat para la fauna silvestre.
4. Erosión hídrica y eólica en áreas de suelo desnudo donde se realicen excavaciones,	Aplicación del Programa de conservación y restauración de suelos y	Correctora	Disminución de superficies con suelo desnudo y

Impacto ambiental	Medida de mitigación	Tipo de medida	Efecto que rectifica
cortes y taludes, sobre el derecho de vía.	del <i>Programa de rescate y reubicación de flora</i> en áreas afectadas.		pérdida de cantidad y calidad de suelo.
5. Modificación de las características físicas y estructurales del suelo en patios de maniobra de maquinaria e infraestructura.	Aplicación del <i>Programa de conservación y restauración de suelos</i> y del <i>Programa de rescate y reubicación de flora</i> en áreas afectadas.	Correctora	Modificación de las características físicas y estructurales por compactación en superficies que no serán ocupadas por la carretera.
6. Modificación y pérdida de hábitat para la fauna silvestre en 124.03 Ha de vegetación forestal sobre el derecho de vía, debido al desmonte, despalme, excavaciones, cortes y taludes.	Aplicación del <i>Programa rescate y reubicación de fauna silvestre</i> en áreas afectadas y otros sitios dentro del SAR.	Correctora	Pérdida o eliminación de cantidad y calidad de hábitat para la fauna silvestre.
7. Modificación en el patrón de movimiento de algunas especies de fauna por cambios en la topografía en algunas zonas del derecho de vía, la ampliación de la barrera que constituye la carretera actual y la circulación más fluida, debido a excavaciones, cortes y taludes, construcción del cuerpo del terraplén y entronques, y circulación vehicular.	Adecuar la construcción de la carretera considerando la propuesta de ubicación de pasos de fauna.	Correctora	Bloqueo o alteración de las rutas de movimiento de la fauna, por el efecto barrera de la carretera.
8. Pérdida de vegetación forestal en 124.03 Ha sobre el derecho de vía, incluyendo zonas de fragilidad alta y muy alta en los cadenamientos 5+000 al 13+000, 13+000 al 27+000 y 52+000 al 77+000, por el desmonte.	Aplicación del <i>Programa de rescate y reubicación de flora</i> en áreas afectadas y otras zonas dentro del SAR. Aplicación del <i>Programa de reforestación</i> en sitios en el SAR.	Compensatoria	Disminución de superficies con vegetación forestal.
	Establecer medidas particulares, por tramo de obra, para proteger las zonas de fragilidad en los cadenamientos 5+000 al 13+000, 13+000 al		Protectora

AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE CORONA DE 7 A 21 M DEL TRAMO IMURIS-CANANEA DE LA CARRETERA IMURIS-AGUA PRIETA EN EL ESTADO DE SONORA (77KM).

Impacto ambiental	Medida de mitigación	Tipo de medida	Efecto que rectifica
	27+000 y 52+000 al 77+000. Se aplican los <i>Criterios particulares para la protección de áreas boscosas</i> .		
9. Alteración de la calidad paisajística por mala disposición de material y por modificación del relieve, debido a la nivelación, excavaciones, cortes y taludes.	Aplicación del <i>Programa de rescate y reubicación de flora</i> , en áreas afectadas.	Correctora	Eliminación de la vegetación, pérdida de la calidad paisajística, pérdida de suelo en taludes.
	Correcta disposición del material de construcción, sobrantes y basura. No se permite acopiar material sobre la vegetación que no será intervenida.	Protectora	Disposición inadecuada de material en cauces, cañadas o áreas con vegetación.

La comparación entre valores de importancia de los impactos ambientales adversos antes de la aplicación de las medidas de mitigación, y los impactos ambientales residuales (que perduran después de la aplicación de las medidas de mitigación) se muestra en la siguiente gráfica:



IMPACTOS AMBIENTALES ADVERSOS ANTES DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN, E IMPACTOS AMBIENTALES RESIDUALES (QUE PERMANECEN DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN).

Adicionalmente, y a la luz de las medidas de protección ambiental que se proponen, se establece que en los sitios en los que el proyecto participe con acciones de reforestación y mejora de suelos, la tasa de erosión será disminuida.

Una comparación del escenario actual, el escenario con proyecto sin medidas de mitigación y con medidas de mitigación, se presenta a continuación.

Atributo	Escenario actual	Escenario proyecto con <u>sin</u> medidas de mitigación	Escenario proyecto con <u>con</u> medidas de mitigación
Hidrología superficial y del terreno. escorrentías	<p>La escorrentía natural se mantiene en las porciones del SAR en las que las actividades humanas son incipientes.</p> <p>En particular, sobre el tramo carretero se han mantenido las escorrentías dado que, de inicio, la obra existente sí consideró alcantarillas y acueductos.</p>	<p>Interrupción y azolve de vías naturales superficiales de escurrimiento de agua que implica la alteración del patrón hidrológico superficial de los cauces y de los escurrimientos superficiales por depósito de material y obstrucción de su flujo, debido a las actividades de nivelación, excavaciones, cortes y taludes, y construcción del cuerpo del terraplén y entronques.</p>	<p>Se mantiene el flujo natural de las escorrentías. La aplicación de la medida optimiza, incluso, la posibilidad del paso del agua por debajo de la autovía. No se prevén variaciones en el patrón existente previo a la ampliación.</p> <p>Puede considerarse que con la medida adoptada no se causará modificación a las escorrentías.</p>
Geoformas de alta calidad paisajística.	<p>Al momento, dada la reducida participación humana en el SAR se conservan las geoformas singulares del paisaje formadas por una compleja historia geológica, modelado el paisaje en formas espectaculares tales como las llamadas <i>Sky islands</i>.</p> <p>En este sentido la actividad minera implica, sobre todas</p>	<p>Se intervienen geoformas que soportan suelo y vegetación.</p> <p>A nivel puntual se observa la eliminación de vegetación lo que incide en la calidad paisajística <u>a nivel de terreno</u>.</p> <p>Se abren espacios propicios y no deseables para la</p>	<p>Con la aplicación de los programas planteados en esta MIA-R (<i>rescate y reubicación de flora, de reforestación y de conservación y restauración de suelos</i>; Anexo 2) el proyecto participa en la recuperación de paisaje a nivel puntual con la restauración de taludes, cortes y bancos de tiro.</p>

Atributo	Escenario actual	Escenario proyecto medidas mitigación con <u>sin</u> de	Escenario proyecto medidas mitigación con <u>con</u> de
	<p>las demás, la que representa afectaciones severas a esta componente del paisaje histórico del SAR.</p> <p>Sobre el tramo carretero actualmente ya existen modificaciones al carácter topográfico del derecho de vía, es decir cortes nivelaciones excavaciones y taludes.</p>	<p>erosión.</p>	<p>En el contexto del SAR la reforestación 1:3 implica la posibilidad de reestablecer servicios ambientales en zonas que acepten la aplicación de los programas. El efecto, si bien no inmediato, implica una mejora global del SAR originada en el proyecto.</p>
Fertilidad del suelo.	<p>El SAR, se presenta como un sitio relativamente conservado. Las acciones humanas son más bien de carácter puntual derivadas de actividades claramente definidas como son la minería, la agricultura, ganadería y ampliación urbana. Por ello, los suelos son, aún, predominantemente naturales.</p>	<p>Si bien el proyecto incide exclusivamente sobre 230.98 Ha del derecho de vía, sí existen disminuciones en la cantidad y calidad de suelo fértil, disminución de superficies aptas para la vegetación y disminución de hábitat para la fauna silvestre.</p>	<p>Los programas diseñados expresamente para la protección del suelo encuentran aplicabilidad tanto en el derecho de vía, en colindancias como en el contexto general del SAR.</p> <p>De esta forma el proyecto implica el cuidado y, eventualmente, la restauración de suelos que ayudará a la reforestación.</p>

Atributo	Escenario actual	Escenario proyecto medidas mitigación con <u>sin</u> de	Escenario proyecto medidas mitigación con <u>con</u> de
Composición y diversidad en la vegetación.	El SAR es un complejo mosaico de vegetación. En el cual predominan y se desarrollan en naturalidad los ensamblajes nativos.	El proyecto implica una intervención sobre 230.98 hectáreas de las cuales 124.03 Ha son de vegetación de tipo forestal. Esta incidencia implica el 0.047% del SAR.	Si bien la incidencia de la ampliación de la carretera implica una merma del 0.047% del SAR, la condición con proyecto se establece en la posibilidad de aportar el 0.142% de cobertura forestal al SAR al aplicar los programas que esta MIA-R ofrece que consideran <i>rescate y reubicación de flora, reforestación y conservación y restauración de suelos; se presntan en el anexo 2</i>). De esta forma, la aportación neta en cobertura vegetal forestal será del 0.095%. Esta aportación implica la recuperación tanto de vegetación en áreas degradadas como el incremento de espacios aptos para la fauna silvestre y en la prestación de servicios ambientales.

Atributo	Escenario actual	Escenario proyecto con <u>sin</u> medidas de mitigación	Escenario proyecto con <u>con</u> medidas de mitigación
<p>Diversidad y riqueza de fauna silvestre. La conexión de las poblaciones de vertebrados terrestres se encuentra limitada.</p>	<p>En el SAR existen ecosistemas diversos que permiten el desarrollo de una variedad de especies animales representadas por 25 órdenes, 2 subórdenes, 56 familias, 147 géneros y 191 especies de vertebrados terrestres. La carretera existente representa una barrera difícil de cruzar para los vertebrados terrestres.</p>	<p>Siendo que la intervención ocurre sobre 124.03 Ha de hábitat para la fauna silvestre, la condición no implica riesgos para las poblaciones animales. La carretera es un obstáculo de mayor longitud que implica mayor tráfico. Se incrementan los atropellamientos. Las poblaciones de fauna permanecen divididas.</p>	<p>Se mantiene en el SAR la diversidad específica de fauna silvestre. La aplicación del Programa de reforestación que se asocia a las medidas de compensación que es de 3 por 1 implica la formación futura de hábitat para la fauna silvestre en 372.09 Ha.</p> <p>La conectividad norte-sur, hoy limitada por la carretera existente, será parcialmente restaurada mediante la construcción y mantenimiento de 7 pasos de fauna cuyos atributos se presentan en el Anexo 2. Si bien esta medida no elimina la totalidad de los atropellamientos sí incide de forma favorable en el reencuentro de poblaciones aisladas.</p>

5.2 Conclusiones.

Considerando la ampliación de la carretera existente en función del espacio estudiado, el espacio que la acoge, la valoración de los impactos adversos potenciales previstos y las medidas de protección propuestas se estima que el cambio en el SAR a consecuencia de esta obra es irrelevante en términos de ocupación territorial y consumo de recursos.

No obstante, la obra propuesta coincide con la oportunidad de restablecer la conectividad de un sistema históricamente dividido. La propuesta de siete pasos de fauna determina el potencial ambiental de la ampliación de la carretera 002.

De la valoración realizada se estimó que existirán impactos positivos que, dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, han de ser potenciados. Los negativos, al ser mitigados, mantienen residuales bajos que, en el contexto del SAR son también irrelevantes.

No se omite indicar que, hasta cierto punto, existe un grado de incertidumbre sobre los impactos, derivado de la complejidad del sistema ambiental. Para minimizar esta posible fluctuación el proyecto se basa en la adopción del principio de precaución que lleva a proponer medidas, incluso, para los impactos de mínima magnitud. Las medidas, planteadas bajo programas particulares y Criterios de actuación permiten que el proyecto incida favorablemente tanto en el trazo como en el contexto del Sistema Ambiental Regional.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, se tiene, como escenario que:

- El proyecto no representa riesgos a *poblaciones* de especies protegidas, no se prevé la generación de afectaciones significativas que pudieran desencadenar

un desequilibrio ecológico. Tampoco implica fragmentar un ecosistema y no conlleva riesgos a la salud humana.

- En el presente documento, se han propuesto medidas y estrategias, tendientes a la minimización, prevención y compensación de los impactos ambientales identificados que son técnicamente posibles, financieramente viables y admiten seguimiento y documentación.

En virtud de lo anterior expuesto, se tiene que el proyecto se considera como ambientalmente viable, compatible con el entorno del sistema ambiental en el que se ve inserto, así como congruente con los ordenamientos jurídicos y administrativos existentes y aplicables para el sitio del proyecto.