

CONTENIDO

I.	DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	4
I.1.	Proyecto.....	4
I.1.1.	Nombre del proyecto.....	4
I.1.2.	Ubicación del proyecto.....	4
I.1.3.	Tiempo de vida útil del proyecto.....	5
I.1.4.	Presentación de la documentación legal	5
I.2.	Del Promovente	8
I.2.1.	Nombre o razón social.....	8
I.2.2.	Registro Federal de Contribuyentes	8
I.2.3.	Nombre y cargo del Representante Legal	8
I.2.4.	Dirección del promovente o su representante legal para recibir u oír notificaciones	8
I.3.	Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental	8
I.3.1.	Nombre o razón social de la Empresa Consultora.....	8
I.3.2.	Registro Federal de Contribuyentes	9
I.3.3.	Nombre del Responsable Técnico del estudio.....	9
I.3.4.	Dirección del Responsable Técnico del estudio.....	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Ubicación geográfica del sitio del Proyecto, a ubicarse en el municipio de Cananea, estado de Sonora.....	6
Figura 1.2.	Principales vías de acceso al sitio del Proyecto.	7

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.1.** Plano de ubicación del Sitio del Proyecto.
- Anexo 1.2.** Acta constitutiva de la empresa Promovente.
- Anexo 1.3.** RFC de la empresa Promovente.
- Anexo 1.4.** Documentación que acredita la personalidad del representante legal.
- Anexo 1.5.** Copia simple de la identificación oficial del representante legal.

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

I.1. Proyecto

I.1.1. Nombre del proyecto

El proyecto denominado “**Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre**” (enseguida también referido como el Proyecto), a ubicarse en el municipio de Cananea, estado de Sonora, es presentado por la empresa promovente ----- (citada también como la Promovente).

El Proyecto tiene como objetivo [i] construir y operar obras de captación, almacenamiento y de conducción, que garanticen la captación y restitución de agua pluvial en las cuencas hidrológicas aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre, mediante la construcción del denominado Canal Poniente, que incluye la construcción y operación de represas para captación y almacenamiento de agua pluvial, un canal para la conducción del agua captada, y un camino para asegurar el mantenimiento de estas obras; [ii] la ampliación del depósito de tepetate¹ denominado “Tepetatera Marros”; y [iii] la construcción y operación de obras como parte del denominado “Anillo Eléctrico 34.5 kV”.

I.1.2. Ubicación del proyecto

El sitio donde se pretende llevar a cabo el Proyecto, se localiza dentro de las instalaciones del complejo minero metalúrgico de la empresa Promovente en el municipio de Cananea, estado de Sonora. Su cabecera municipal es la población de la Heroica Ciudad de Cananea y se localiza en el paralelo 30°58' de latitud Norte y 110°17' de longitud Oeste; a una

¹ **Tepetates:** Residuos conformados por apilamiento de material mineral, sin valor económico. Incluye al descapote. Definición conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar los planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 de agosto de 2011.

altitud promedio de 1,654 m s.n.m. El municipio de Cananea colinda al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al Noroeste con el municipio de Naco, al Sur con Arizpe, al Suroeste con Bacoachi, y al Oeste con Imuris y Santa Cruz (**Figura 1.1**). En el **Anexo 1.1** se presenta el plano de ubicación de los polígonos envolventes del sitio del Proyecto.

El principal acceso carretero a la población de Cananea, es a través de la ciudad de Hermosillo, capital del estado de Sonora, y posteriormente al Norte sobre la Carretera Federal No. 15 hacia el poblado de Santa Ana, se continúa enseguida hacia el Noreste hasta Ímuris, donde se toma la Carretera Federal No. 2, que comunica a Ímuris con Cananea. Una vez en la ciudad de Cananea, el acceso al sitio del proyecto, es a través del camino de acceso a las instalaciones de la empresa Promoviente (**Figura 1.2**).

La superficie total del Proyecto es de **214.4390 ha (2,144,389.71 m²)**.

I.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

El proyecto, objeto del trámite en cuestión, pretende desarrollarse en un período de 50 años, dividido en cuatro etapas: [i] preparación del sitio; [ii] construcción; [iii] operación y mantenimiento; y [iv] abandono del sitio.

I.1.4. Presentación de la documentación legal

El predio en el que se ubica el Proyecto, se encuentra dentro de las instalaciones del complejo minero metalúrgico que es propiedad de la empresa Buenavista del Cobre, S.A. de C.V.

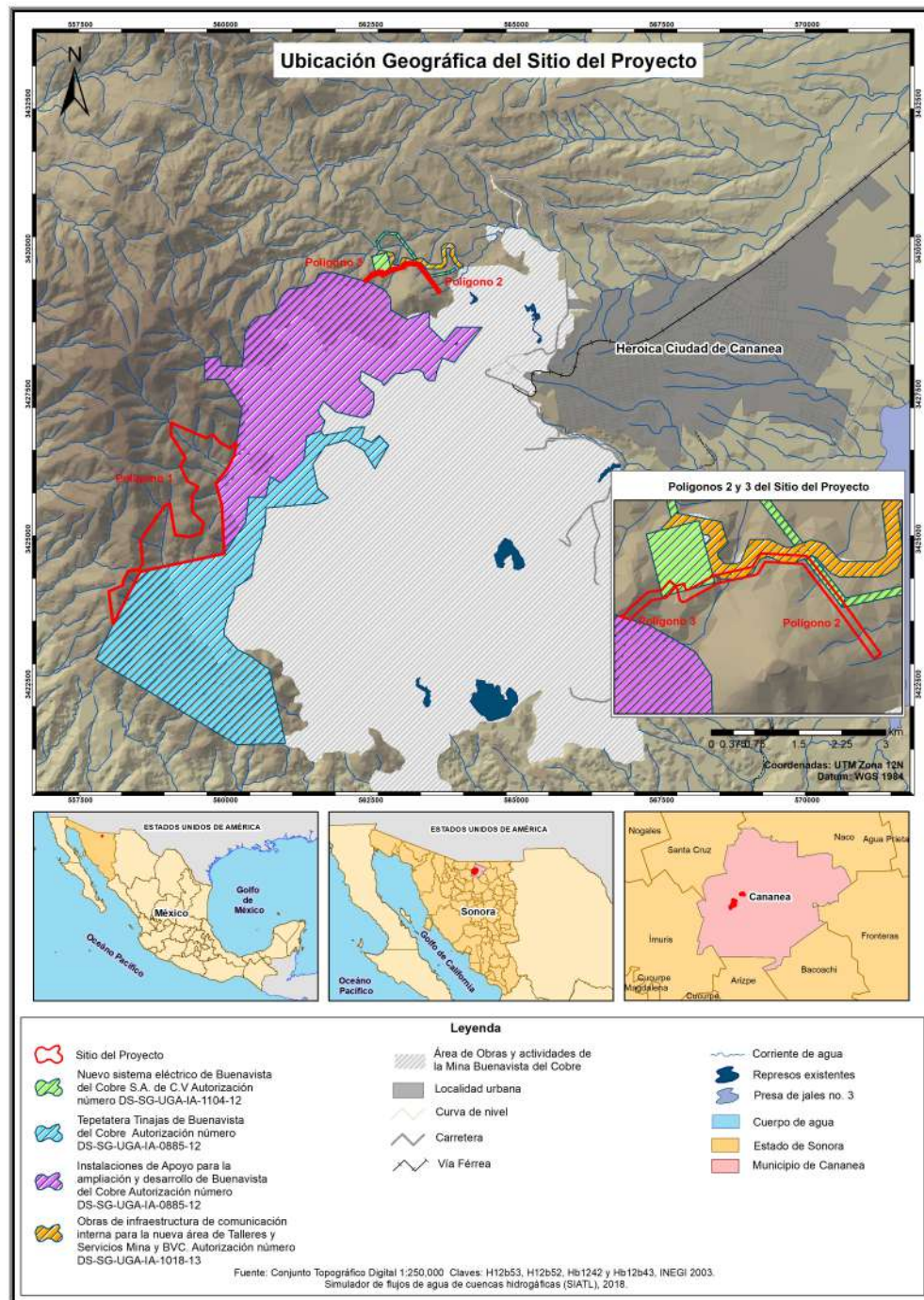


Figura 1.1. Ubicación geográfica del sitio del Proyecto, a ubicarse en el municipio de Cananea, estado de Sonora.

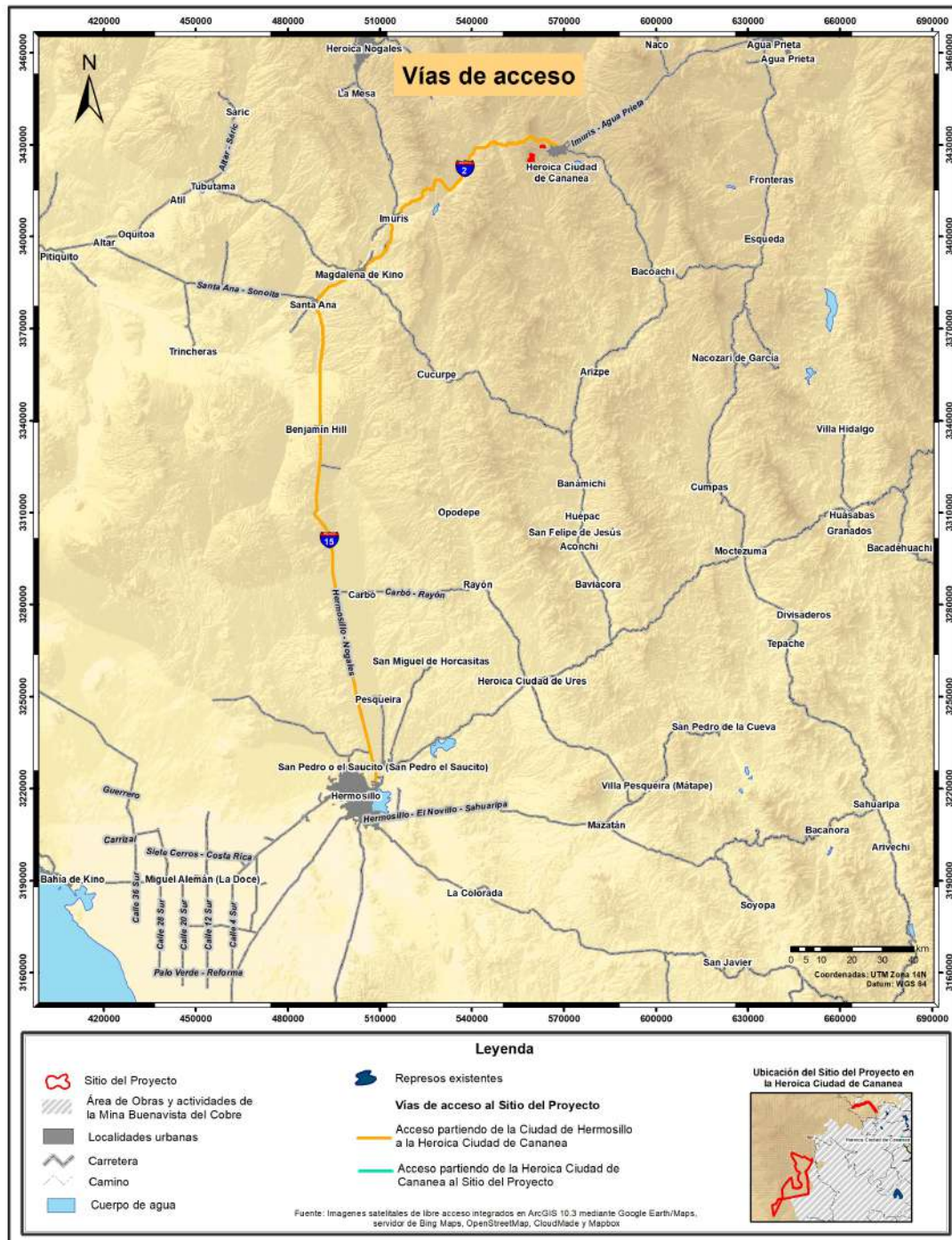


Figura 1.2. Principales vías de acceso al sitio del Proyecto.

I.2. Del Promovente

I.2.1. Nombre o razón social

El Promovente del Proyecto, es la empresa ----- En el **Anexo 1.2** se exhibe copia simple de su Acta Constitutiva.

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes

El Registro Federal de Contribuyentes (RFC) de la Promovente es -----, Se anexa al presente estudio, copia simple de este documento en el **Anexo 1.3**.

I.2.3. Nombre y cargo del Representante Legal

El Proyecto está bajo la representación legal del -----, el cual cuenta con el Registro Federal de Contribuyentes (RFC) ----- y Clave Única de Registro de Población (CURP) ----- En el **Anexo 1.4**, se presenta copia simple del poder notarial del representante legal, mientras que en el **Anexo 1.5**, copia simple de su identificación oficial y de su CURP.

I.2.4. Dirección del promovente o su representante legal para recibir u oír notificaciones

-----.

I.3. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

I.3.1. Nombre o razón social de la Empresa Consultora

El nombre de la empresa consultora es -----
-----.

I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes

El Registro Federal de Contribuyentes de la empresa consultora es -----,
con domicilio fiscal en -----
-----.

I.3.3. Nombre del Responsable Técnico del estudio

El nombre del Responsable Técnico del estudio es: -----

-----.

I.3.4. Dirección del Responsable Técnico del estudio

La dirección del Responsable Técnico del estudio es -----

-----.

CONTENIDO

II.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
II.1.	Información general del Proyecto.	6
II.1.1.	Naturaleza del Proyecto	6
II.1.1.1.	Obras civiles para la construcción del Canal Poniente	13
II.1.1.2.	Caminos, puentes y cruces de las obras civiles para la captación y desvío de aguas pluviales.....	25
II.1.1.3.	Tepetatera Marros.....	27
II.1.1.1.	Suministro e instalación del Anillo Eléctrico 34.5 kV.....	33
II.1.2.	Selección del sitio.....	35
II.1.3.	Ubicación física del Proyecto y planos de localización	36
II.1.4.	Inversión requerida.....	47
II.1.5.	Dimensiones del Proyecto.	48
II.1.5.1.	Superficie total requerida.	48
II.1.5.2.	Superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal del sitio del Proyecto.....	48
II.1.5.3.	Superficie para obras permanentes.	49
II.1.6.	Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y sus colindancias	51
II.1.7.	Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.....	53
II.1.7.1.	Vías de acceso.....	53
II.1.7.2.	Agua	53
II.1.7.3.	Energía eléctrica	54
II.1.7.4.	Drenaje	54
II.1.7.5.	Telefonía	54
II.1.7.6.	Recolección de residuos sólidos	54
II.2.	Características particulares y Programa general de trabajo del Proyecto	57
II.2.1.	Preparación del sitio.....	57
II.2.1.1.	Ejecución de actividades de protección y conservación de especies de flora y fauna silvestre.....	62

II.2.1.1. Descripción de las obras y actividades provisionales del Proyecto.....	64
II.2.2. Etapa de construcción	64
II.2.3. Etapa de operación del sitio.....	65
II.2.4. Etapa de abandono del sitio	66
II.2.5. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.....	66
II.2.6. Uso de explosivos	68
II.2.7. Infraestructura para el manejo y disposición de los residuos	69
II.2.8. Otras fuentes de daños.	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1.	Polígonos del Sitio del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".	7
Cuadro 2.2.	Proyectos autorizados por SEMARNAT, asociados al Proyecto denominado "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".	13
Cuadro 2.3.	Coordenadas centrales de los puentes de cruce sobre el Canal Poniente para el Polígono 1 .	25
Cuadro 2.4.	Superficies de los puentes sobre el Canal Poniente para el Polígono 1 .	26
Cuadro 2.5.	Concentración total (base seca) en el tepetate que será dispuesto en la Tepetatera Marros, para elementos normados por la NOM-157-SEMARNAT-2009.	29
Cuadro 2.6.	Concentración móvil en el Extracto PECT del tepetate, para elementos normados por la NOM-157-SEMARNAT-2009.	30
Cuadro 2.7.	Determinación de la peligrosidad del tepetate, por su potencial de generación de drenaje ácido, basado en criterio de la NOM-157-SEMARNAT-2009. PA = Potencial de acidez; PN = Potencial de Neutralización; PNN = Potencial Neto de Neutralización; RPN = Relación del Potencial de Neutralización.	30
Cuadro 2.8.	Coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) que delimitan el Sitio del Proyecto ubicado en el municipio de Cananea, estado de Sonora.	44
Cuadro 2.9.	Dimensión y proporción de la superficie forestal total del Proyecto y la que será objeto del trámite de Autorización del CUSTF.	48
Cuadro 2.10.	Dimensión y proporción de la superficie total del Proyecto con relación a las obras permanentes.	49
Cuadro 2.11.	Vegetación y uso de suelo en el Sitio del Proyecto.	51
Cuadro 2.12.	Programa general de trabajo del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre" a ubicarse en el municipio de Cananea, Sonora.	58
Cuadro 2.13.	Superficie con pendiente menor y mayor de 30% en los polígonos que comprende el sitio del Proyecto.	61
Cuadro 2.14.	Especies de flora silvestre que serán objeto del Programa de Rescate y Reubicación para el Proyecto.	63
Cuadro 2.15.	Relación de residuos generados con almacenamiento y disposición final.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Ubicación geográfica del sitio en que se pretende desarrollar el Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".....	9
Figura 2.2.	Arreglo general de las obras a desarrollar dentro del Polígono 1 en el sitio del Proyecto.	10
Figura 2.3.	Obras complementarias del Nuevo Sistema Eléctrico (Anillo Eléctrico 34.5 kV), a desarrollarse en los Polígonos 2 y 3 del sitio del Proyecto.....	12
Figura 2.4.	Ubicación del sitio del Proyecto con respecto a la distribución de las microcuencas hidrológicas que tienen influencia en el proyecto de control, captación y conducción de agua pluvial.	16
Figura 2.5.	Ubicación y secciones del represo Los Alisos a construirse en el Proyecto.	18
Figura 2.6.	Ubicación y secciones del represo La Tinaja – El Encanto a construirse en el Proyecto.	19
Figura 2.7.	Obras del Canal Poniente en el Polígono 1 del sitio del Proyecto.	20
Figura 2.8.	Características del canal que conecta el represo El Aserradero con el represo Los Alisos.	22
Figura 2.9.	Características del canal que conecta el represo Los Alisos con el represo La Tinaja-El Encanto.	23
Figura 2.10.	Características del canal que conecta el represo La Tinaja-El Encanto con la Descarga.	24
Figura 2.11.	Ejemplo de sección transversal del canal y del camino interno para su mantenimiento en la estación 0+700.00.	26
Figura 2.12.	Características de Puente N°1 (izquierda) y Puente N°2 (derecha) sobre el canal El Aserradero – Los Alisos.	27
Figura 2.13.	Curvas representativas de la evolución de la calidad química de los lixiviados recuperados de las pruebas cinéticas en celdas húmedas de muestras de tepetate representativo de la mineralización de Buenavista del Cobre.	32
Figura 2.14.	Características de las estructuras tipo HS3G que integrarán el Anillo Eléctrico 34.5 kV en los Polígonos 2 y 3 del sitio del Proyecto.....	34
Figura 2.15.	Ubicación del sitio del Proyecto dentro del municipio de Cananea, estado de Sonora.....	37
Figura 2.16.	Vías de acceso para llegar al sitio del Proyecto ubicado en el Municipio de Cananea en el Estado de Sonora.	39

Figura 2.17.	Tipo de vegetación y Uso de Suelo en la superficie a afectar debido a las actividades del Proyecto.....	40
Figura 2.18.	Ubicación geográfica del Polígono 1 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.....	41
Figura 2.19.	Ubicación geográfica del Polígono 2 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.....	42
Figura 2.20.	Ubicación geográfica del Polígono 3 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.....	43
Figura 2.21.	Distribución de Obras en el Sitio del Proyecto.....	50
Figura 2.22.	Ubicación del almacén temporal de residuos peligrosos de la empresa Buenavista del Cobre que prestarán servicios al Proyecto.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 2.1	Plano DWG con la ubicación de los polígonos que comprenden el sitio del Proyecto y su Cuadro de coordenadas UTM Zona 14N, WGS 84 de la huella del proyecto.
Anexo 2.2	Plano DWG con la ubicación de las obras y actividades en el sitio del Proyecto y su Cuadro de coordenadas UTM Zona 14N, WGS 84 de la huella del proyecto.
Anexo 2.3	Esquema General de Distribución de Gastos, con los datos generales para los canales y los repesos comprendidos en el Canal Poniente.
Anexo 2.4	Plan de Manejo de Residuos que se aplicará en todas las etapas del Proyecto.
Anexo 2.5	Reporte de resultados de la prueba realizada a los residuos mineros tipo tepetate, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1. Información general del Proyecto.

II.1.1. Naturaleza del Proyecto

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P), por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del Proyecto denominado **"Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre"** (enseguida referido como el Proyecto), a ubicarse en el municipio de Cananea, estado de Sonora. En cumplimiento con los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el Promovente presenta la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P), con el propósito de identificar los impactos que se presenten durante el desarrollo del Proyecto, para así establecer las medidas de mitigación necesarias para la ejecución del Proyecto como parte del desarrollo sustentable de la región.

Debido al seguimiento con el programa de expansión y desarrollo estratégico de la empresa ----- (enseguida referida como la empresa o Buenavista del Cobre) en el municipio de Cananea, se ha puesto en marcha el Proyecto en cuestión, con el objeto de: [i] construir y operar obras de captación, almacenamiento y de conducción, que garanticen la captación y restitución de agua pluvial en las cuencas hidrológicas aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre, mediante la construcción del denominado Canal Poniente, que incluye la construcción y operación de represas para captación y almacenamiento de agua pluvial, un canal para la conducción del agua captada, y un camino para asegurar el mantenimiento de estas obras; [ii] ampliar el depósito de tepetate¹ denominado "Tepetatera Marros"; y [iii] construir y operar obras de transmisión de energía eléctrica, como parte del denominado "Anillo Eléctrico 34.5 kV".

¹ **Tepetates:** Residuos conformados por apilamiento de material mineral, sin valor económico. Incluye al descapote. Definición conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar los planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 de agosto de 2011.

El Proyecto se desarrollará en el denominado Sitio del Proyecto, constituido por tres polígonos que suman una superficie total de **214.4390 ha (2,144,389.71 m²)**, ubicados al Oeste de la cabecera municipal de Cananea y al Noroeste de las actuales instalaciones de Buenavista del Cobre (ver **Figura 2.1** y **Anexo 2.1**). Dentro de esta superficie (214.4390 ha), se ejecutarán distintas obras de carácter permanente para el desarrollo del Proyecto, abarcando un total de **97.1312 ha (971,312.07 m²)**.

En el **Cuadro 2.1** se presenta la superficie correspondiente de cada polígono, que integra el Sitio del Proyecto y la superficie ocupada por las obras permanentes dentro de cada polígono.

Cuadro 2.1. Polígonos del Sitio del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".

Polígono del sitio del Proyecto	Superficies del Sitio del Proyecto		Obras permanentes por Polígono (huella del Proyecto)	
	m ²	ha	m ²	ha
Polígono 1	2,074,543.68	207.4544	901,466.04	90.1466
Polígono 2	56,968.96	5.6969	56,968.96	5.6969
Polígono 3	12,877.07	1.2877	12,877.07	1.2877
TOTAL	2,144,389.71	214.4390	971,312.07	97.1312

Dentro del **Polígono 1** se incluirán las obras civiles para la construcción y operación del Canal Poniente, el cual servirá para la captación y conducción de aguas pluviales como medida de reintegración del agua al medio y de protección de las áreas de terreros y minados del complejo minero. De igual manera, este Polígono comprende los caminos de acceso, camino para mantenimiento y contracunetas; así como el área destinada a la ampliación de la Tepetatera Marros (ver **Figura 2.2**).

Las obras sujetas a Autorización en materia de Impacto Ambiental dentro de este Polígono 1, comprenden la sección del Canal Poniente, que proviene del represo derivador ubicado en la microcuenca El Aserradero, el represo en la microcuenca Los Alisos, el canal hasta la microcuenca La Tinaja-El encanto, donde se encuentra un tercer represo, y el canal proveniente de esta última hasta la Descarga final al Río Sonora (**Figura 2.2**).

Con la intención de dar mantenimiento a los canales que se verán incluidos dentro de las obras de captación y conducción de aguas pluviales, se proyectaron caminos de acceso, caminos internos y contra cunetas para el control de escurrimientos y protección del canal, por lo que estas obras se ubicaran aguas arriba y por fuera del corte, a partir de los caminos de acceso.

Antes de la obra civil y posterior al despalme de la cubierta vegetal, se proyecta la construcción de un camino de aproximadamente 15 metros de ancho (camino canal), ubicado en la trayectoria del canal a construir, utilizando para ello maquinaria y en ocasiones barrenación y voladuras. Este camino, servirá para la construcción del canal y para la circulación de equipo de medianas dimensiones (retroexcavadoras, camiones articulados), así como vehículos de menores dimensiones para el movimiento de materiales previos a la construcción del canal.

De manera adicional, se contemplan terraplenes en las cañadas y laderas aguas abajo del camino canal, por lo que la zona de afectación comprende una franja sobre el cerro de 45 metros de ancho promedio, que corresponde al corte y relleno que se hará en las laderas de los cerros actuales, identificado como área de pateo de las obras (canal y camino de mantenimiento).

El camino para el tránsito de vehículos tendrá 5 metros de ancho y pendiente de 0.5%, estará alojado a un lado de los canales siguiendo su misma trayectoria y en ciertos puntos deberá cruzarlos para continuar libremente con su trayecto, el cual inicia desde el vaso de la presa El Aserradero y termina junto al tanque amortiguador en la descarga. Este camino servirá para la construcción y mantenimiento del canal, así como para el movimiento de vehículos de dimensiones medianas y menores necesarios para el movimiento de materiales previos a la construcción del canal.

Para el cruce del camino con los canales, se han proyectado siete puentes a 45° (con respecto a su eje direccional) con características similares, variando principalmente en su longitud debido a la geometría que presenta cada canal por el aumento de gasto hacia la descarga.

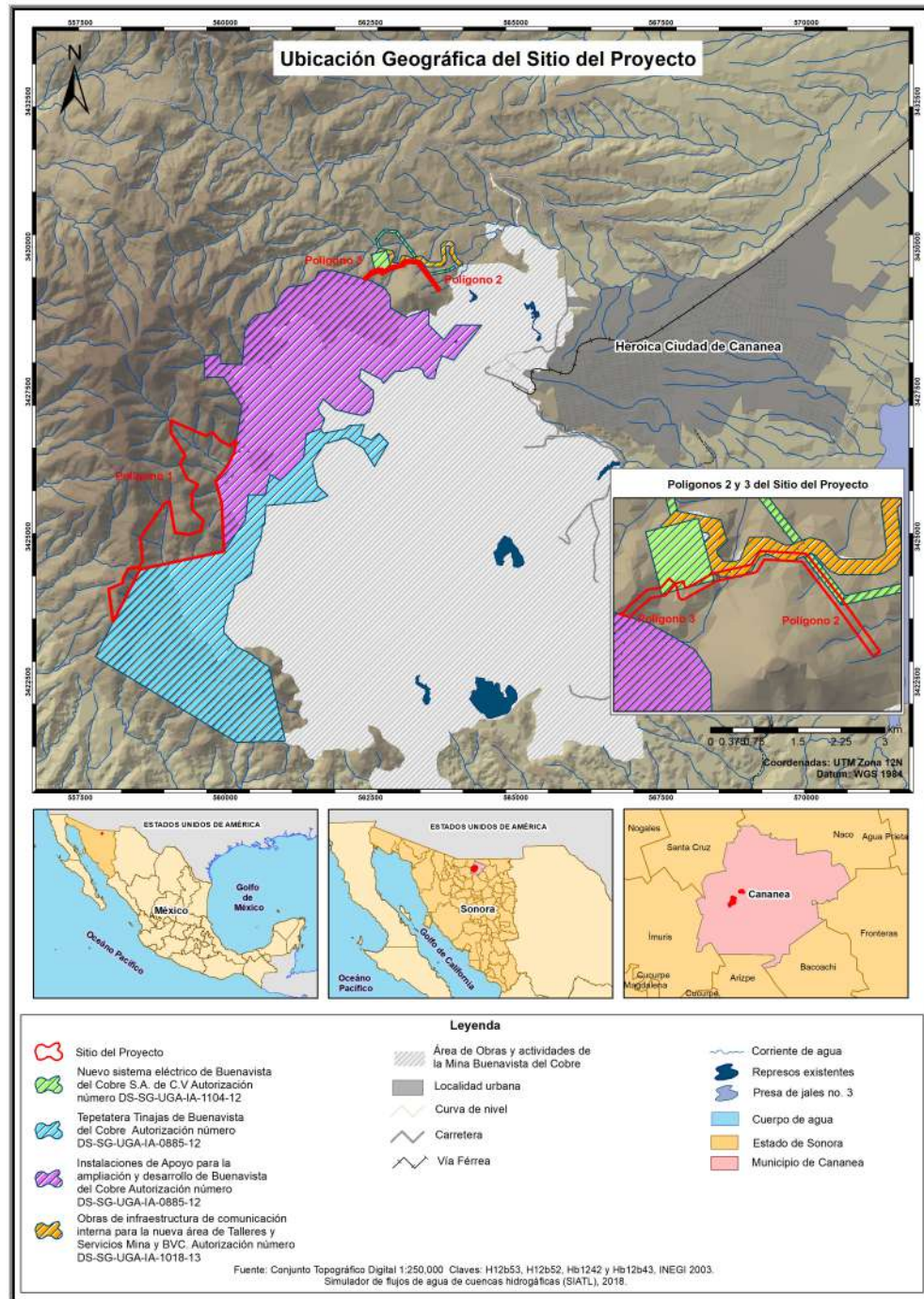


Figura 2.1. Ubicación geográfica del sitio en que se pretende desarrollar el Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".

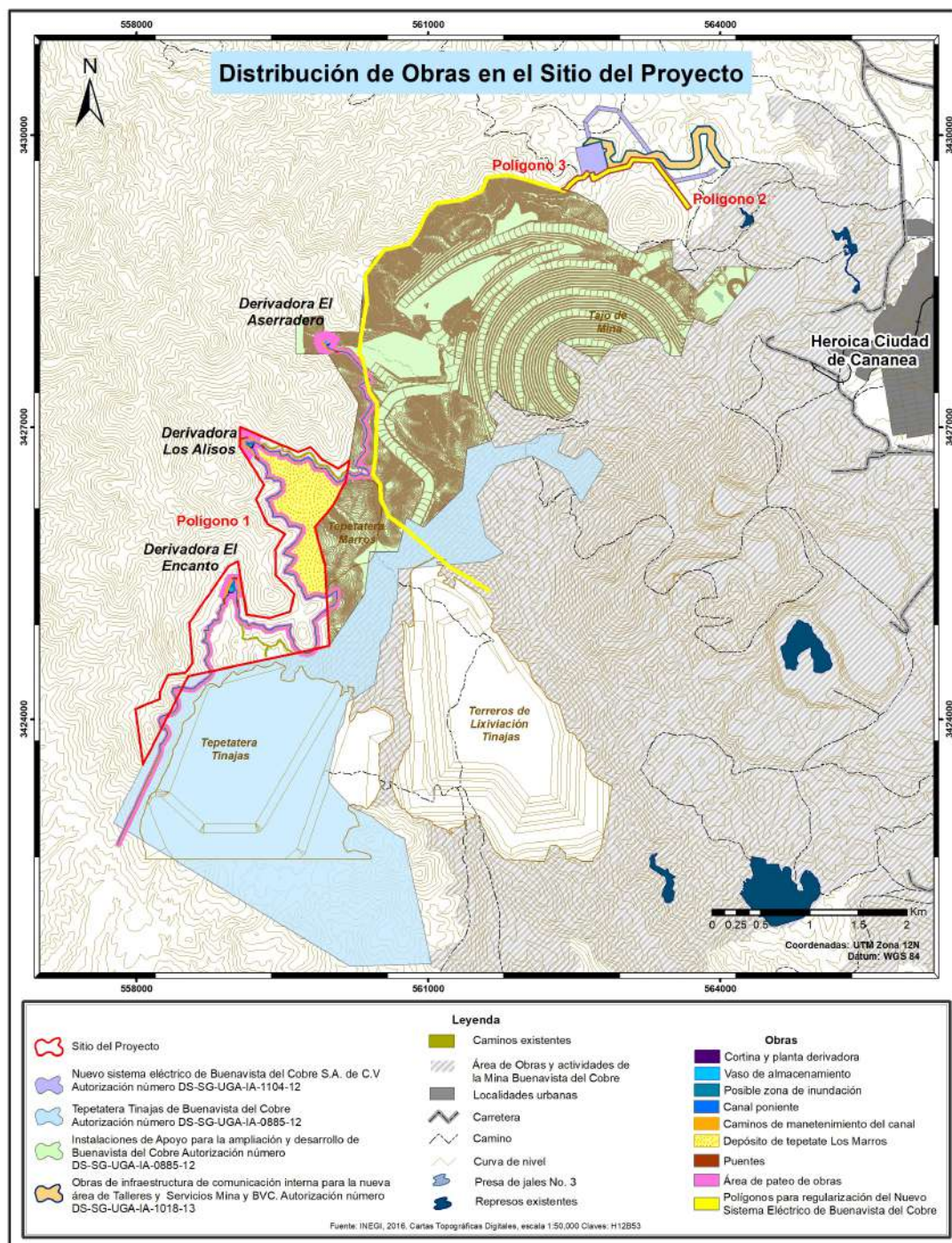


Figura 2.2. Arreglo general de las obras a desarrollar dentro del **Polígono 1** en el sitio del Proyecto.

Dentro del mismo Polígono 1, se considera la ampliación de la Tepetatera Marros en donde se contarán con espacios adecuados para el depósito de tepetate, como apoyo a las operaciones del tajo por obras de descapote. El depósito de tepetate corresponde a material pétreo "*run off mine*" sin triturar y acarreado mediante camiones que facilitan la disposición del material para construir plataformas que aseguran el control y disposición del material de descapote de la mina. Esta se ubicará cerca de las operaciones de minado y tendrá la capacidad de almacenar 100 millones de toneladas de tepetate (ver **Figura 2.2**).

Para los **Polígonos 2 y 3** se tiene contemplada la construcción y operación de obras de suministro e instalación complementaria del Anillo Eléctrico 34.5 kV, la cual tendrá como punto de partida la existente Subestación Eléctrica Mina, realizando enlaces principalmente con subestaciones ubicadas en la Mina (tajo) que opera la empresa, así como subestaciones alternas a diversas áreas. Esta obra forma parte del sistema eléctrico de la empresa, siendo una continuación de la Línea de Transmisión Eléctrica, dentro de su capacidad a 34.5 kV, llamado "Anillo Eléctrico 34.5 kV" (ver **Figura 2.3**). En el **Anexo 2.2** se reporta el plano DWG con la ubicación de las obras en el sitio del Proyecto.

Este Proyecto forma parte, al igual que otros proyectos previamente autorizados, del programa estratégico de desarrollo e inversión de la empresa Buenavista del Cobre para incrementar la recuperación y producción de cobre en el municipio de Cananea, Sonora, a través de la instalación y operación de nuevas infraestructuras que den estricto cumplimiento en materia ambiental tanto a los estudios de impacto, como de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, de los cuales en la actualidad algunos de ellos han sido recientemente resueltos y otros se encuentran en evaluación por la misma Delegación Federal de la SEMARNAT en el estado de Sonora (ver **Cuadro 2.2**).

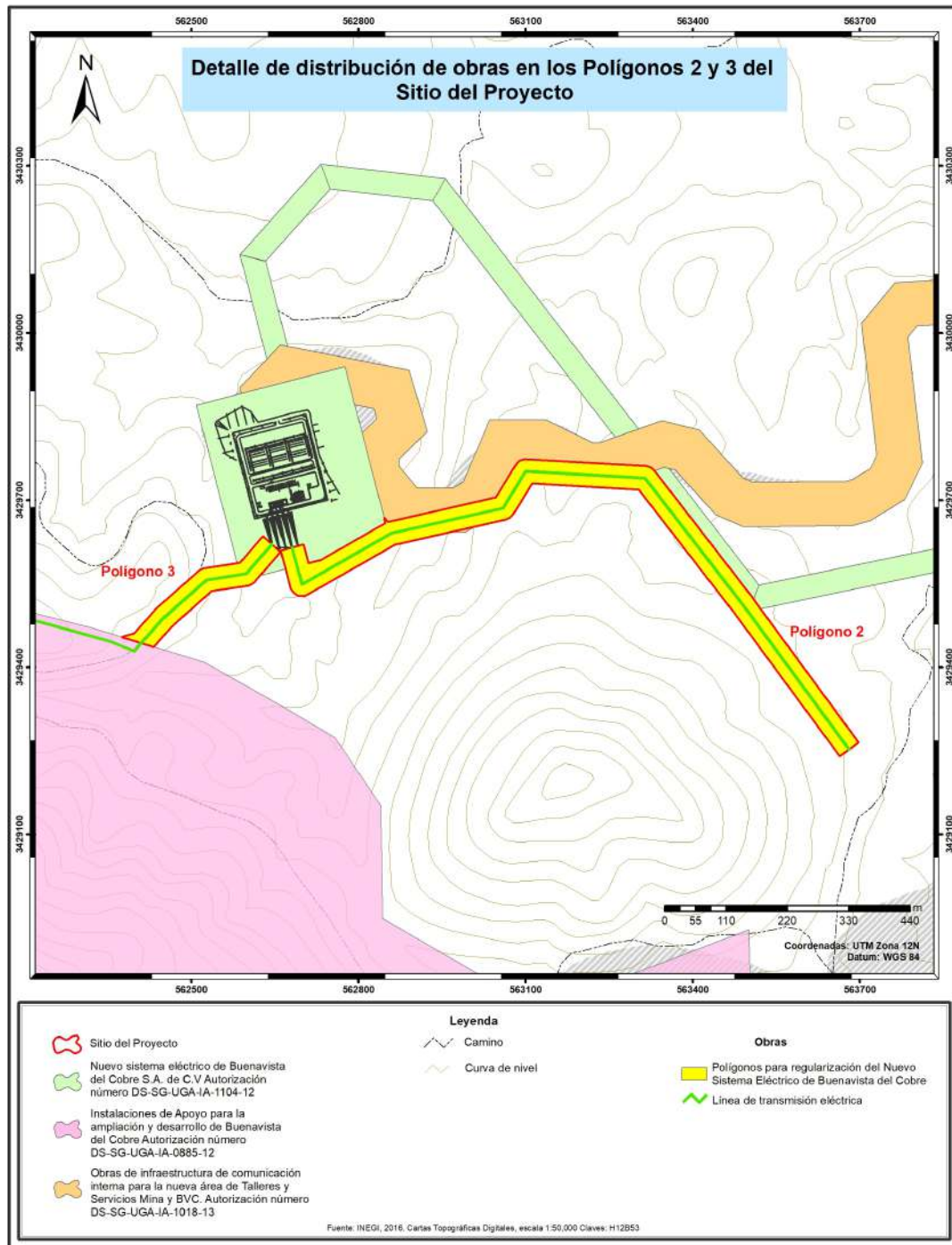


Figura 2.3. Obras complementarias del Nuevo Sistema Eléctrico (Anillo Eléctrico 34.5 kV), a desarrollarse en los **Polígonos 2 y 3** del sitio del Proyecto.

Cuadro 2.2. Proyectos autorizados por SEMARNAT, asociados al Proyecto denominado "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre".

Proyecto	Autorización por Impacto Ambiental	Autorización por Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales
Concentradora de Cobre II		
Terreros de lixiviación Tinajas		
Tepetatera Tinajas – polígono 1		
Tepetatera Tinajas polígono 2		
Nuevo Sistema Eléctrico		
Nuevos Talleres y Servicios Mina		
Instalaciones de Apoyo para la ampliación y el desarrollo de Buenavista del Cobre		
Obras de infraestructura de comunicación interna para la nueva área de Talleres y Servicios Mina y BVC		

II.1.1.1. Obras civiles para la construcción del Canal Poniente

Con el fin de evitar que el agua pluvial escurra de manera natural desde las microcuencas: El Aserradero, Los Alisos y La Tinaja–El Encanto, hasta áreas de producción del complejo minero (ver **Figura 2.4**), se incluye en el presente estudio una propuesta para la captación y conducción de agua pluvial por medio de represos y canales, los cuales funcionarán exclusivamente por gravedad para la derivación y regulación de caudales de agua pluvial durante las temporadas de lluvias, y conduciendo el agua fuera de estas microcuencas para reintegrarla al medio (ver **Figura 2.2**).

Las microcuencas El Aserradero, Los Alisos y La Tinaja–El Encanto forman parte de la subcuenca hidrológica Bacanuchi, al Poniente del Sitio del Proyecto (ver **Figura 2.4**), y de la cual derivan escurrimientos desde el flanco Occidental de la Sierra del Manzanal y parte de la Sierra Elenita (ver descripción de Hidrología en el Capítulo IV de este estudio; **Figura 2.4**). De los estudios hidrológicos (**Anexo 4.5**), se calcularon los datos de gasto hidrológico y el

área de cuenca para determinar las dimensiones del canal y de las cortinas (bordos) de los represas para dichas microcuencas:

• El Aserradero:	0.452 m ³ /s	1.62 km ²
• Los Alisos:	0.957 m ³ /s	1.72 km ²
• La Tinaja-El Encanto:	1.152 m ³ /s	0.61 km ²

Con el objetivo de desviar el agua procedente de los arroyos El Aserradero, Los Alisos y La Tinaja–El Encanto, serán construidos tres presas derivadoras o represas para captar temporalmente el agua pluvial y así poder conducirla hacia una descarga final en el Río Sonora, aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre, protegiendo las infraestructuras de los nuevos proyectos de la empresa, que estarán localizados aguas abajo de las microcuencas que albergan dichos arroyos, así como restituyendo el agua pluvial en la cuenca del Río Sonora. Las características de los tres represas o presas derivadoras incluidas en el Canal Poniente se presentan a continuación, de los cuales los represas Los Alisos y Tinajas-El Encanto, están incluidos dentro del sitio del Proyecto, en el **Polígono 1**:

- **Derivadora o represo El Aserradero:** con cortina de 36 metros de largo y altura de base de 10.9 metros, un vertedor de 24 m de longitud; construido con 1,360 m³ de mampostería de piedra braza. Este represo no se encuentra dentro del sitio del Proyecto objeto de esta MIA-P.
- **Derivadora o represo Los Alisos:** con cortina de 64 metros de largo y altura de base de 14.30 metros, vertedor de 30 m; construido con 3,980 m³ de piedra braza (ver **Figuras 2. 2 y 2.5**).
- **Derivadora o represo Tinaja-El Encanto:** con cortina de 66 m de largo, vertedor de 20 m y una altura de base de 10.4 m; construido con 2,680 m³ de piedra braza (ver **Figuras 2. 2 y 2.6**).

De estas tres presas derivadoras, las últimas dos (Los Alisos y La Tinaja–El Encanto) junto con tramos del canal de conducción del agua pluvial captada, son objeto de la presente solicitud de Autorización en materia de Impacto Ambiental (ver **Figura 2.7**), mientras que la primera presa derivadora (El Aserradero) se ubica dentro del polígono autorizado para el

proyecto "Instalaciones de apoyo para la ampliación y el desarrollo de Buenavista del Cobre" (autorización de Impacto Ambiental DS-SG-UGA-IA-0403-15) estando ya autorizado como parte de las obras de captación y desvío para dicho Proyecto (ver **Cuadro 2.2**).

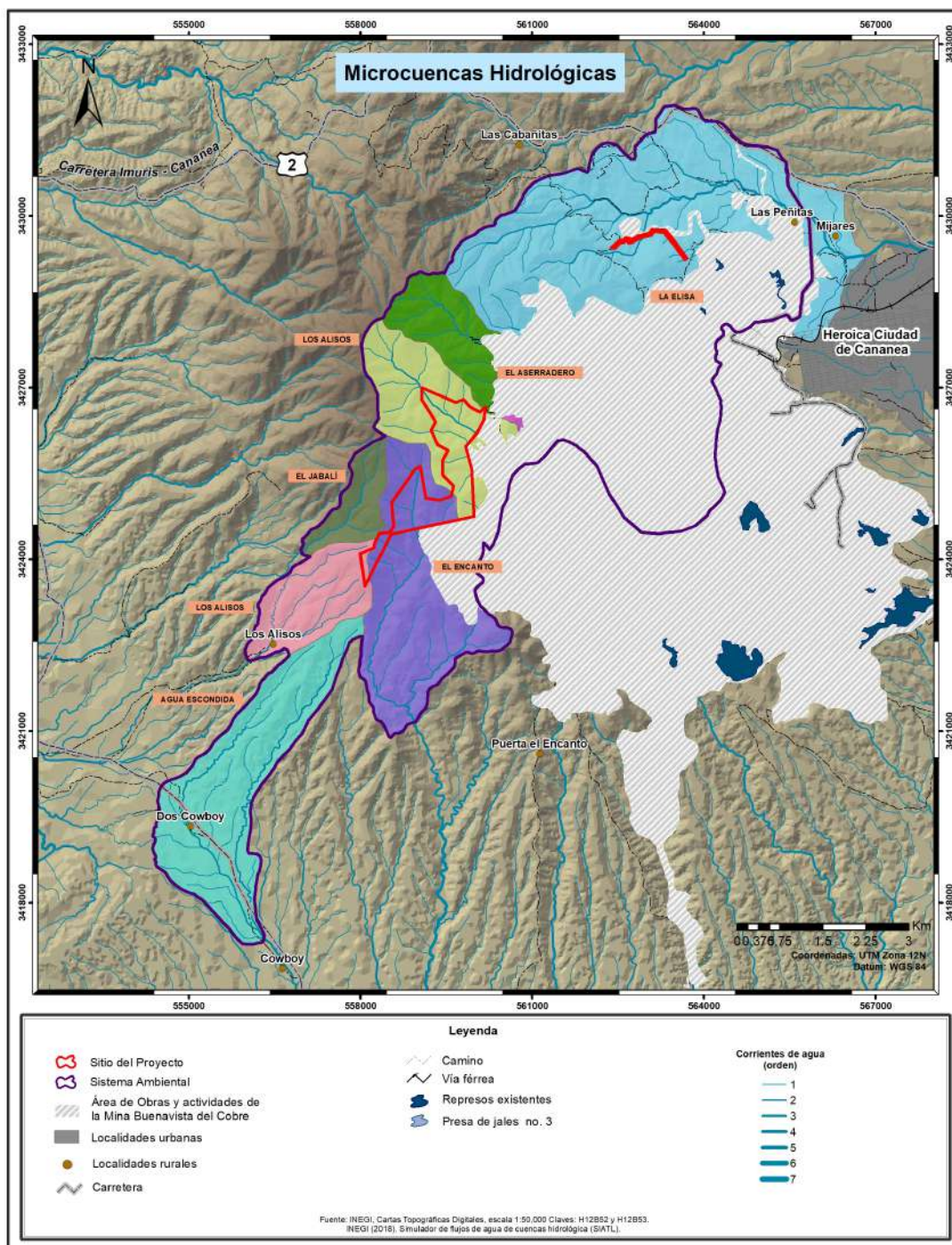


Figura 2.4. Ubicación del sitio del Proyecto con respecto a la distribución de las microcuencas hidrológicas que tienen influencia en el proyecto de control, captación y conducción de agua pluvial.

El sistema de presas derivadoras estará diseñado para captar el gasto de escurrimientos con un período de retorno de 100 años y en caso de ocurrir una avenida mayor el agua escurriría a través de un vertedor construido sobre la cortina de cada una de las presas. La superficie de afectación comprendida por cada represo es de 4.5 ha tal y como se muestra en la **Figura 2.2**. Las cortinas de los represos serán construidas con materiales de préstamo, que conformarán un cuerpo principal construido en material limo-arcilloso compactado (15 a 30% arcilla), cubierto por una chapa de enrocamiento que evitará la erosión hídrica y eólica del cuerpo de la cortina. Se utilizará roca del material de corte y excavación obtenido durante la preparación del sitio del canal y del camino de mantenimiento. Se estima un volumen de 7,000 a 8,000 m³ de material requerido para la construcción de los bordos de las tres cortinas, mientras que el volumen de corte por la construcción del canal y del camino es de 347,692 m³. Contará con talud vertical en paramento de aguas arriba y 1:1 en el de aguas abajo, el ancho de la corona será de 2 m y de 1.50 m en la zona vertedora para las tres presas; para el caso de la presa Los Alisos tendrá una altura desde el desplante de 14.30 m, ancho de base de 14 m y La Tinaja-El Encanto será de 10.40 m y su ancho de base de 8 m (ver **Figuras 2.5 y 2.6**).

Por su parte, el objetivo de las obras de canales, es captar y conducir el agua pluvial procedente de los escurrimientos aguas arriba del polígono del sitio del Proyecto, como consecuencia de la precipitación pluvial. El conjunto de canales, que son objeto de la presente solicitud de Autorización por Impacto Ambiental, abarca una parte del canal proveniente de la presa derivadora El Aserradero, el cuál llega a la presa derivadora de la microcuenca Los Alisos, para después continuar el segundo tramo hacia la presa derivadora La Tinaja-El Encanto; finalmente, a partir de esta última sale un tercer tramo hasta la descarga final en el Río Sonora (ver **Figuras 2.8 a 2.10**).

El canal será de sección triangular, 3 m de ancho, 75 cm de profundidad y con pendientes de 1.5:1 para conducir el agua descargada de los represos hasta el embalse de la presa derivadora encontrada aguas abajo. El trazo de los canales será de acuerdo a la topografía de la zona, esto quiere decir que se seguirá el trazo de las curvas de nivel para obtener una pendiente subcrítica media de dos al millar (0.002).

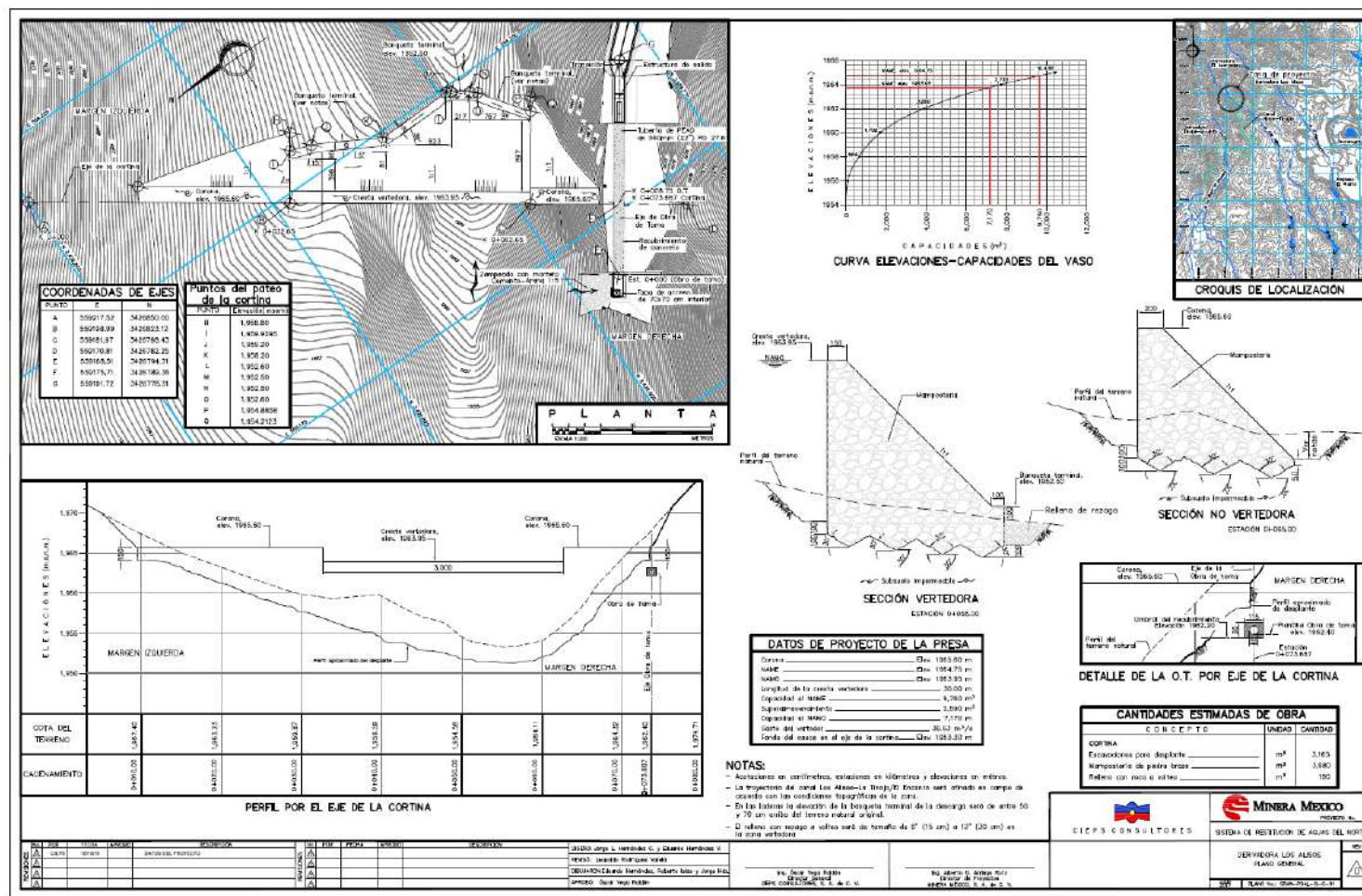


Figura 2.5. Ubicación y secciones del represo Los Alisos a construirse en el Proyecto.

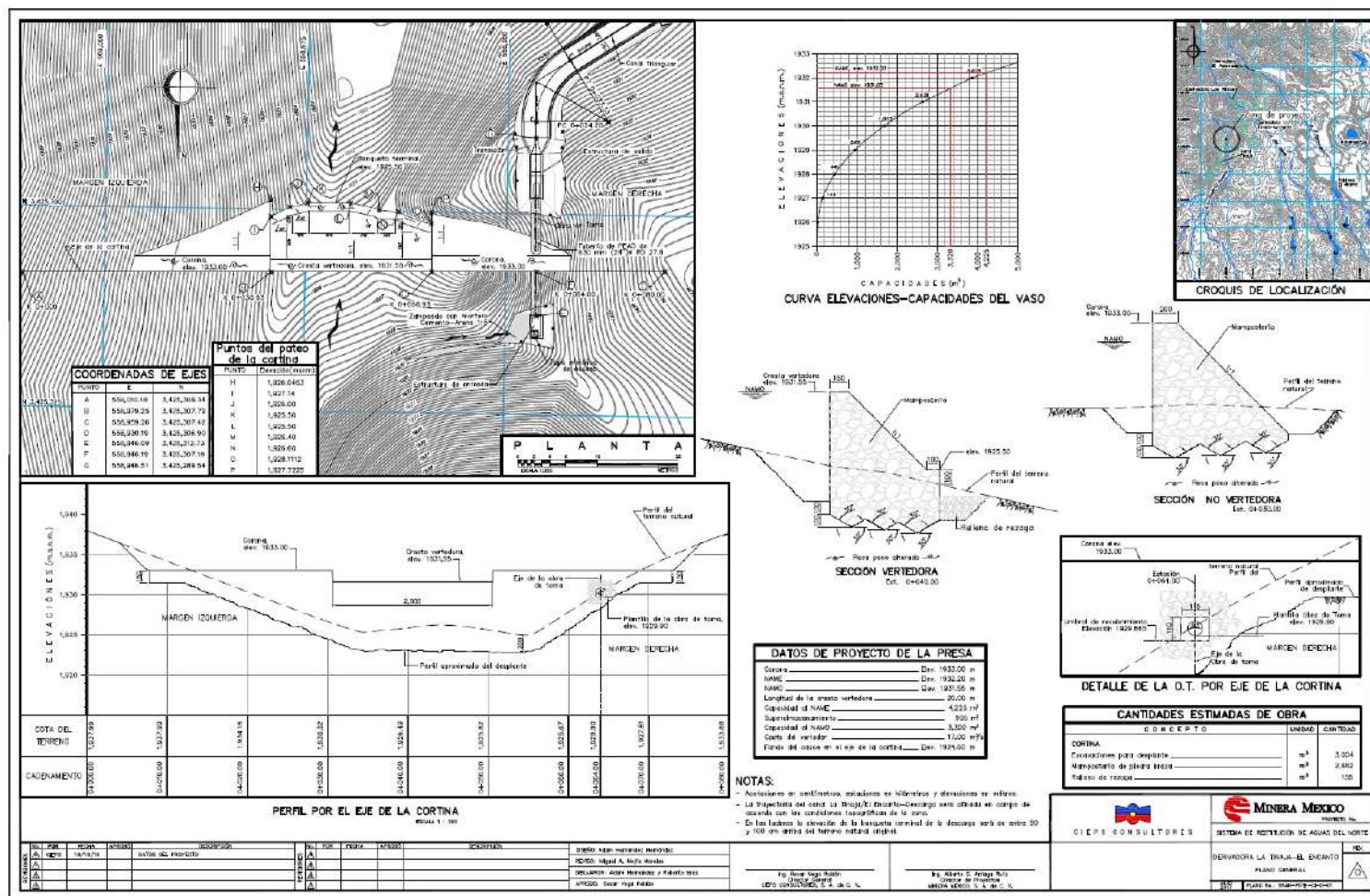


Figura 2.6. Ubicación y secciones del represo La Tinaja – El Encanto a construirse en el Proyecto.

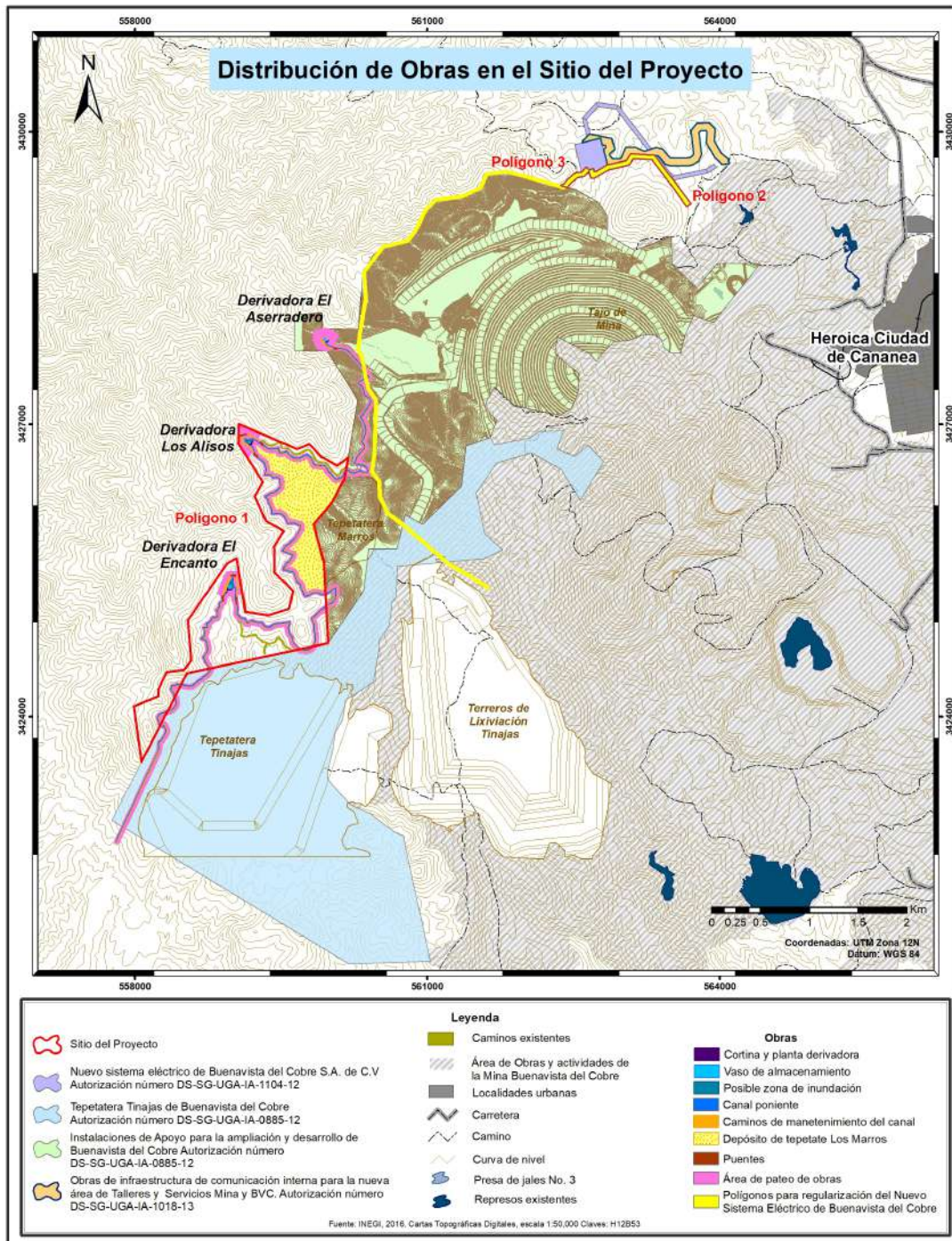


Figura 2.7. Obras del Canal Poniente en el **Polígono 1** del sitio del Proyecto.

En caso de que el trazo de los canales quede demasiado alejado de los embalses, se propondrán tramos específicos con pendientes supercríticas para lograr que dichos canales tengan una descarga lo más cercana posible a los embalses, con la finalidad de evitar la construcción de estructuras que deban amortiguar descargas bruscas.

La longitud total del canal es de 11.713 km de los cuales 7.143 km se encuentran comprendidos dentro del Polígono 1 y el sitio del Proyecto. Entre las presas derivadoras El Aserradero y Los Alisos la longitud del canal dentro del Polígono 1 es de 1.265 km. A partir de la derivadora Los Alisos la continuación del canal es a través del vertedor de la cortina localizada en la cota 1956 m.s.n.m., en las coordenadas UTM 559190.0309 m E, 3426793.4314 m N, con una pendiente del canal de 0.05% y una longitud de 4.8595 km hasta llegar al represo La Tinaja-El Encanto.

Del vertedor de esta última derivadora, continua el trazo en la cota 1928.5 m.s.n.m., en las coordenadas UTM 558959.0562 m E, y 3425299.9548 m N, con una pendiente variable debido a que el último tramo se trazó sobre el parteaguas, para finalmente descargar sobre el Río Sonora.

El canal tiene identificados 23 afluentes, distribuidos de la siguiente manera:

- 6 dentro del tramo comprendido entre las presas derivadoras El Aserradero y Los Alisos.
- 10 localizados en la sección comprendida entre las presas derivadoras Los Alisos y La Tinaja-El Encanto.
- 7 afluentes dentro del último tramo La Tinaja-El Encanto-Descarga final.

La obra de descarga del agua captada consistirá en un canal rectangular con pendiente supercrítica, debido a la topografía accidentada de la zona y a la proximidad con la que se encuentra el punto elegido para la descarga. Dicho canal deberá contar con una estructura final para amortiguar y disipar la energía del agua justo antes de entregarla aguas abajo en la cuenca del Río Sonora (ver **Figuras 2.2 y 2.4**).

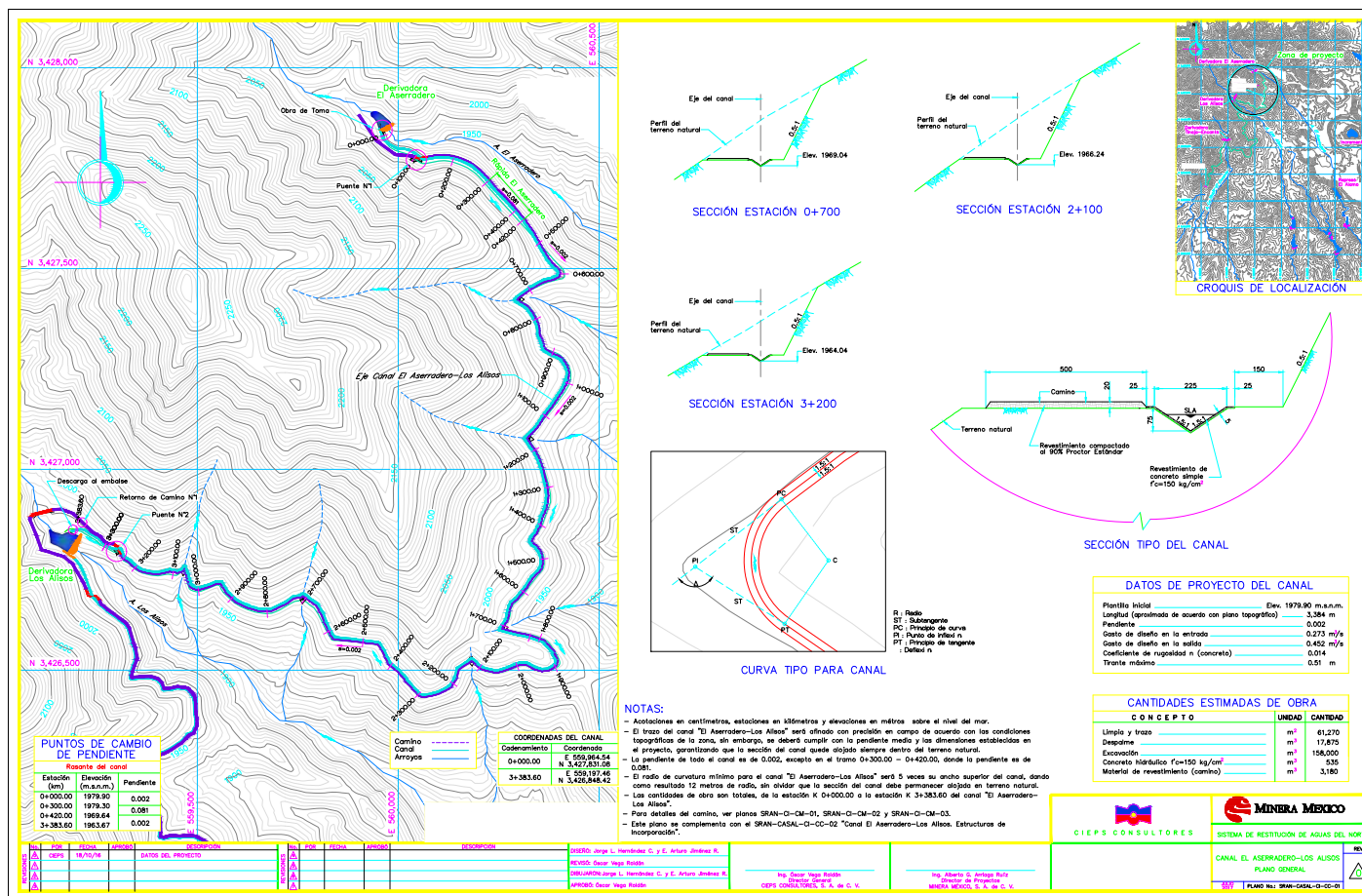


Figura 2.8. Características del canal que conecta el represo El Aserradero con el represo Los Alisos.

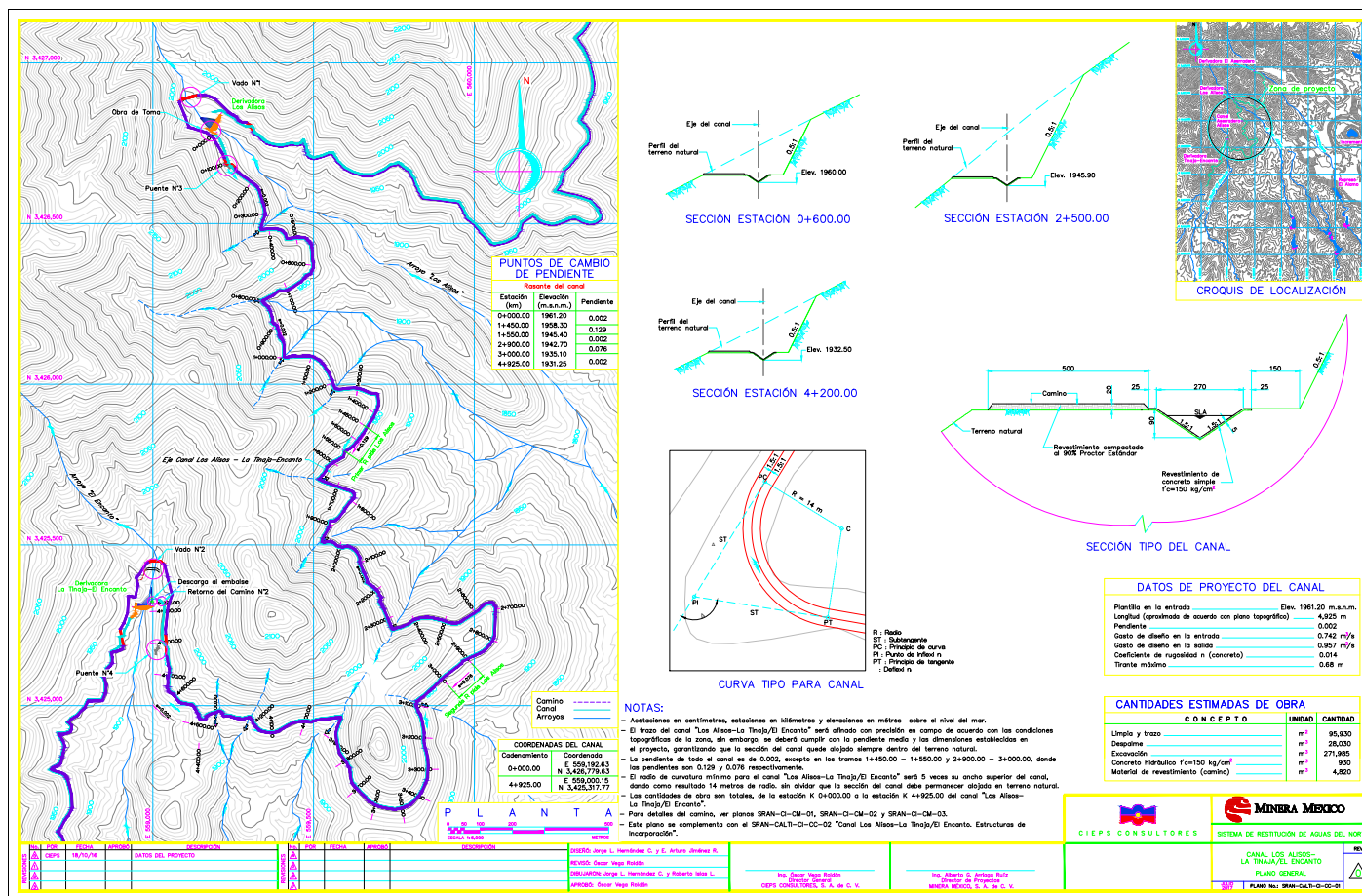


Figura 2.9. Características del canal que conecta el represo Los Alisos con el represo La Tinaja-El Encanto.

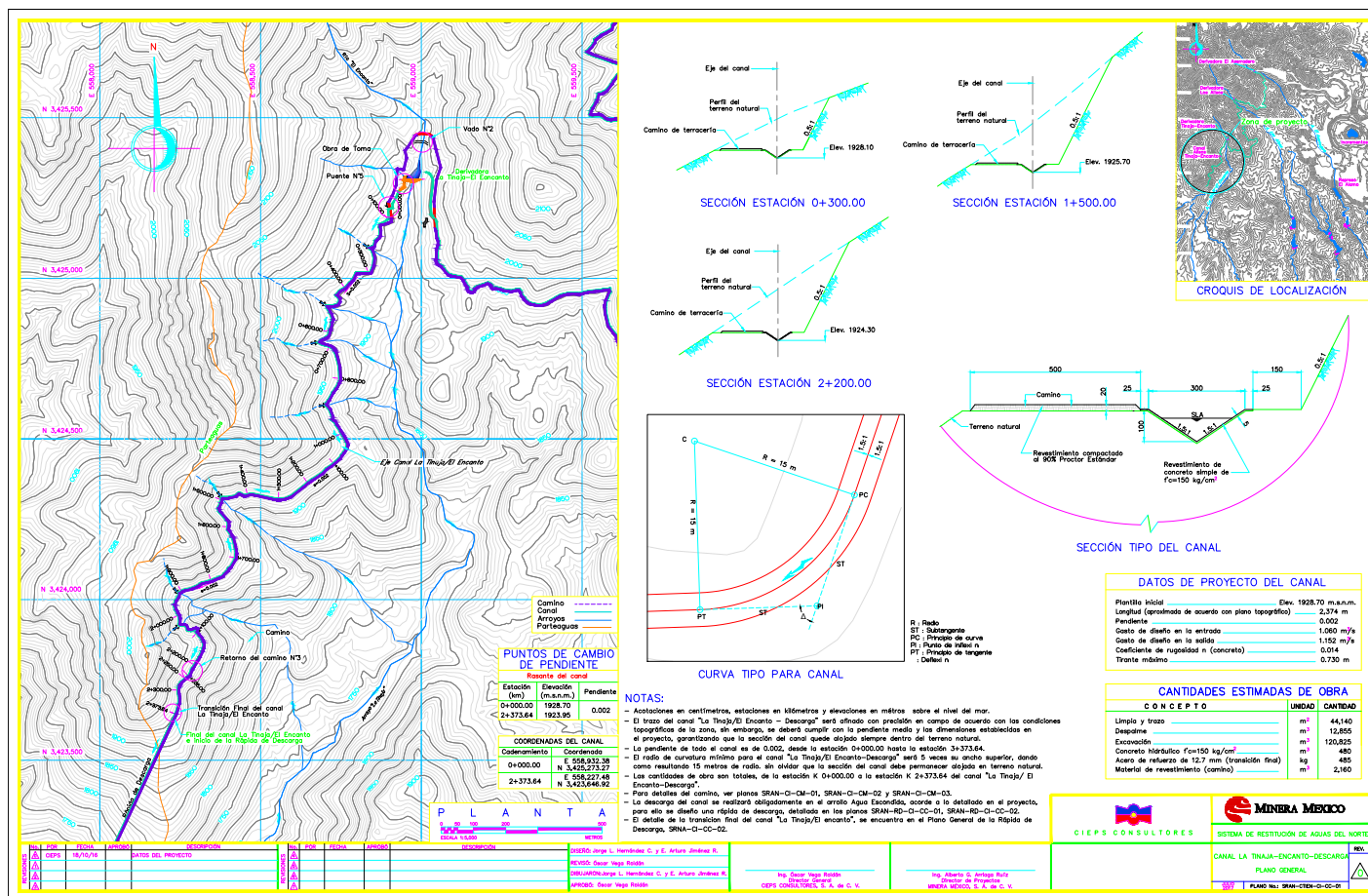


Figura 2.10. Características del canal que conecta el represo La Tinaja-El Encanto con la Descarga.

II.1.1.2. Caminos, puentes y cruces de las obras civiles para la captación y desvío de aguas pluviales

Para lograr el acceso, comunicación y mantenimiento de las obras civiles del Canal Poniente (represos y canales), se propone la construcción de caminos de acceso, caminos internos y contra cunetas para el control de escurrimientos y protección del canal, por lo que dichas obras se ubicaran aguas arriba y por fuera del corte, a partir de los caminos de acceso.

Los caminos, para el tránsito de vehículos, serán de 5 metros de ancho y comprenden una longitud de 7.719 km dentro del **Polígono 1**. Estos se encuentran alojados de manera paralela sobre el margen de los canales y en determinados puntos cruzará para continuar libremente con su trayecto, que inicia desde el vaso de la presa El Aserradero y termina junto al tanque amortiguador en la Descarga. Del lado contrario al canal se incluye una banqueteta de 1.5 metros, con la finalidad de evitar que posibles caídos golpeen y obstruyan el canal de conducción (ver **Figura 2.11**). Para el cruce del canal se contempla la construcción de siete puentes a 45° con características similares, variando principalmente su longitud debido a la geometría que presenta cada canal por el aumento de gasto hacia la descarga (**Figura 2.12**); las coordenadas métricas centrales UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) de los puentes se presentan en el **Cuadro 2.3** y su superficie en el **Cuadro 2.4**; de los cuales seis se encuentran en el sitio del Proyecto (puentes 2 a 7).

Cuadro 2.3. Coordenadas centrales de los puentes de cruce sobre el Canal Poniente para el **Polígono 1**.

No. De Puente	X	Y
Puente 2	559303.1775	3426801.7166
Puente 3	559111.4433	3426891.9922
Puente 4	559237.7891	3426686.3256
Puente 5	559041.4909	3425188.9045
Puente 6	559009.3119	3425448.9591
Puente 7	558903.1514	3425211.7955

Cuadro 2.4. Superficies de los puentes sobre el Canal Poniente para el **Polígono 1**.

No. De Puente	m ²	ha
Puente 2	177.65	0.0178
Puente 3	340.20	0.0340
Puente 4	249.27	0.0249
Puente 5	332.77	0.0333
Puente 6	242.80	0.0243
Puente 7	265.19	0.0265
TOTAL	1,607.88	0.1608

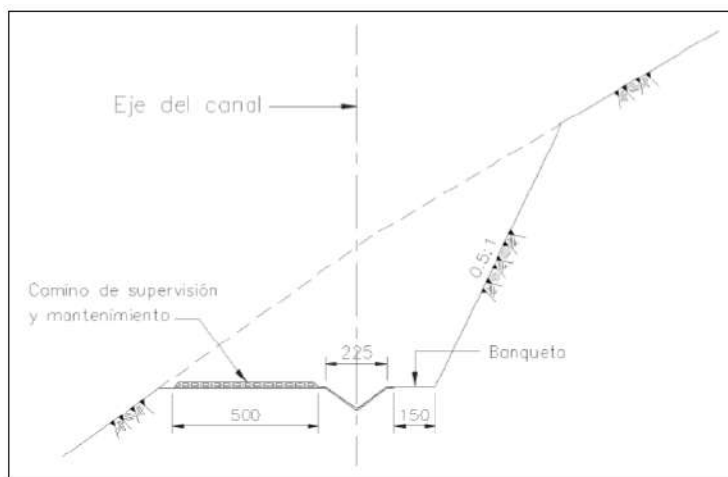


Figura 2.11. Ejemplo de sección transversal del canal y del camino interno para su mantenimiento en la estación 0+700.00.

De los siete puentes, los dos primeros cruzan el canal El Aserradero–Los Alisos, el primero de ellos tiene la finalidad de juntar el canal con el camino y el segundo de separarlos para que así el camino pueda continuar su trayecto rodeando el vaso de la presa Los Alisos, mientras que el canal concluye descargando en este mismo vaso. Un tercer puente aparece en la parte posterior de la presa Los Alisos y da continuidad al camino hasta un cuarto puente que une nuevamente al camino con el canal. Ambos continúan de manera paralela hasta llegar al quinto puente, donde son separados con la finalidad de que el canal pueda descargar en la cortina de la presa La Tinaja-El Encanto y el camino pueda rodear la presa y atravesar un sexto puente ubicado en la parte posterior de esta misma. Finalmente, al terminar de rodear el vaso el camino se vuelve a unir al canal con un séptimo puente el cual conduce a ambos

hacia la descarga final. A partir de este último punto el camino se aleja gradualmente del canal de descarga debido a la topografía accidentada de la zona para descender con una pendiente máxima de 12% hasta el tanque amortiguador.

En el **Anexo 2.3** se muestra el Esquema General de Distribución de Gastos, con los datos generales para los canales y los repesos comprendidos en el Canal Poniente.

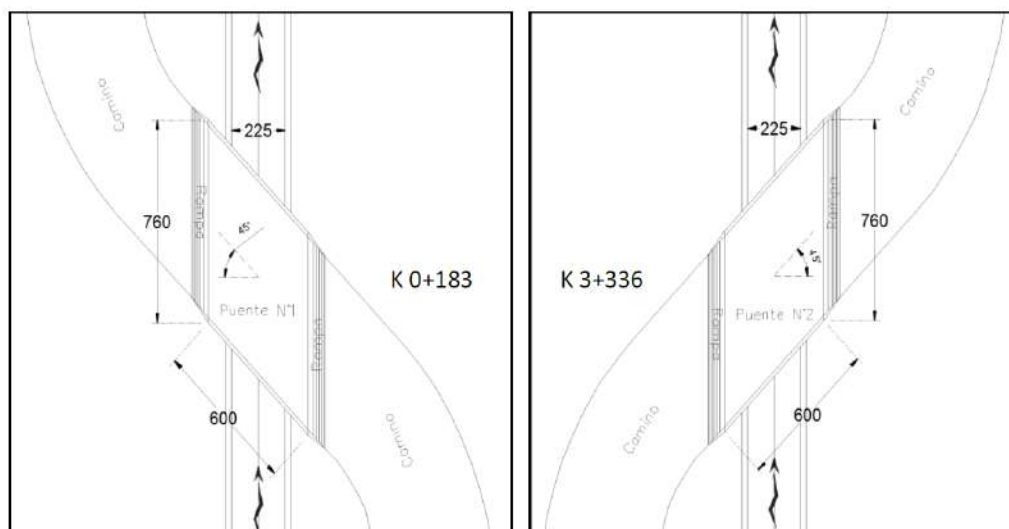


Figura 2.12. Características de Puente N°1 (izquierda) y Puente N°2 (derecha) sobre el canal El Aserradero – Los Alisos.

II.1.1.3. Tepetatera Marros

La importancia de la Tepetatera Marros recae en contar con espacios adecuados para la ampliación de la disposición del tepetate procedente del descapote de la mina (tajo) que opera Buenavista del Cobre. El área para dicha obra, comprendida dentro del Polígono 1, es de **51.1109 ha (511,109.20 m²)**. Esta se encuentra cerca de las operaciones de minado y tiene la capacidad de almacenar 100 millones de toneladas de tepetate, que al depositarlo en este sitio dentro del Polígono 1 del sitio del Proyecto, favorece disminuir las distancias y transporte del tepetate hacia la tepetatera Tinajas, lo que disminuye la generación de polvos y partículas, así como la emisión de gases efecto invernadero por el consumo de combustibles usados en los vehículos de carga y transporte, además que se estima un ahorro de 60 millones de dólares al año.

El depósito de Tepetate sin triturar en lugares cercanos a la mina representa ahorro en acarreo y además permite rellenar espacios de Topografía con cañadas profundas, para preparar áreas amplias y planas fuera de la mina, que son indispensables para las operaciones, debido a que al nivelar el terreno se preparan los espacios adecuados para construir las instalaciones de apoyo a las operaciones mineras.

La Tepetatera Marros se proyecta en la ladera inferior del canal, ubicada en la microcuenca Los Alisos, con el objetivo de preparar espacios adecuados para construir oficinas, comedores, baños y casa de cambio, estacionamiento, subestaciones eléctricas, estación de servicio, antenas para comunicaciones, vigilancia, laboratorio electrónico y torre de control. Esta obra se requiere para la nivelación del terreno hasta la cota 1950 mediante el depósito de Tepetate sin triturar en la microcuenca Los Alisos. La ubicación fue seleccionada por las ventajas que presenta la posición elevada respecto a las operaciones.

Caracterización de la peligrosidad del tepetate. Para evaluar la peligrosidad del material mineral estéril (tepetate) que será dispuesto en la Tepetatera Marros, se procedió a su caracterización conforme a lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009² (enseguida referida como NOM-157), cuyos resultados se describen a continuación y que ya fueron objeto de reporte a la SEMARNAT como parte del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto "Tepetatera Tinajas" (Autorizado mediante el oficio DS-SG-UGA-IA-0885-12).

El análisis de la concentración total (base seca) del tepetate, se reporta en el **Cuadro 2.5**. En estos resultados se observa que la concentración total de la mayoría de los elementos normados está por debajo del correspondiente Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la NOM-157, a excepción de los elementos antimonio (Sb), arsénico (As) y plomo (Pb) que, para algunas muestras, su concentración total base seca está por arriba del correspondiente LMP.

² **Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009**, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar los planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 de agosto de 2011

Cuadro 2.5. Concentración total (base seca) en el tepetate que será dispuesto en la Tepetatera Marros, para elementos normados por la NOM-157-SEMARNAT-2009.

ID BANCO	ANTIMONIO mg/kg	ARSÉNICO mg/kg	BARIO mg/kg	CADMIO mg/kg	CROMO mg/kg	MERCURIO mg/kg	PLATA mg/kg	PLOMO mg/kg	SELENIO mg/kg
1665	32.91	54.26	69.41	16.17	< LC	0.79	< LC	32.28	0.91
1650	41.84	33.21	146.08	< LC	< LC	< LC	< LC	329.72	3.11
1650	< LC	21.80	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	1.53
1395	29.64	20.54	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	84.06	0.89
1680	50.76	5.79	140.14	< LC	12.35	0.67	< LC	12.46	2.18
1545	33.03	81.60	93.09	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	2.99
1575	55.23	39.41	< LC	1.33	8.93	1.34	8.82	206.52	1.45
LC (mg/kg)	< 0.5	< 0.01	< 1.00	< 0.02	< 0.1	< 0.01	< 0.05	< 0.20	< 0.01
LMP mg/kg	10.6	100	2000	20	100	4	100	100	20
LC = Límite de Cuantificación			LMP = Límite Máximo Permissible NOM-157-SEMARNAT-2009						

Como se establece en el Numeral 5.4.2.4.1 de la mencionada NOM-157, cuando la concentración total de los elementos normados sea mayor que el correspondiente límite máximo permisible base seca, se deberán realizar las pruebas de movilidad. Por lo que procede enseguida la prueba de movilidad en las mismas muestras de tepetate (Anexo Normativo 1, NOM-157). Los resultados de la prueba de movilidad se reportan en el **Cuadro 2.6**. Estos resultados confirmaron que la concentración móvil según el procedimiento de extracción de elementos tóxicos (PECT), está por debajo del LMP para los elementos normados, e incluso la mayoría de ellos están por debajo del límite de detección del método analítico normado (**Cuadro 2.6**). El tepetate que será dispuesto para el relleno de caminos y plataformas, por tanto, no es peligroso por su concentración total (base seca), ni por su concentración móvil PECT de los elementos normados por la NOM-157.

Se procedió enseguida a la caracterización de las mismas muestras de tepetate por la prueba de generación de drenaje ácido, para determinar si el tepetate será generador potencial de drenaje ácido, con base a la aplicación de la prueba de balance de ácido base establecida en los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y sujetándose a los límites establecidos en el Cuadro 3 de la NOM-157. Los resultados de esta prueba, se reportan en el **Cuadro 2.7**, donde se demuestra que el tepetate se clasifica como

peligroso por su potencial de generar drenaje ácido. Los resultados de la prueba realizada a los residuos mineros tipo tepetate, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, se reportan en el **Anexo 2.5**.

Cuadro 2.6. Concentración móvil en el Extracto PECT del tepetate, para elementos normados por la NOM-157-SEMARNAT-2009.

ID BANCO	ANTIMONIO mg/L	ARSÉNICO mg/L	BARIO mg/L	CADMIO mg/L	CROMO mg/L	MERCURIO mg/L	PLATA mg/L	PLOMO mg/L	SELENIO mg/L
1665	< LC	< LC	< LC	0.24	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1650	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1650	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1395	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1680	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1545	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
1575	< LC	0.01	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
LC (mg/kg)	< 0.5	< 0.005	< 1.00	< 0.02	< 0.1	< 0.005	< 0.05	< 0.20	< 0.005
LMP mg/kg	0.53	5.00	100.00	1.00	5.00	0.20	5.00	5.00	1.00
LC = Límite de Cuantificación			LMP = Límite Máximo Permisible NOM-157-SEMARNAT-2009						

Cuadro 2.7. Determinación de la peligrosidad del tepetate, por su potencial de generación de drenaje ácido, basado en criterio de la NOM-157-SEMARNAT-2009. PA = Potencial de acidez; PN = Potencial de Neutralización; PNN = Potencial Neto de Neutralización; RPN = Relación del Potencial de Neutralización.

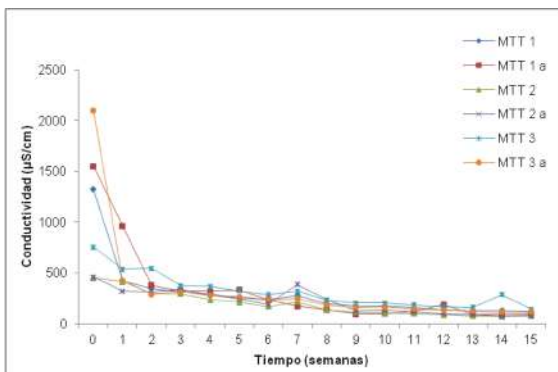
ID Muestra (BANCO)	PA (kgCaCO ₃ /t)	PN (kgCaCO ₃ /t)	PNN PN (kgCaCO ₃ /t)	RPN
1665	118.17	0.00	-118.17	0.00
1650	167.77	0.00	-167.77	0.00
1650	60.59	0.00	-60.59	0.00
1395	39.16	2.45	-36.71	0.06
1680	120.65	0.28	-120.36	0.00
1545	147.10	0.00	-147.10	0.00
1575	31.28	5.52	-25.76	0.18

Esto es consecuencia que el mineral estéril no posee capacidad de neutralizar (PN = 0) cualquier ácido que pudiera generarse por la oxidación de los escasos sulfuros minerales presentes, debido a la ausencia de minerales neutralizadores presentes en este material. Por tanto, considerando el criterio normativo, deben establecerse las medidas de mitigación

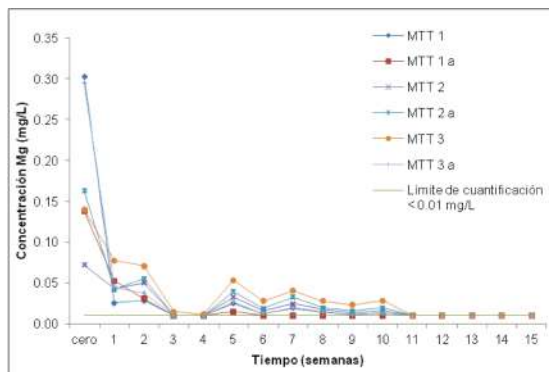
necesarias para prevenir la generación de drenajes ácidos. Sin embargo, debe considerarse que la capacidad de generar drenaje ácido es muy limitada, ya que sólo posee una capacidad promedio de 140 kg CaCO_3/t , que se generarían bajo las condiciones a las cuales estaría expuesta el tepetate, bajo las limitadas condiciones de precipitación en el Sitio del Proyecto.

Para confirmar si habrá o no generación de drenaje ácido de roca (DAR) y la consecuente disolución de elementos potencialmente tóxicos (EPT) por el intemperismo del tepetate, se realizaron pruebas cinéticas en celdas húmedas, tal como lo propone la NOM-157. Estas pruebas cinéticas simulan el intemperismo controlado de muestras representativas del material pétreo durante un período de al menos 20 semanas, lo que permite confirmar si habrá o no generación de DAR. En la **Figura 2.13** se presenta el comportamiento en los lixiviados de algunos de los principales parámetros fisicoquímicos medidos durante la alteración de muestras de tepetate en celdas húmedas. Se presenta la evolución en lixiviados de: [a] la conductividad, que representa a la concentración de iones disueltos; [b] la concentración de magnesio disuelto, que representa uno de los elementos indicadores de la disolución de minerales neutralizadores (carbonatos y/o silicatos), que se consumirían por la presencia de ácido; [c] la concentración de Fe disuelto, que representa el Fe que pasaría en solución por la oxidación del principal mineral sulfuroso generador del drenaje ácido (la pirita, FeS_2); [d] la concentración de Cu disuelto, que representa la disolución de un elemento metálico de alta movilidad en soluciones ácidas, que estaría presente en minerales sulfurosos del tepetate; [e] la concentración de sulfato en solución, donde el sulfato sería producto de la oxidación en condiciones ácidas de los minerales sulfurosos; y [f] la curva de oxidación-neutralización, que representa un balance estequiométrico entre los elementos característicos de los minerales neutralizadores y el sulfato disuelto por la oxidación de los minerales sulfurosos presentes el tepetate alterado.

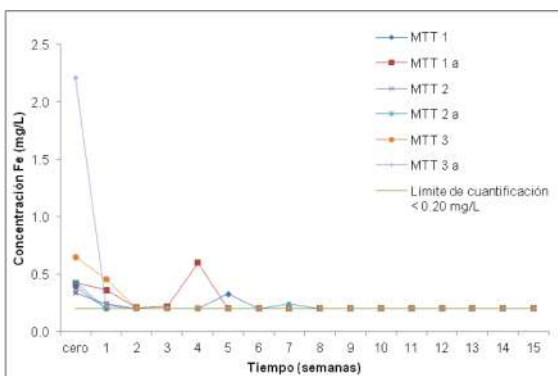
Con base a los resultados mostrados de las pruebas cinéticas en celdas húmedas (**Figura 2.13**), el tepetate tendría una capacidad limitada de generar drenaje ácido, la cual se limitaría a una capacidad significativamente menor a los 140 kg eq. de CaCO_3/Ton de mineral, que prácticamente se amortigua para minimizar su capacidad de generar condiciones de acidez cuando se somete realmente a condiciones de alteración.



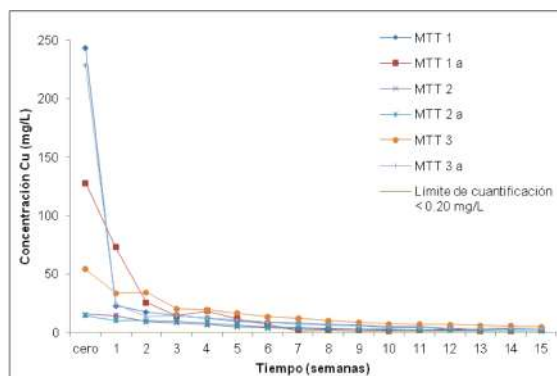
a. Conductividad en lixiviados.



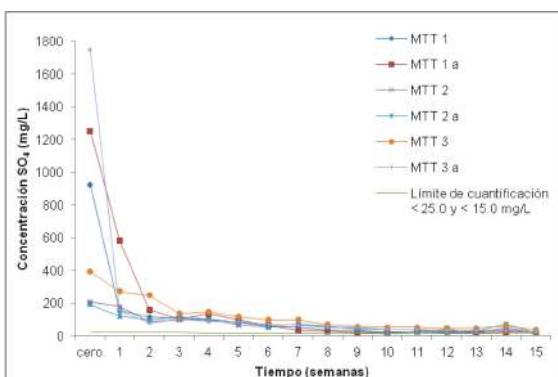
b. Concentración de Magnesio (Mg) disuelto.



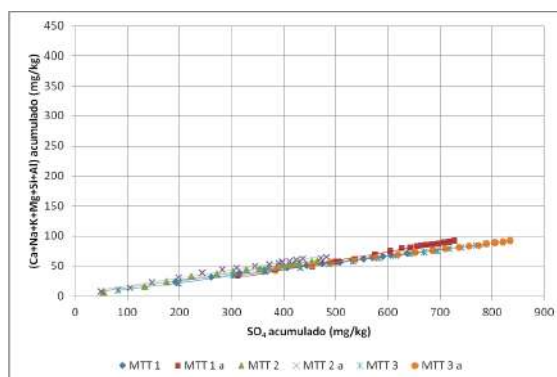
c. Concentración de Hierro (Fe) disuelto.



d. Concentración de Cobre (Cu) disuelto.



e. Concentración de Sulfato (SO_4) disuelto.



f. Curva Oxidación-Neutralización

Figura 2.13. Curvas representativas de la evolución de la calidad química de los lixiviados recuperados de las pruebas cinéticas en celdas húmedas de muestras de tepetate representativo de la mineralización de Buenavista del Cobre.

II.1.1.1. Suministro e instalación del Anillo Eléctrico 34.5 kV

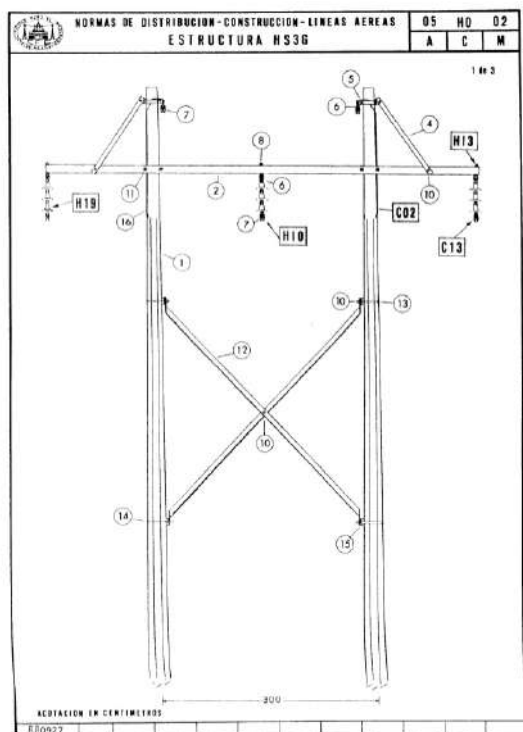
El objetivo de la obra en cuestión es la continuación de la construcción del Anillo Eléctrico 34.5 kV, para dar servicio eléctrico al área de operaciones mineras de Buenavista del Cobre. Teniendo ramales de alimentación a diversas subestaciones de áreas operativas, con la ventaja de que en caso de cualquier avería en un transformador el servicio eléctrico mantendrá continuidad a través de otro extremo.

El punto de partida de la obra será la Subestación Eléctrica Mina 34.5 kV para posteriormente realizar enlaces con subestaciones de Tajo Mina principalmente, así como subestaciones alternas a diversas áreas (**Figura 2.3**). La primera etapa se encuentra en áreas que actualmente cuenta con infraestructura eléctrica y que puede compartir o usarse para la continuidad del Anillo Eléctrico 34.5 kV. La segunda etapa a ejecutar, debido a su complejidad y por el crecimiento del Tajo Mina, es por el lado NW de la Subestación Eléctrica Mina, área con terreno accidentado de difícil acceso; por la magnitud de esta obra está será desarrollada de manera inicial. La Línea de Transmisión Eléctrica (LTE) tendrá su trayectoria dentro del polígono ambiental establecido y fuera de los límites de Tajo Mina. Esta etapa comprende la celda de media Tensión de la Subestación Mina, Poste Troncónico y hasta PI-23.

La trayectoria de la LTE 34.5 kV en su segunda etapa se encuentra ubicada dentro de los predios del complejo minero, el punto de acometida es la Subestación Mina, continuando una trayectoria hacia al extremo NW y hacia el extremo SW con el nuevo polvorín con una longitud de construcción de línea de 6.90 Km. La primera etapa se deriva del extremo SE de la Subestación Mina y hace enlace con una LTE 34.5 kV provisional hacia los Nuevos Talleres Mina donde se encuentra disponible para conectarse a través de unas cuchillas de operación en grupo al circuito 5010 de Tajo Mina. Así mismo, a este circuito se hará enlace extremo E por infraestructura existente y/o paralela para rodear y continuar su trayectoria hacia el extremo SE a la Subestación Sur.

En el sitio del Proyecto, la LTE 34.5 kV tendrá una longitud total de **1,664.386 m** distribuidos de la siguiente manera: **1,359.45 m** en el **Polígono 2** y **304.98 m** en el **Polígono 3** (ver **Figura 2.3**), teniendo las siguientes características:

- Tensión nominal de transmisión entre fases de 34.5 kV;
- Tensión máxima entre fases de 36 kV;
- Frecuencia nominal de 60 Hz;
- Configuración: circuito simple;
- Conductor por fase con una disposición horizontal y no requerirá transposición;
- Operada a una capacidad de 50 MVA;
- Estructuras tipo HS3G (ver **Figura 2.14**) y MR3G con un claro inter-postal promedio de 80 MTS de un solo circuito;
- Cable conductor de aluminio con cableado concéntrico y núcleo de acero con recubrimiento de aluminio soldado (ACSR 795 MCM);
- Cable de guarda de acero con recubrimiento de aluminio soldado (AAS 3/8);
- Como parte del aislamiento tendrá una resistencia mecánica a la tensión de 56 kN, aislador sintético tipo ASSUS clase 69 kV.



NORMAS DE DISTRIBUCION-CONSTRUCCION-LINEAS AEREAS				05 H0 D2		
ESTRUCTURA HS3G				A	C	M
MODULO DE MATERIALES				2 de 3		
REF. NO	NO DE PAG. C. P. I. E.	U	DESCRIPCION CORTA	CANTIDAD		
				134V	234V	334V
1	5004A	P2	POSTE DE CONCRETO PC - S/N (1)	2	2	2
2	1052A1	"	CRUCETA C4S	1	1	1
3	1012A1	"	ABRAZADERA 1UH	2	2	2
4	1120A1	"	TIRANTE H1	2	2	2
5	1004A1	"	ABRAZADERA 1AG	2	2	2
6	1103A1	"	GRILLETE G41	5	5	5
7	1098A	"	GRAPA SUSPENSION S/N D7 FC D7	5	5	5
8	1127A1	"	PERNO 1P5	3	3	3
9	2017A1	"	AISLADOR 25KV10	6	9	12
10	9026AB	"	TORNILLO MACHINA 19X76	5	5	5
11	1135A2	"	PLACA 2PC	4	4	4
12	1168A1	"	TIRANTE CV1	2	2	2
13	1012A2	"	ABRAZADERA 2UH	2	2	2
14	1012A3	"	ABRAZADERA 3UH	2	2	2
15	1162A1	"	SOPORTE CV1	4	4	4
16			LOTE BAJANTE DE TIERRA S/N 09-00-02	2	2	2
17	3111A2	P2	VARELLA PROTECTORA S/N D7 FC D2	5	5	5

NOTAS:

(1).- PARA SELECCIONAR LA ALTURA DEL POSTE VERIFIQUE EL LIBRAMIENTO A PISO EN TODA LA TRAYECTORIA DEL CLARO.

Figura 2.14. Características de las estructuras tipo HS3G que integrarán el Anillo Eléctrico 34.5 kV en los **Polígonos 2 y 3** del sitio del Proyecto.

II.1.2. Selección del sitio

La selección del sitio del Proyecto se basó en criterios técnicos, ambientales y socio-económicos, como se describe enseguida.

Para las obras pertenecientes al Canal Poniente el principal criterio está dado por la ubicación de las operaciones respecto a las montañas ubicadas al NW-W de las instalaciones del complejo minero de Buenavista del Cobre. La ubicación propuesta para el Canal Poniente es única, ya que se encuentra en la parte más cercana a las operaciones de minado y terreros, la cual permite conducir por gravedad el agua pluvial en forma independiente. Esta ubicación permite restituir al Río Sonora el agua pluvial del lado poniente de la mina, sin hacer contacto con los terreros e instalaciones mineras que están ubicados aguas abajo del canal propuesto (ver **Figuras 2.1, 2.2 y 2.4**).

El sitio para el depósito de tepetate sin triturar es requerido para nivelar el terreno hasta la cota 1950 en la microcuenca Los Alisos. Con la Tepetatera Marros se contempla preparar espacios para reubicar las instalaciones de Torre de Control y Oficinas de Mina que se proyectaron en este lugar debido a las ventajas operacionales que presenta respecto a otras alternativas por su posición elevada respecto a las operaciones de minado.

El sitio para la construcción del Anillo Eléctrico 34.5 kV está determinado, principalmente, por las áreas operativas ya instaladas y proyectadas de la empresa en su complejo minero metalúrgico. Así mismo, la cercanía con las actividades de explotación y beneficio del Complejo Minero Metalúrgico de la empresa como la existencia de superficie libre en el predio de la empresa, de fácil acceso y con relieve promontorio, permite la ubicación de dicha obra.

Además, se busca tener el menor impacto sobre las condiciones ambientales en el Sitio del Proyecto; el terreno es propiedad de Buenavista del Cobre, no se encuentran en ninguna Área Natural Protegida (ANP), Región Terrestre Prioritaria (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) o Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). Adicionalmente, como parte del Proyecto se propondrán las obras de captación y

conducción de aguas pluviales, necesarias para evitar afectaciones al cauce y drenaje natural de escorrentías, haciendo que todas estas escorrentías se reintegren al medio.

En cuanto al aspecto social, se verán beneficiadas múltiples familias, local y regionalmente, ya que las ampliaciones del complejo minero significan la creación y conservación de fuentes de empleo. Se estima crear más de 40 empleos directos, en función de la etapa del Proyecto. El Promovente emplea actualmente habitantes de varias localidades del municipio de Cananea, tales como de la ciudad de Cananea, La Matanza, La Mexicana, Las Tres Puertas, Taller la Colorada y Zona de Tolerancia. Se estima que por cada empleo directo de la empresa Buenavista del Cobre en la región, se generan de 6 a 7 empleos indirectos, incrementando la demanda de bienes y servicios.

Debe resaltarse además, que otro aspecto relacionado con el criterio socioeconómico es el hecho del fortalecimiento de la infraestructura disponible en el municipio de Cananea para beneficio de la comunidad, dado que Buenavista del Cobre continuamente promueve el incremento y mejora de la infraestructura de bienes y servicios en y para el municipio de Cananea, tal como nuevos centros hospitalarios y de salud, así como nuevos centros escolares, deportivos y recreativos, que se encuentran en su etapa final de construcción y operación, así como actualmente Buenavista del Cobre colabora con el municipio de Cananea para el establecimiento de un relleno sanitario y de una planta de tratamiento de aguas residuales.

II.1.3. Ubicación física del Proyecto y planos de localización

El sitio en que se desarrollará el Proyecto se ubica en el municipio de Cananea, al Norte del estado de Sonora (ver **Figuras 2.1 y 2.15**). Su cabecera municipal es la población de la Heroica Ciudad de Cananea, que se localiza en el paralelo 30°58' de latitud Norte y 110°17' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,654 m.s.n.m. El municipio de Cananea colinda al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al Noroeste colinda con el municipio de Naco, al Sur con Arizpe, al Suroeste con Bacoachi, y al Oeste con Ímuris y Santa Cruz (ver **Figura 2.1 y 2.15**).

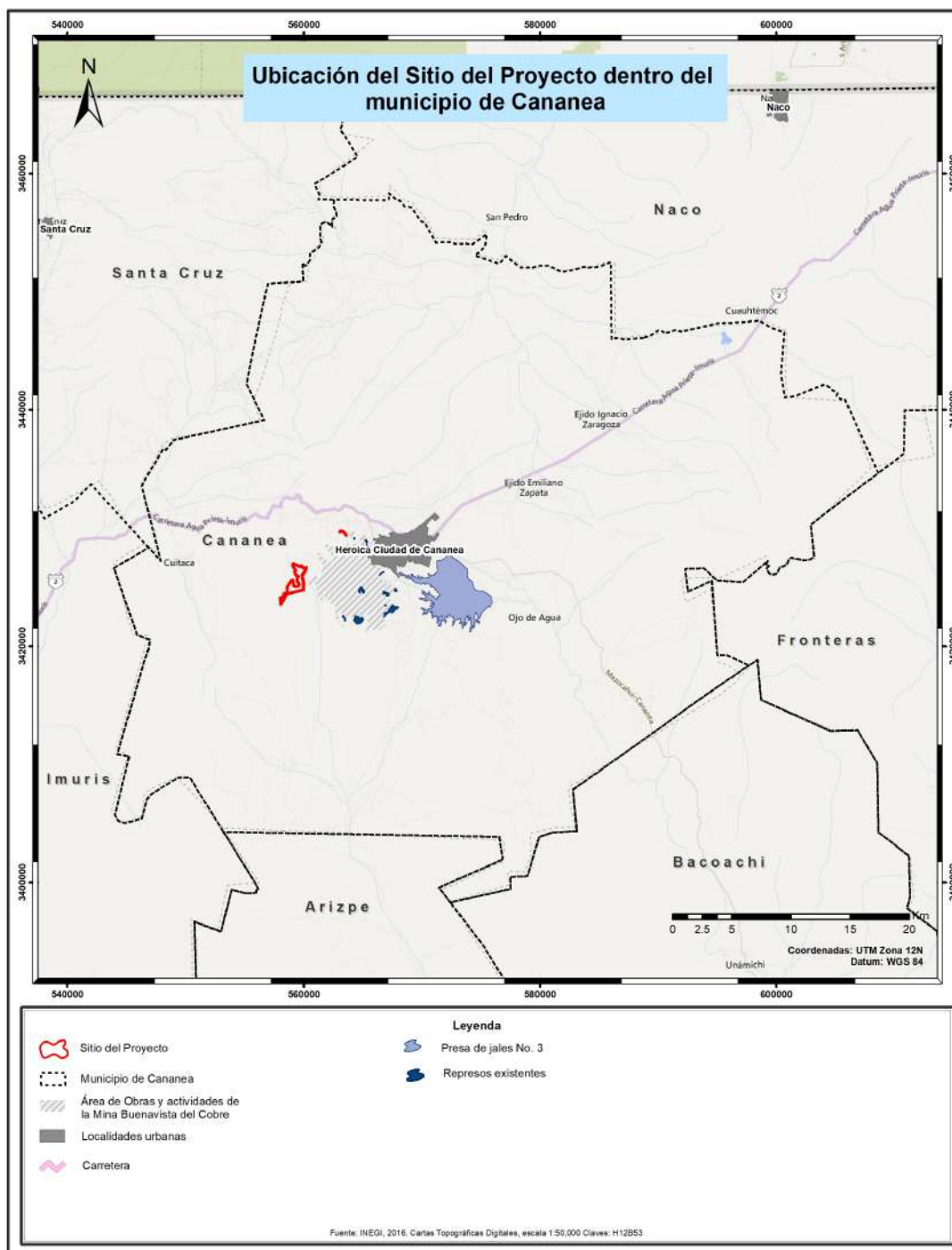


Figura 2.15. Ubicación del sitio del Proyecto dentro del municipio de Cananea, estado de Sonora.

El principal acceso carretero a la población de Cananea, desde la ciudad de Hermosillo, capital del estado de Sonora, inicia al Norte sobre la Carretera Federal No. 15 hasta el poblado de Santa Ana, donde se continúa hacia el Noreste hasta Ímuris, donde se toma la Carretera Federal No. 2 que comunica a Ímuris con Cananea. Una vez en la ciudad de Cananea, el acceso al sitio del Proyecto, se hará a través de las instalaciones actuales del complejo minero metalúrgico, al Sur del polígono del Sitio del Proyecto, o bien a través del camino de acceso al proyecto "Nuevos talleres y Servicios Mina" (autorización de impacto ambiental: DS-SG-UGA-IA-1225-12), desde donde se construyó un camino de acceso Autorizado (ver **Figura 2.16**).

El sitio del Proyecto comprende un conjunto de tres polígonos que en conjunto abarcan una superficie de **2,144,389.71 m² (214.4390 ha)**, dentro de los cuales se tiene principalmente una Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino (ver **Figura 2.17**).

En las **Figuras 2.18, 2.19 y 2.20**, se muestra la ubicación geográfica de los tres polígonos que comprende el Sitio del Proyecto, junto con las coordenadas métricas que delimitan a cada polígono. En el **Cuadro 2.8** se presentan las coordenadas métricas (UTM) de los polígonos que conforman el sitio del Proyecto, mientras que en el **Anexo 2.1** se presenta el plano DWG con las coordenadas métricas de los polígonos y en el **Anexo 2.2** se presenta la distribución de las obras y actividades a desarrollar dentro del sitio del Proyecto, con su correspondiente cuadro de construcción (coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984).

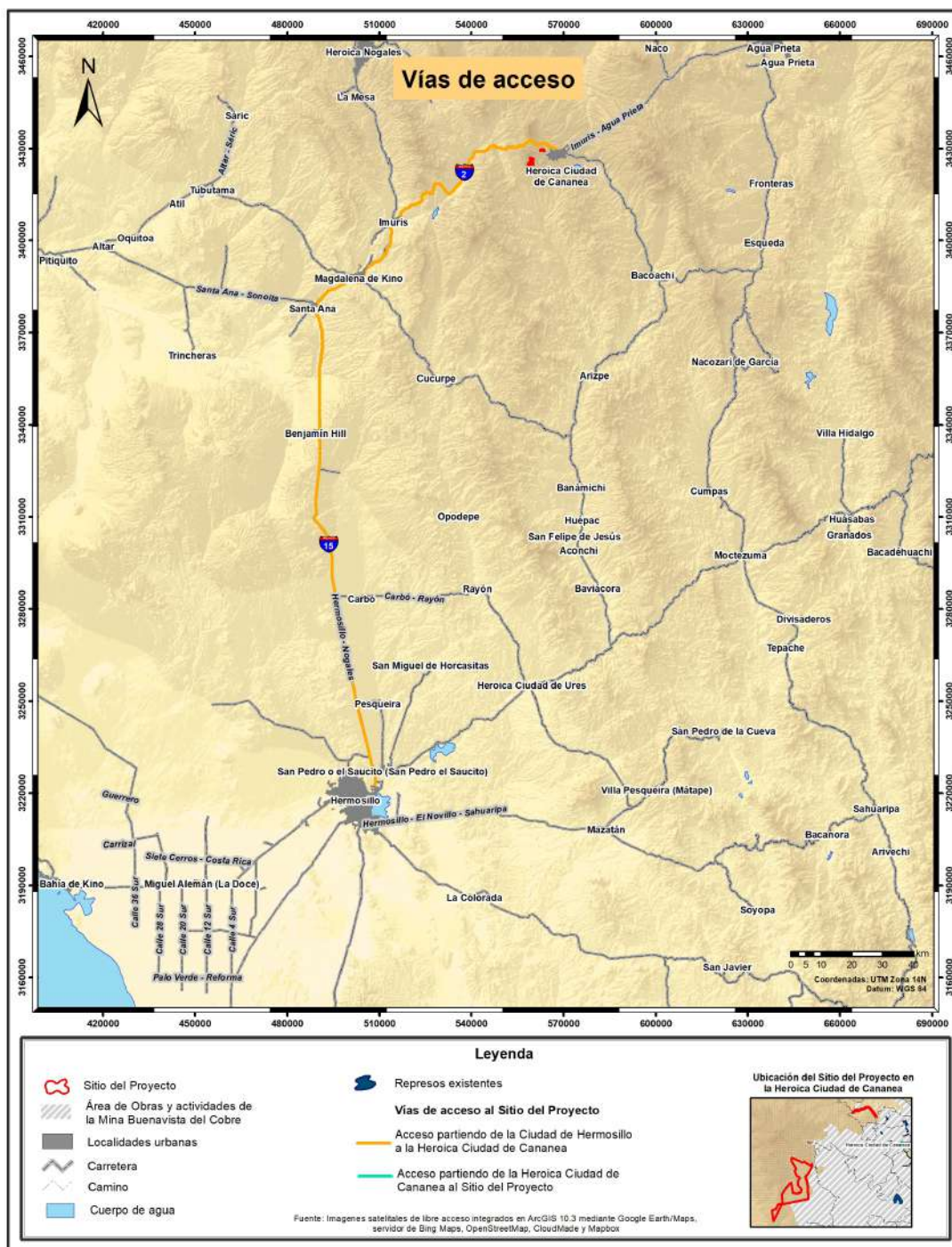


Figura 2.16. Vías de acceso para llegar al sitio del Proyecto ubicado en el Municipio de Cananea en el Estado de Sonora.

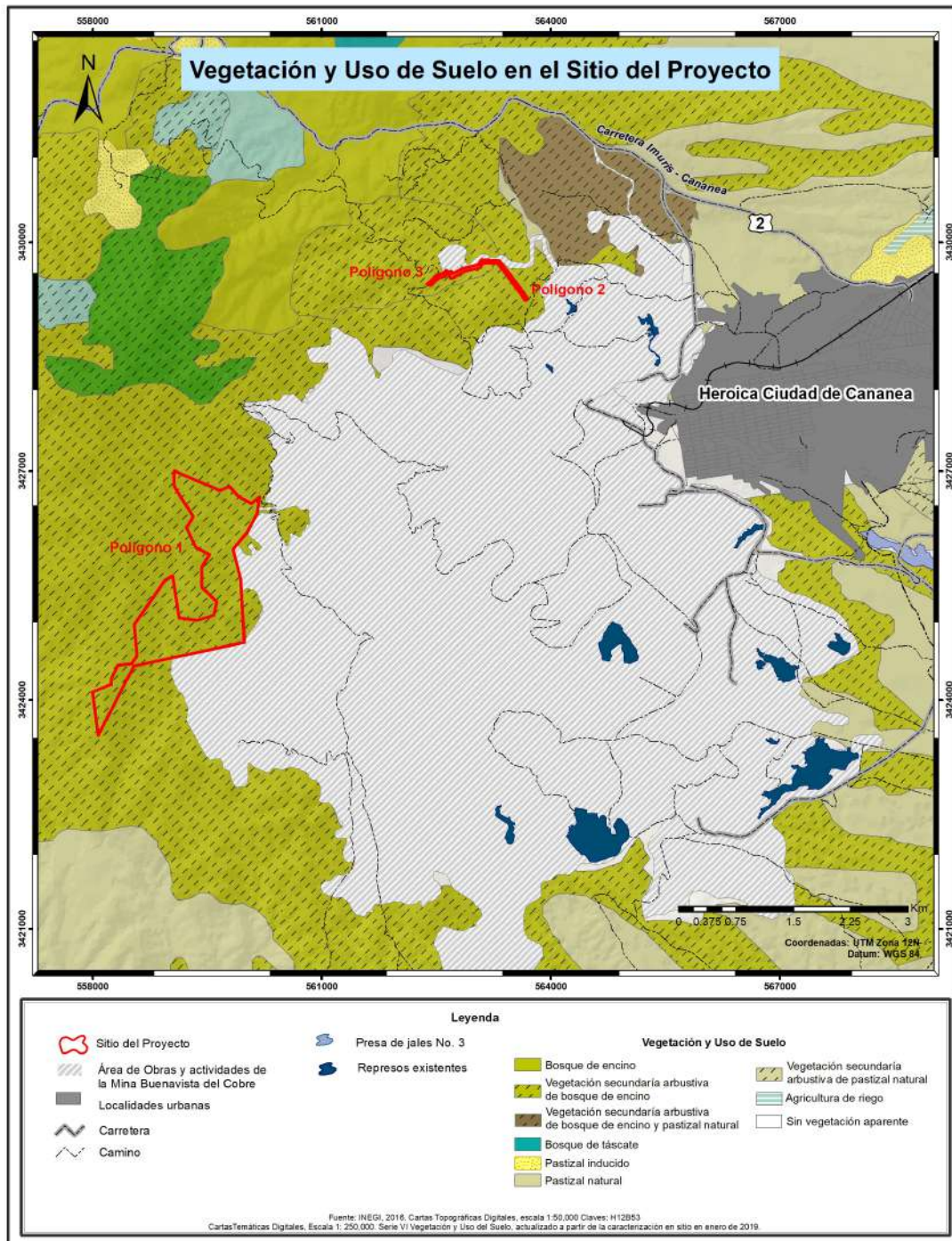


Figura 2.17. Tipo de vegetación y Uso de Suelo en la superficie a afectar debido a las actividades del Proyecto.

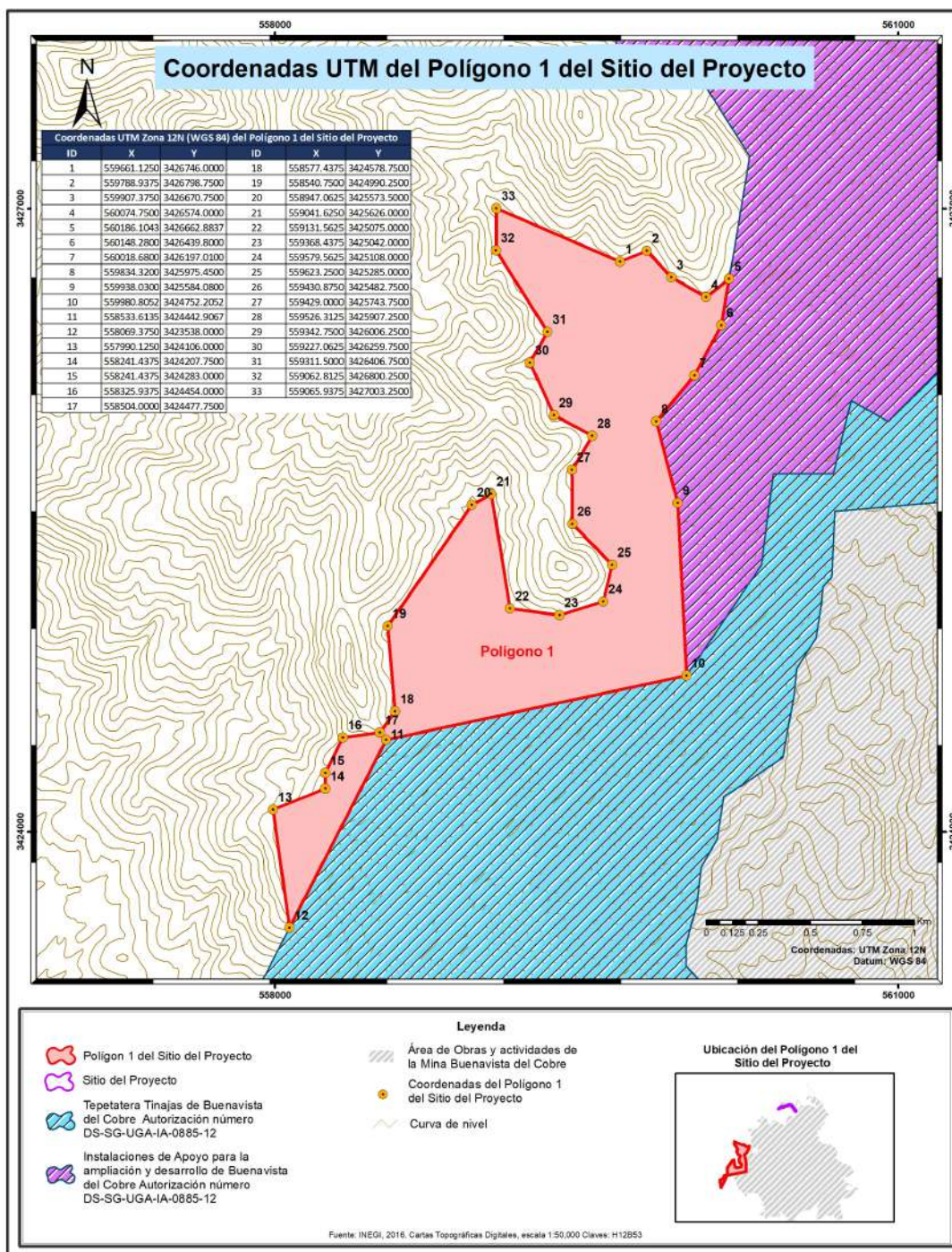


Figura 2.18. Ubicación geográfica del Polígono 1 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.

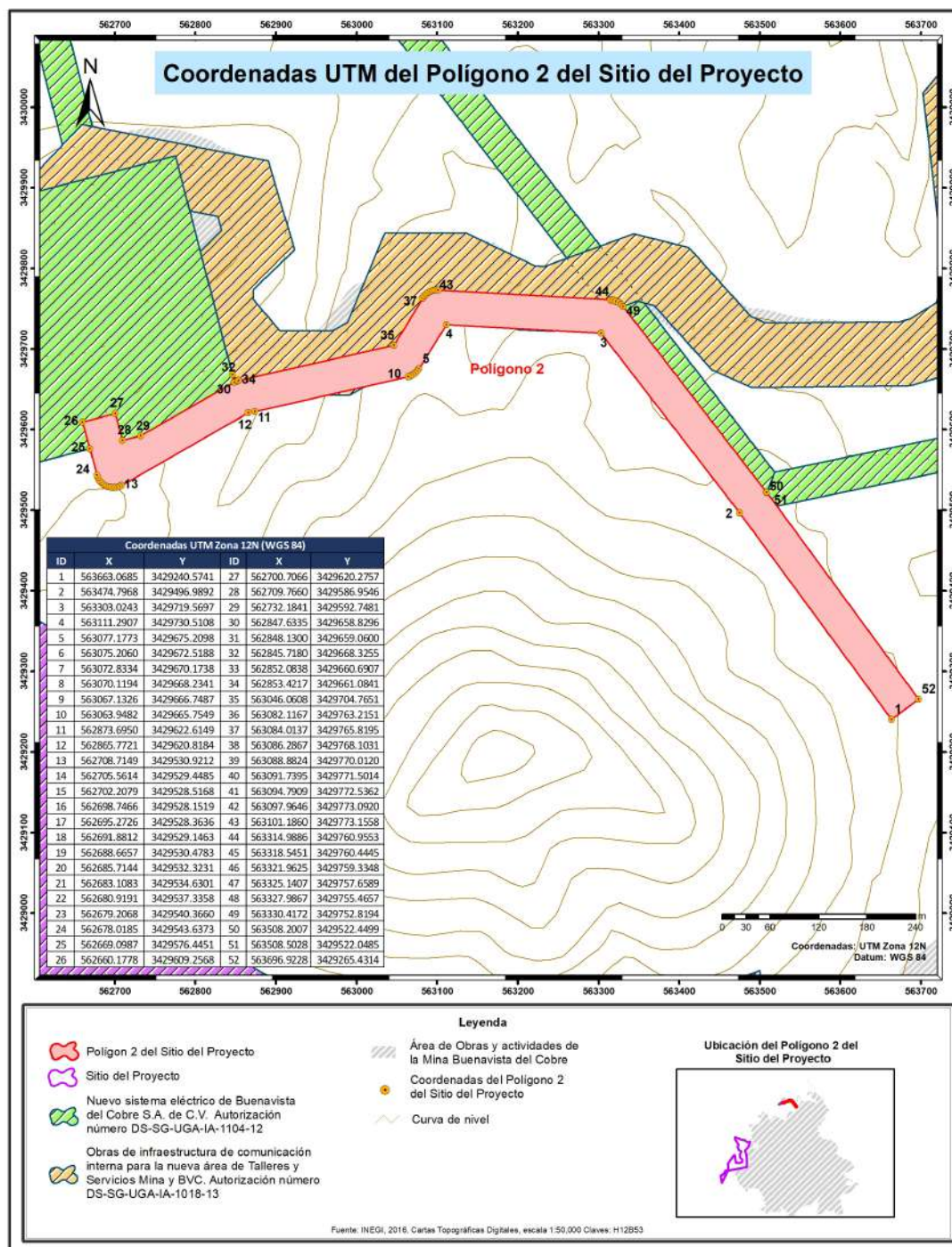


Figura 2.19. Ubicación geográfica del Polígono 2 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.

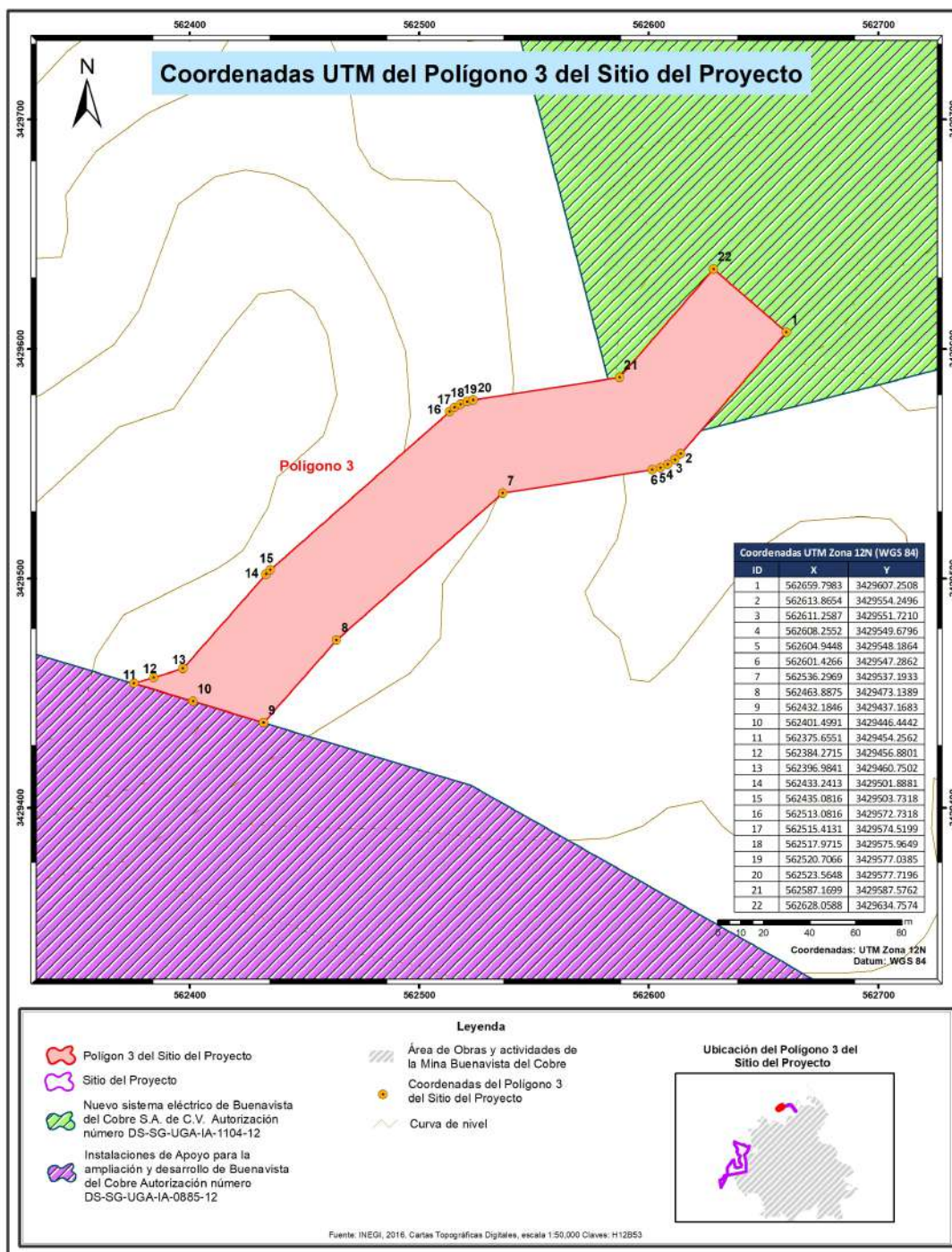


Figura 2.20. Ubicación geográfica del Polígono 3 incluyendo coordenatas UTM (Zona 12N WGS 84) de los vertices que lo definen.

Cuadro 2.8. Coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) que delimitan el Sitio del Proyecto ubicado en el municipio de Cananea, estado de Sonora.

Polígono	ID	X	Y
Polígono 1	1	559661.1250	3426746.0000
	2	559788.9375	3426798.7500
	3	559907.3750	3426670.7500
	4	560074.7500	3426574.0000
	5	560186.1043	3426662.8837
	6	560148.2800	3426439.8000
	7	560018.6800	3426197.0100
	8	559834.3200	3425975.4500
	9	559938.0300	3425584.0800
	10	559980.8052	3424752.2052
	11	558533.6135	3424442.9067
	12	558069.3750	3423538.0000
	13	557990.1250	3424106.0000
	14	558241.4375	3424207.7500
	15	558241.4375	3424283.0000
	16	558325.9375	3424454.0000
	17	558504.0000	3424477.7500
	18	558577.4375	3424578.7500
	19	558540.7500	3424990.2500
	20	558947.0625	3425573.5000
	21	559041.6250	3425626.0000
	22	559131.5625	3425075.0000
	23	559368.4375	3425042.0000
	24	559579.5625	3425108.0000
	25	559623.2500	3425285.0000
	26	559430.8750	3425482.7500
	27	559429.0000	3425743.7500
	28	559526.3125	3425907.2500
	29	559342.7500	3426006.2500
	30	559227.0625	3426259.7500
	31	559311.5000	3426406.7500
	32	559062.8125	3426800.2500
	33	559065.9375	3427003.2500
Polígono 2	1	563501.0776	3429500.9923
	2	563506.4002	3429502.1052

Cuadro 2.8. Coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) que delimitan el Sitio del Proyecto ubicado en el municipio de Cananea, estado de Sonora.

Polígono	ID	X	Y
	3	563556.1866	3429434.2989
	4	563553.7376	3429412.2898
	5	563485.5877	3429505.1059
	6	563309.9510	3429732.6938
	7	563278.7247	3429734.4757
	8	563311.8851	3429746.4660
	9	563067.1326	3429666.7487
	10	563063.9482	3429665.7549
	11	562873.6950	3429622.6149
	12	562865.7721	3429620.8184
	13	562708.7149	3429530.9212
	14	562705.5614	3429529.4485
	15	562702.2079	3429528.5168
	16	562698.7466	3429528.1519
	17	562695.2726	3429528.3636
	18	562691.8812	3429529.1463
	19	562688.6657	3429530.4783
	20	562685.7144	3429532.3231
	21	562683.1083	3429534.6301
	22	562680.9191	3429537.3358
	23	562679.2068	3429540.3660
	24	562678.0185	3429543.6373
	25	562669.0987	3429576.4451
	26	562660.1778	3429609.2568
	27	562700.7066	3429620.2757
	28	562709.7660	3429586.9546
	29	562732.1841	3429592.7481
	30	562847.6335	3429658.8296
	31	562848.1300	3429659.0600
	32	562845.7180	3429668.3255
	33	562852.0838	3429660.6907
	34	562853.4217	3429661.0841
	35	563046.0608	3429704.7651
	36	563082.1167	3429763.2151
	37	563084.0137	3429765.8195

Cuadro 2.8. Coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) que delimitan el Sitio del Proyecto ubicado en el municipio de Cananea, estado de Sonora.

Polígono	ID	X	Y
	38	563086.2867	3429768.1031
	39	563088.8824	3429770.0120
	40	563091.7395	3429771.5014
	41	563094.7909	3429772.5362
	42	563097.9646	3429773.0920
	43	563101.1860	3429773.1558
	44	563314.9886	3429760.9553
	45	563318.5451	3429760.4445
	46	563321.9625	3429759.3348
	47	563325.1407	3429757.6589
	48	563327.9867	3429755.4657
	49	563330.4172	3429752.8194
	50	563508.2007	3429522.4499
	51	563508.5028	3429522.0485
	52	563696.9228	3429265.4314
Polígono 3	1	563165.6824	3429740.9264
	2	563104.0301	3429744.4446
	3	563064.0385	3429679.6143
	4	563047.5755	3429675.8813
	5	563088.2250	3429745.6960
	6	563129.3270	3429758.3280
	7	562536.2969	3429537.1933
	8	562463.8875	3429473.1389
	9	562432.1846	3429437.1683
	10	562401.4991	3429446.4442
	11	562375.6551	3429454.2562
	12	562384.2715	3429456.8801
	13	562396.9841	3429460.7502
	14	562433.2413	3429501.8881
	15	562435.0816	3429503.7318
	16	562513.0816	3429572.7318
	17	562515.4131	3429574.5199
	18	562517.9715	3429575.9649
	19	562520.7066	3429577.0385
	20	562523.5648	3429577.7196

Cuadro 2.8. Coordenadas métricas UTM (Zona 14N, Datum WGS 1984) que delimitan el Sitio del Proyecto ubicado en el municipio de Cananea, estado de Sonora.

Polígono	ID	X	Y
	21	562587.1699	3429587.5762
	22	562628.0588	3429634.7574

II.1.4. Inversión requerida

II.1.5. Dimensiones del Proyecto.

II.1.5.1. Superficie total requerida.

La superficie total requerida para el desarrollo del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre", es de **2,144,389.71 m² (214.4390 ha)**. De estas 214.4390 ha, únicamente **97.1312 ha** serán ocupadas por obras de carácter permanente distribuidas en los tres polígonos que comprenden el Sitio del Proyecto, cuyas superficies se encuentran especificadas en el **Cuadro 2.1**, en la **Figura 2.21** y en el **Anexo 2.2**.

II.1.5.2. Superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal del sitio del Proyecto.

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, escala 1:250,000 publicada por el INEGI y de acuerdo a visitas de campo realizadas al sitio del Proyecto, el sitio en el que se desarrollará el Proyecto sustenta vegetación forestal únicamente de tipo **Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino** y una pequeña superficie sin vegetación aparente, como consecuencia de antiguos caminos vecinales de acceso. En la **Figura 2.17**, se presenta la proporción de superficie por afectar, por tipo de vegetación, respecto a la superficie total del sitio del Proyecto. En el **Cuadro 2.9**, se presenta la proporción de la superficie forestal total donde se ubicará el Proyecto y la que será objeto del trámite de Autorización del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF).

Cuadro 2.9. Dimensión y proporción de la superficie forestal total del Proyecto y la que será objeto del trámite de Autorización del CUSTF.

Polígono del sitio del Proyecto	Superficie en el sitio del Proyecto (ha)	Superficie forestal en el sitio del Proyecto (ha)	Superficie ocupada por el Proyecto (ha)	Superficie forestal objeto de CUSTF (ha)	Proporción de superficie forestal para el proyecto (%)
Polígono 1	207.4544	205.1633	90.1466	89.6797	42.87%
Polígono 2	5.6969	3.3022	5.6969	3.3022	1.58%
Polígono 3	1.2877	0.7346	1.2877	0.7346	0.35%
TOTAL	214.4390	209.2001	97.1312	93.7165	44.80%

II.1.5.3. Superficie para obras permanentes.

Las superficies para cada una de las obras permanentes en los tres polígonos que conforman el sitio del Proyecto se reportan en el **Cuadro 2.10**; mientras que en la **Figura 2.21** y en el **Anexo 2.2**, se muestra de manera detallada la distribución espacial de las obras dentro del sitio del Proyecto.

Cuadro 2.10. Dimensión y proporción de la superficie total del Proyecto con relación a las obras permanentes.

Polígono del Proyecto	Obra	Obras en el Sitio del Proyecto	
		m²	ha
Polígono 1	Vaso de almacenamiento "Los Alisos"	430.04	0.0430
	Cortina y planta derivadora "Los Alisos"	568.23	0.0568
	Posible zona de inundación "Los Alisos"	2,353.94	0.2354
	Vaso de almacenamiento "La Tinaja / El Encanto"	1,323.09	0.1323
	Cortina y planta derivadora "La Tinaja / El Encanto"	461.46	0.0461
	Posible zona de inundación "La Tinaja / El Encanto"	3,465.04	0.3465
	Camino de mantenimiento del canal	37,008.98	3.7009
	Canal	21,309.62	2.1310
	Puentes	1,607.88	0.1608
	Depósito de tepetate "Los Marros"	511,109.20	51.1109
	Áreas de “pateo” de obras (canal y camino de mantenimiento)	321,828.56	32.1829
Polígono 2	Obras de la línea de transmisión eléctrica para regularización	56,968.96	5.6969
Polígono 3		12,877.07	1.2877
TOTAL		971,312.07	97.1312

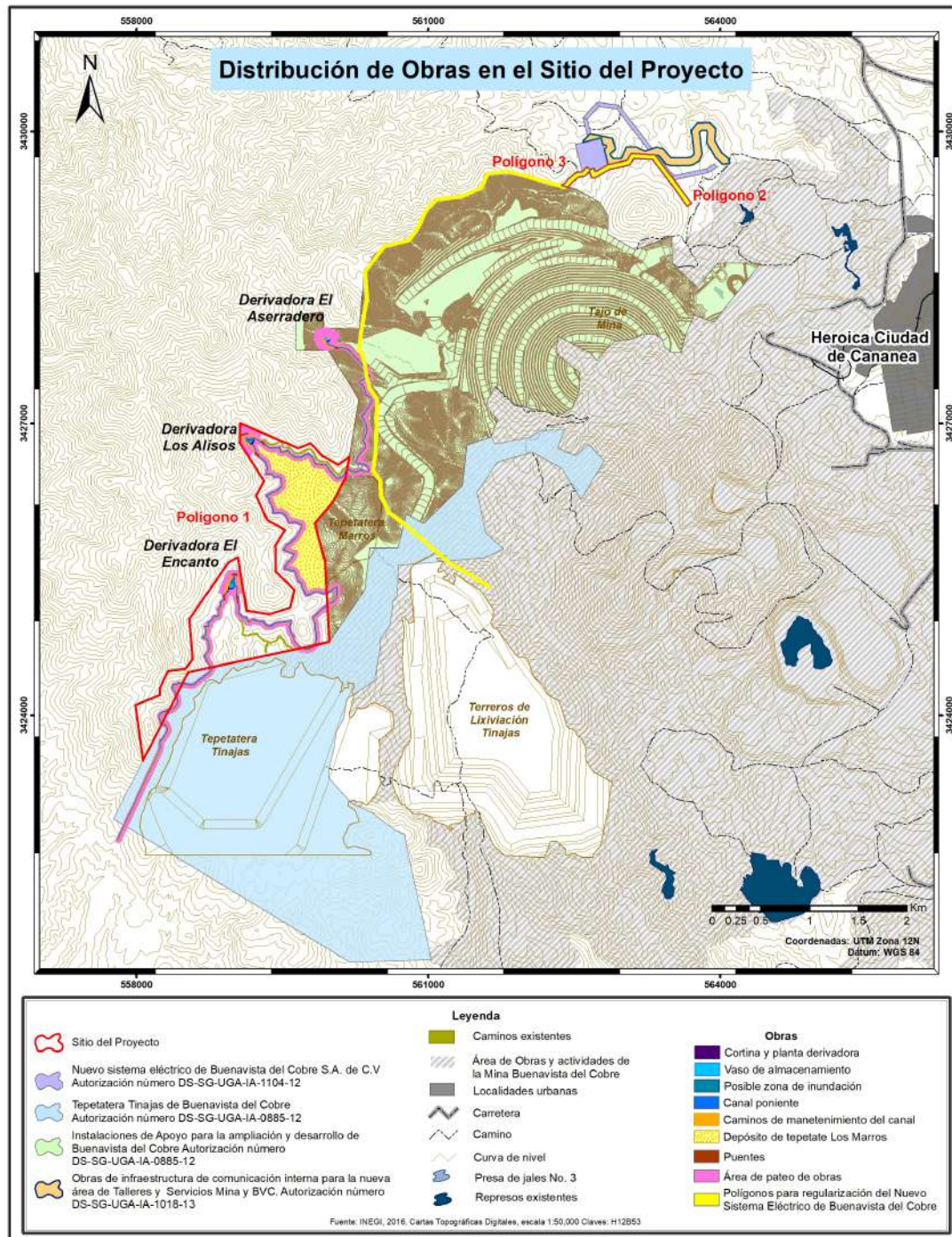


Figura 2.21. Distribución de Obras en el Sitio del Proyecto.

II.1.6. Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y sus colindancias

Actualmente el sitio del Proyecto tiene preferentemente un uso de suelo forestal con presencia de Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque de Encino; sin embargo, una pequeña porción de la superficie ocupada por el sitio del Proyecto corresponde a zonas sin vegetación aparente (ver **Cuadro 2.11**). En la **Figura 2.17** se presenta el tipo de vegetación y uso de suelo existente en el sitio del Proyecto.

Cuadro 2.11. Vegetación y uso de suelo en el Sitio del Proyecto.

Tipo de vegetación o de uso de suelo	Superficie por Tipo de Vegetación y Uso de Suelo en el Sitio del Proyecto		Superficie por Tipo de Vegetación y Uso de Suelo en la huella del Proyecto con obras		Porcentaje respecto al Sitio del Proyecto
	m ²	ha	m ²	ha	
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,092,001.07	209.2001	937,165.44	93.7165	43.7%
Sin vegetación aparente	52,388.64	5.2389	34.146.63	3.4147	1.6%
TOTAL	2,144,389.71	214.4390	971,312.0659	97.1312	45.3%

El sitio del Proyecto está delimitado por usos de suelo tipo pecuario, agrícola y minero, que es sin duda ésta última, la principal actividad económica en la región. La empresa Buenavista del Cobre realiza el minado y beneficio de una mineralización de sulfuros de cobre desde finales del siglo XIX, por lo que su uso de suelo es y ha sido, con vocación industrial minera. Desde entonces, por los beneficios económicos y el impulso de crecimiento que ha tenido la población de Cananea y la región, con las actividades mineras, su desarrollo y expansión se han integrado a los planes de desarrollo locales, creciendo de forma paralela, tanto la ciudad con sus asentamientos, como las actividades mineras. Es por ello que el uso actual del suelo "industrial-minero" se ha incorporado en la planeación local del municipio y del estado, a través de las diferentes empresas que han tenido la concesión minera y han sido propietarias de las instalaciones de la mina de Cananea.

A la fecha, la empresa Buenavista del Cobre, es la empresa responsable de la operación y desarrollo del proyecto minero-metalúrgico integral que es congruente con los planes y programas de desarrollo vigentes. Sin embargo, por las condiciones de desarrollo

actual de la industria minera en el país y por la demanda internacional de metales básicos, se pretende que las actividades de Buenavista del Cobre, continúen con su desarrollo y crecimiento en las siguientes décadas.

En el municipio de Cananea, no existen cuerpos de agua continentales, existiendo sólo los represas que se han construido para el manejo de la solución preñada en las operaciones de lixiviación de la empresa, así como los depósitos de jales mineros, cuya agua es recuperada y reutilizada en las operaciones del complejo minero metalúrgico. En el sitio del Proyecto, existen corrientes de agua intermitentes mismas que serán controladas con las obras para el desvío de cauces para su reincorporación aguas abajo al medio.

Se debe señalar que dentro del sitio del Proyecto, no se encontraron zonas de reproducción o conservación de especies en protección (de acuerdo con la normativa vigente), así como tampoco áreas de distribución de especies frágiles y/o vulnerables de vida silvestre y de restauración del hábitat, ni zonas de aprovechamiento restringido o de veda forestal y de fauna, ni con ecosistemas frágiles. De igual manera, el sitio del Proyecto no presenta ninguna de las actividades siguientes: bancos de explotación clandestinos, áreas de cultivo, ganadería y/o almacenaje de agua para ganado.

Es importante mencionar que las Sierras Elenita y Mariquita, por su tipo de vegetación, diversidad y función ecológica como corredor biológico de fauna, representan una región importante para la preservación de la flora y fauna local a que ha sido propuesta como Área Natural Protegida de la región.

Otro uso de suelo cercano con el sitio del Proyecto, es el asentamiento humano más importante de la región, la ciudad y cabecera municipal de la H. Ciudad de Cananea, ubicada al Este el sitio del Proyecto (**Figura 2.1**). La creación de la ciudad, su historia y principales acontecimientos, como se mencionó, han estado ligados de forma estrecha con la minería y el beneficio del cobre.

Además, en la región, se identifica otro uso del suelo con la práctica de la ganadería de tipo extensiva, el aprovechamiento es de ganado vacuno, el cual pastorea sobre las grandes superficies de pastizales naturales e inducidos. Con esta actividad, grandes

extensiones de bosque se han talado para dar paso a los pastizales inducidos, y el aprovechamiento de las planicies de pastizales naturales, siendo esta actividad la segunda en importancia en cuanto a ingresos económicos, en el municipio de Cananea, pero la más importante por la superficie ocupada.

II.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Para la etapa de preparación del sitio y construcción, serán necesarios servicios como agua, combustibles y algunos productos de primera necesidad, los cuales serán proporcionados por Buenavista del Cobre, o en su caso adquirido por los contratistas y subcontratistas que ejecuten las actividades en las etapas del Proyecto.

II.1.7.1. Vías de acceso

El principal acceso carretero a la población de Cananea, es a través de la ciudad de Hermosillo, capital del estado de Sonora, y posteriormente al Norte sobre la Carretera Federal No. 15 hacia el poblado de Santa Ana, se continúa enseguida al Noreste hasta Ímuris, donde se toma la Carretera Federal No. 2 que comunica a Ímuris con Cananea. Una vez en la ciudad de Cananea, el acceso al área del sitio del proyecto, se hará a través del camino de acceso al proyecto "Nuevos talleres y Servicios Mina" (autorización de impacto ambiental: DS-SG-UGA-IA-1225-12), desde donde se construirá como parte del presente proyecto un camino de acceso para comunicar hacia el Proyecto (ver **Figura 2.16**).

II.1.7.2. Agua

Se utilizará agua en todas las etapas del Proyecto debido a que es un insumo necesario en la conformación de terracerías, cortes y terraplenes, tanto para compactar como para evitar la producción de polvo excesivo durante el movimiento de suelos (sea para conformar, compactar o para evitar el polvo); en la etapa de construcción de obras de concreto como material esencial para su preparación y construcción. Para el abastecimiento de agua se usarán pipas y se acumulará en recipientes apropiados (tambos o cisternas), empleándose agua recuperada del proceso de beneficio para la mayoría de las actividades del Proyecto, y agua potable para consumo y uso humano, la cual será transportada mediante pipas.

II.1.7.3. Energía eléctrica

En actividades constructivas y de preparación del sitio, los requerimientos de energía serán abastecidos mediante generadores portátiles que trabajan empleando diesel. Durante la operación del Proyecto la energía eléctrica requerida, se obtendrá de la red de distribución eléctrica a 34.5 kV actual y futura de Buenavista del Cobre, la cual en parte será instalada dentro del polígono del Proyecto y de los proyectos adyacentes al sitio del Proyecto.

II.1.7.4. Drenaje

Se generarán aguas residuales provenientes de los sanitarios portátiles que se colocarán en los distintos frentes de obra. Dichos sanitarios serán contratados a través de una empresa prestadora de este servicio que cuenta con las autorizaciones ambientales correspondientes; el contrato contemplará acciones periódicas de limpieza y recolección y disposición final de aguas residuales.

II.1.7.5. Telefonía

La intercomunicación se efectuará a través de sistemas de radio, telefonía móvil e Internet, ya disponibles en las instalaciones de la empresa.

II.1.7.6. Recolección de residuos sólidos

Para el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos que se generarán por la actividad humana desarrollada durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto, se colocarán contenedores específicos por tipo de residuo generado. Los contenedores se ubicarán en puntos estratégicos dentro del sitio del Proyecto. Para cada etapa, los residuos sólidos urbanos generados serán recolectados y dispuestos de manera definitiva en el sitio establecido y diseñado dentro de la empresa como confinamiento controlado. Este procedimiento es conocido y autorizado por el H. Ayuntamiento de Cananea.

En cuanto a la recolección de residuos peligrosos generados, específicamente en las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo, como aceites lubricantes usados, grasas, sólidos impregnados o que hayan estado en contacto, con algún material considerado

como peligroso (telas, estopa, esponjas, madera, plásticos, contenedores metálicos y de plástico, cartón, filtros empaques y embalajes), etc., se colocarán en contenedores rotulados, se almacenarán de manera temporal por un periodo no mayor a seis meses, como lo marca el Artículo 106, Fracción VII, de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en las etapas de preparación y construcción se realizará en el almacén temporal de residuos peligrosos existente ubicado dentro de las instalaciones de la empresa Buenavista del Cobre (ver **Figura 2.22**). Posteriormente serán entregados a una empresa autorizada por la SEMARNAT y subcontratada por la Promovente, para su disposición final.

Los residuos generados durante la construcción de cemento o concreto, serán responsabilidad del contratista que realice estos trabajos, evitando totalmente su disposición inadecuada en sitios con vegetación o en cauces intermitentes; podrán ser utilizados en nivelaciones de caminos, o bien, entregarlos para su reciclaje o disposición final a una empresa autorizada por las autoridades ambientales. En el **Anexo 2.4** se presentan los Planes de Manejo de Residuos que se aplicarán en todas las etapas del Proyecto.

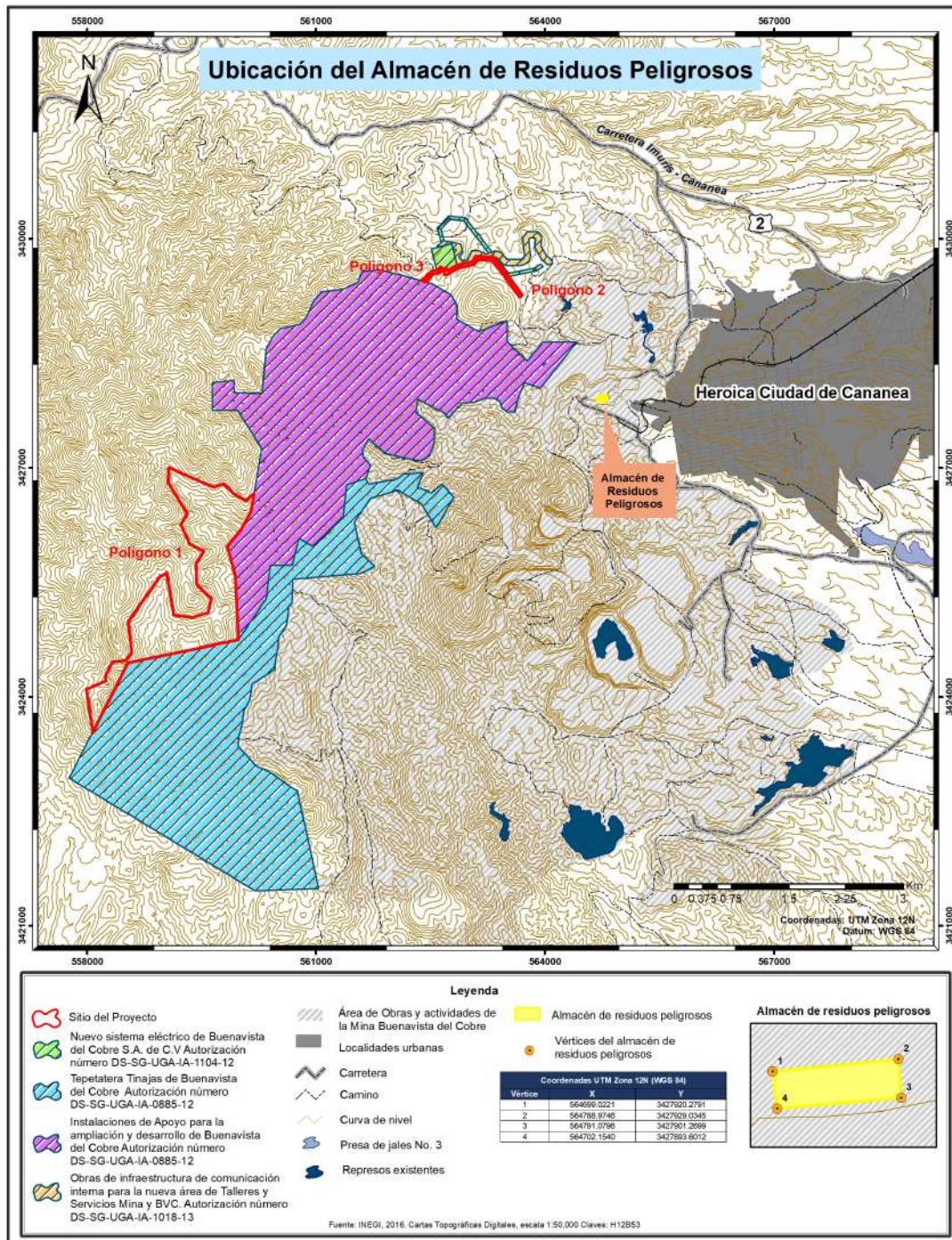


Figura 2.22. Ubicación del almacén temporal de residuos peligrosos de la empresa Buenavista del Cobre que prestarán servicios al Proyecto.

II.2. Características particulares y Programa general de trabajo del Proyecto

El Proyecto consiste en la preparación, construcción y operación del Canal Poniente y la ampliación de las instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre, lo que incluye obras civiles para la captación y desvío de aguas pluviales, la ampliación de la Tepetatera Marros y las obras asociadas al Anillo Eléctrico 34.5 kV. El Proyecto se pretende desarrollar en un período de 50 años, dividido en cuatro etapas: [i] preparación del sitio; [ii] construcción; [iii] operación y mantenimiento; y [iv] abandono del sitio.

El Proyecto tiene como principal objetivo el minimizar el impacto ambiental del proyecto de expansión desde el punto de vista hidrológico mediante el sistema de captación de agua pluvial; no obstante, también se considera el área destinada al depósito de tepetate en la Tepetatera Marros

En el **Cuadro 2.12**, se presenta el cronograma general de actividades, diseñado de acuerdo al tiempo requerido para la realización de cada actividad por etapa, para un tiempo de vida útil del Proyecto de 50 años.

II.2.1. Preparación del sitio

Una vez obtenida las autorizaciones ambientales para el Proyecto, tanto en materia de Impacto Ambiental, como de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se procederá a delimitar el área de trabajo en el terreno donde se planea instalar el Proyecto, de acuerdo a lo establecido en este documento, para evitar afectaciones ambientales y a predios adyacentes. Se implementarán medidas de rescate y reubicación de ejemplares de flora listados en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y de otras especies consideradas de interés biológico. De acuerdo a la caracterización en el sitio del Proyecto y el Sistema Ambiental (ver Capítulo IV), no se encontraron individuos de las especies de flora silvestre listadas en la citada NOM-059-SEMARNAT-2010. Por tanto, se extraerán los ejemplares de las especies de flora silvestre listados de interés biológico y trasplantarán en un área predefinida, pasando una etapa en vivero para ser conservados y luego trasplantados en sitios de condiciones similares al lugar de donde fueron extraídos, como parte de las actividades de reforestación permanentes que tiene la empresa.

Cuadro 2.12. Programa general de trabajo del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre" a ubicarse en el municipio de Cananea, Sonora.

Actividad	Tipo de Medida	Años															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 15	16 a 30	31 a 40	41 a 50		
Preparación del Sitio (CUSTF)																	
Delimitación del sitio del proyecto	P																
Ejecución de actividades de protección y conservación de flora silvestre	M																
Monitoreo de flora silvestre reubicada	M																
Ejecución de actividades de protección y conservación de fauna silvestre	M																
Desmonte	M																
Despalme	M																
Manejo y conservación del material de desmonte y despalme	M																
Movimiento de tierras																	
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial	M																
Supervisión Ambiental	S																
Construcción																	
Excavación en áreas de canal y cortina de repesos.																	
Nivelación y compactación.																	
Construcción de repesos para la captación de aguas pluviales.	C																
Construcción de canal para captación y desvío de aguas pluviales.	C																
Construcción y adecuación de caminos																	
Construcción de cimentación para torres de la LTE.																	
Instalación de sistema de tierras																	
Montaje de las estructuras																	
Tendido de cables																	
Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda																	
Tendido, regulado y engrapado de cables																	
Colocación de accesorios (señalética, protección anti aves, amortiguadores y anillos equipotenciales)																	
Restauración de suelo y revegetación en áreas de obras provisionales.	M																

Cuadro 2.12. Programa general de trabajo del Proyecto "Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre" a ubicarse en el municipio de Cananea, Sonora.

Actividad	Tipo de Medida	Años															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 15	16 a 30	31 a 40	41 a 50		
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.	M																
Supervisión Ambiental	S																
Operación y Mantenimiento																	
Operación de los represas y el canal de captación y de desvío de aguas pluviales.	C																
Carga, acarreo y depósito de tepetate																	
Operación de la Línea de Transmisión Eléctrica (LTE)																	
Mantenimiento de caminos y de represas, canal de captación y LTE.	M																
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.	M																
Supervisión Ambiental	S																
Cierre y Abandono																	
Desmantelamiento de equipos (retiro de los equipos, cableado, demolición de cimentaciones y edificaciones)	M																
Limpieza del sitio (retiro de todos los restos de materiales para su adecuada disposición para reciclaje, reuso o final)	M																
Generación de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial	M																
Programa de cierre o abandono para el tepetate	C																
Restauración de suelo y revegetación del sitio en áreas permanentes	C																
Supervisión Ambiental	S																
Medidas de Prevención, de Mitigación y/o de compensación																	
Actividades de Supervisión																	

Así mismo se ejecutarán acciones de protección y conservación de fauna silvestre, las cuales se dividen en tres actividades fundamentales: [i] ahuyentar; [ii] rescatar; y [iii] reubicar especies. Dichas acciones están dirigidas a todas las especies presentes en el sitio del Proyecto. Las actividades para ahuyentar, estarán orientadas principalmente para aquellos individuos de desplazamiento rápido, tal es el caso de individuos del grupo de las aves, así como mamíferos medianos y grandes, incluyendo aquellos de hábitos voladores (murciélagos), que pudieran encontrarse en troncos huecos, grietas, etc.

Durante esta etapa se tiene contemplada la preparación del terreno que consiste básicamente en desmonte y despalme en aquellas superficies donde la topografía del terreno lo permita, que en este caso corresponde a las superficies con una pendiente menor de 30% (**Cuadro 2.13**). Esto se debe a que pendientes mayores representan un riesgo de vida para los trabajadores que las realizan por la inclinación y la inestabilidad de los equipos y maquinaria necesarios para realizarlas.

El desmonte y despalme se hará gradualmente por secciones, en función del avance y de la topografía. Únicamente se realizará por medios mecánicos bulldozer (tractor de cadenas o trackes con pala frontal), sin utilizar fuego ni sustancias químicas. Se hará el retiro de la vegetación desmontada, que será enviada hacia los sitios de restauración de superficies dentro de la misma empresa, conservándolo al almacenarlo en cantidades que permitan su buen manejo para ser reutilizado en actividades de acondicionamiento de áreas de recuperación o áreas de reubicación de los ejemplares rescatados. Una vez desmontada y retirada la vegetación en aquellas áreas que lo permita la topografía se realizarán los cortes, excavaciones y nivelaciones de terreno necesarias para la etapa de construcción, particularmente de las obras de captación y desvío de aguas pluviales.

Se aplicarán las medidas de prevención y mitigación relacionados con el desmonte y despalme con la finalidad de disminuir los efectos negativos del Proyecto sobre el suelo provocados por la remoción de la vegetación y al término de la etapa de construcción.

La superficie destinada así a la ejecución del desmonte y despalde es estimada en 168.7410 ha, que representa el 78.24% de la superficie del Polígono 1, 92.35% del Polígono 2 y 90.59% del Polígono 3.

Cuadro 2.13. Superficie con pendiente menor y mayor de 30% en los polígonos que comprende el sitio del Proyecto.

Polígono	Superficie del Polígono	Superficie >30% Pendiente		Superficie <30% Pendiente	
		m ²	ha	m ²	ha
Polígono 1	207.4544	451,415.82	45.1416	1,623,127.85	162.3128
Polígono 2	5.6969	4,353.05	0.4353	52,615.91	5.2616
Polígono 3	1.2877	1,210.73	0.1211	11,666.34	1.1666
TOTAL	214.4390	456,979.60	45.6980	1,687,410.11	168.7410

La ejecución gradual del desmonte y despalde, en la propuesta de 5 años tiene las siguientes ventajas:

- i. Conservación temporal de hábitats para la fauna silvestre, de tal manera que se favorezca y asegure el desplazamiento de la fauna silvestre hacia áreas menos perturbadas.
- ii. Mantener de manera temporal y gradual la cobertura de suelo orgánico y vegetación no rescatable en las áreas autorizadas por CUSTF, de tal manera que disminuya la superficie disponible a la erosión y por tanto disminuya la tasa de erosión después del CUSTF.
- iii. Mantener de manera temporal y gradual la cobertura de suelo orgánico y vegetación no rescatable en las áreas autorizadas por CUSTF, de tal manera que no se altere el factor de captación de agua en las áreas sin CUSTF, esto permitiría mantener la captación actual en las áreas sin ejecución de desmonte ni despalde.

Es importante señalar que ninguna actividad se realizará hasta que se cuente con las licencias y permisos correspondientes, así como, cumplidas todas las obligaciones ambientales establecidas para el Proyecto. Así mismo no habrá aprovechamiento de la vegetación forestal, maderable o no maderable. Una vez rescatadas las especies de flora

silvestre se procederá al desmonte, resguardando el material vegetal para su uso en actividades de restauración y conservación de suelo.

Durante esta etapa se generarán diferentes residuos como residuos peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos, los cuales serán recolectados de manera periódica según las normas de la empresa, como se describió previamente en este capítulo.

II.2.1.1. Ejecución de actividades de protección y conservación de especies de flora y fauna silvestre

Estas acciones se refieren al rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal tal como se establece en el Programa de Rescate y Reubicación de la Vegetación Forestal (ver **Anexo 7.2**). En los polígonos que comprende el Proyecto no se encontraron especies de flora silvestre listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Los individuos de flora rescatada serán mantenidos de manera temporal en un vivero por Buenavista del Cobre, hasta su reubicación final en el área destinada a la reubicación. En el **Cuadro 2.14** se presentan las especies que serán objeto de aplicación del Programa de Rescate y Reubicación de especies de flora silvestre que incluye tanto las especies rescatadas, como las que serán reproducidas a partir del germoplasma.

Los individuos de flora silvestre rescatados, así como los reproducidos a partir de germoplasma o esquejes, serán resguardados de forma temporal en el vivero que se encuentra dentro de las instalaciones de Buenavista del Cobre, S.A. de C.V., con el objetivo de dar mantenimiento a aquellos que presenten signos de enfermedad, además de realizar otras acciones como toma de datos y características al momento de la extracción, que sirvan en un futuro para el monitoreo de su establecimiento y supervivencia. Los detalles de la ejecución del Programa de Rescate y Reubicación de Vegetación Forestal se presentan en el **Anexo 7.2**.

Una vez que se hayan trasplantado en el área de reubicación se tendrá un programa de monitoreo de estos individuos, con la finalidad de asegurar su sobrevivencia en el sitio de reubicación, compensando con esto la afectación a la vegetación forestal por el CUSTF.

Cuadro 2.14. Especies de flora silvestre que serán objeto del Programa de Rescate y Reubicación para el Proyecto.

Especie	Nombre común	Forma vital	Método de rescate	Porcentaje de rescate
<i>Agave parryi</i>	Maguey	Arbustiva	Extracción de individuo completo	20
<i>Dasyllirion wheeleri</i>	Serrucho	Arbustiva	Extracción de individuo completo	20
<i>Nolina microcarpa</i>	Palma sacahuista	Arbustiva	Extracción de individuo completo	20
<i>Yucca baccata</i>	Yuca	Arbustiva	Extracción de individuo completo	20
<i>Cylindropuntia spinosior</i>	Tasajillo	Arbustiva	Extracción de individuo completo	100
<i>Echinocereus rigidissimus</i>	Viejito rosa	Arbustiva	Extracción de individuo completo	100
<i>Opuntia macrocentra</i>	Nopal violaceo	Arbustiva	Extracción de individuo completo	100
<i>Opuntia phaeacantha</i>	Nopal	Arbustiva	Extracción de individuo completo	100
<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Arbutus arizonica</i>	Madroño norteño	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Quercus arizonica</i>	Encino blanco	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Quercus emoryi</i>	Bellota	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Quercus hypoleucoides</i>	Encino colorado	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Quercus oblongifolia</i>	Bellota de cochi	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Garrya wrightii</i>	Garria	Arbustiva	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20
<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero	Arbórea	Reproducción por esquejes, hijuelos y/o germoplasma	20

Para la fauna silvestre, existen grupos con mayor susceptibilidad que otros, esto es por sus requerimientos del hábitat, de alimento, por su movilidad, por su requerimiento agua o condiciones específicas. Es por ello que antes de iniciar con la ejecución de cambio de uso de suelo, es necesario la implementación de medidas preventivas o de mitigación efectivas que garanticen una afectación mínima a la fauna, especialmente para grupos como lo son los

anfibios y reptiles. Previo a las acciones de desmonte y despalme, se deberá realizar la ejecución del Programa de Protección y Conservación de Fauna Silvestre (**Anexo 7.3**), enfocado a las especies de lento desplazamiento, así como a aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. De acuerdo al número total de especies faunísticas registradas dentro del sitio del proyecto se tiene que solo una especie del grupo de las aves se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual corresponde a la Codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*), bajo la categoría de sujeta a protección especial.

II.2.1.1. Descripción de las obras y actividades provisionales del Proyecto

Durante las etapas de preparación y construcción, no se contará con talleres para el mantenimiento preventivo de equipos móviles, ya que su mantenimiento será de tipo preventivo y correctivo, que consistirá básicamente en el cambio de aceite de los móviles y cambio de autopartes que se requieran por desgaste de uso. Sin embargo, es importante mencionar que se llevará a cabo en un área específica fuera de los polígonos del presente Proyecto que cuenta con piso cubierto, donde se estacionará la maquinaria para realizar eventualmente algunas reparaciones, y los residuos peligrosos generados serán colocados en los contenedores específicos para su disposición temporal, cuyo manejo estará a cargo de los contratistas de la obra.

Tampoco serán necesarias almacenes, oficinas temporales ni obras de abastecimiento y almacenamiento de combustibles, ya que éstos serán obtenidos directamente de estaciones de combustible fuera de los polígonos de Proyecto que forman parte de instalaciones actuales de Buenavista del Cobre.

Las instalaciones sanitarias serán sanitarios portátiles, que serán instalados por grupos de trabajadores, y los residuos retirados por una empresa subcontratista que cuente con las autorizaciones necesarias para realizar esta actividad.

II.2.2. Etapa de construcción

La construcción comprenderá las siguientes actividades para habilitar las obras civiles para desvío de agua, los caminos necesarios, y la red eléctrica.

- i. El uso de maquinaria y equipo y vehículos para las diferentes actividades durante la construcción, cuyo mantenimiento será de tipo preventivo y correctivo, que consistirá básicamente en el cambio de aceite y cambio de autopartes que se requieran por desgaste de uso.
- ii. Cortes y rellenos (terracerías y terraplén). En esta etapa se realizarán las excavaciones, corte y rellenos donde sea necesario para la cimentación. El trazo de las vialidades y las áreas de cada obra y la nivelación y compactación necesarias.
- iii. Construcción de los canales de captación y desvío de aguas pluviales.
- iv. Instalaciones de red de distribución eléctrica.
- v. Durante las últimas actividades de construcción y como parte de la etapa de abandono del sitio, se retirará la maquinaria y obras provisionales que se encuentre en el sitio del Proyecto una vez terminadas todas las obras permanentes, producto de esta limpieza se generarán residuos (madera y/o acero y lámina, residuos de concreto) que se recolectarán para su adecuada disposición final durante las actividades de limpieza del área.

II.2.3. Etapa de operación del sitio

El Proyecto tendrá su etapa de operación y mantenimiento durante un período de 40 años. La operación del Proyecto consistirá principalmente en las actividades propias de cada obra, esto es, el tránsito de vehículos y maquinaria por los caminos, el control (captación, almacenamiento y conducción) de aguas pluviales en los repesos y canales que integran el Canal Poniente, la ampliación de la Tepetatera Marros y las obras necesarias para la instalación del Anillo Eléctrico 34.5kV.

Durante esta etapa también se incluyen las actividades de mantenimiento para los caminos, repesos y los canales de captación, así como del Programa de Vigilancia Ambiental, que dará seguimiento al cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en esta Manifestación de Impacto Ambiental, además de aquellas que resulten de las resoluciones de Autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

II.2.4. Etapa de abandono del sitio

Como parte de las actividades de abandono del sitio, se incluye la estabilización de taludes, actividad que se llevará a cabo progresivamente según el avance de la extracción minera. Una vez terminada la vida útil del Proyecto, equipos y maquinaria que pudieran encontrarse operando y en buen estado, serán desmantelados para ser trasladados a otro Proyecto de la empresa en caso de que sean necesarios.

El período de abandono incluye un proceso completo y progresivo de 9 años, desde el desmantelamiento hasta las actividades de restauración del sitio, incluyendo todas aquellas medidas de mitigación establecidas para esta etapa.

En la etapa de abandono del sitio (post-operación) del Proyecto, se ejecutará el Plan de Cierre del mismo, que consistirá en la ejecución de los planes y actividades que permitan el retiro de infraestructura, la restauración y reforestación de la superficie ocupada por el área de servicios, así como el cierre del depósito de tepetate.

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

Se generarán residuos sólidos urbanos considerados municipales, causa de la actividad humana desarrollada en el sitio del Proyecto, así como los generados por el desmonte y despalde que se reutilizan en actividades de Restauración y Reforestación.

Como se mencionó en párrafos anteriores, los residuos sólidos urbanos generados en las etapas de preparación del sitio y construcción, serán dispuestos en contenedores estratégicamente distribuidos dentro de las instalaciones del predio y colocados por los subcontratistas de la empresa Buenavista del Cobre. Para la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se seguirán los procedimientos establecidos dentro de la empresa para el manejo y disposición de estos residuos, en contenedores específicos identificados según el tipo de residuos.

Para todas las etapas, los residuos sólidos urbanos generados serán recolectados cada 4 días por personal de la misma empresa, su disposición final se realizará en un sitio

diseñado y establecido dentro de la empresa bajo un tipo de confinamiento controlado. El responsable de la obra será quien llevará los residuos a pie de lote en el sitio de disposición dentro de las instalaciones de la empresa, también será el responsable de no permitir residuos de este tipo, en ninguna parte del terreno destinada al Proyecto.

Los contenedores se irán desplazando conforme se desplace el frente de obra. No se permitirá la disposición de los residuos sólidos urbanos sobre el terreno, vegetación aledaña o sitios no autorizados, en ninguna de las etapas del Proyecto.

En cuanto a los residuos peligrosos, es posible que estos se generen a partir del mantenimiento correctivo de la maquinaria in situ, por tal motivo se prevé que esto se realice con los cuidados y técnicas especializadas para no generar impactos al suelo natural por contaminación de aceites y/o grasas. En caso que esto ocurra es importante señalar que el mantenimiento en todo momento se realizará por empresa especializada externa al Promovente y al Proyecto, encargándose del buen manejo de la generación de los mismos, colocando para ello contenedores específicos para su disposición temporal.

Se almacenarán los residuos peligrosos generados de manera temporal por un periodo no mayor a seis meses como lo marca el Artículo 106, Fracción VII, de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en el Almacén temporal de Residuos Peligrosos ubicado dentro de Buenavista del Cobre (**Figura 2.18**). Se llevará una bitácora para control de los residuos de este tipo. Dichos residuos serán entregados a una empresa autorizada por la SEMARNAT y subcontratada por la Promovente, para su disposición final.

Para los residuos de manejo especial generados por la obra (madera, alambre, varilla, chatarra, fierro, llantas, otros), estos serán separados y el responsable de la obra los enviará a un sitio destinado como acopio temporal dentro de la empresa Buenavista del Cobre, de donde serán retirados por una empresa autorizada, prestadora de servicios, para su transporte y disposición final.

Los gases contaminantes emitidos con la operación de la maquinaria serán los siguientes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y bióxido de azufre (SO₂). Todos estos gases generados por la combustión realizada por la

operación y mantenimiento de la maquinaria (fuentes de combustión móvil y estacionaria). Así mismo, como producto de la combustión, se emitirán partículas en un rango de 1 a 100 micras. Sin embargo, su afectación se considera puntual y poco significativa por el movimiento de vehículos. Como medida de control de las fuentes móviles, existen programas de control de emisiones vehiculares, mismas que se aplicarán a todos los vehículos en el sitio del Proyecto, de acuerdo a su Programa de mantenimiento establecido. Adicionalmente, las emisiones de polvo serán mitigadas por el riego constante de caminos y el uso de supresores de polvo.

Por las actividades propias del Proyecto, las aguas residuales de sanitarios portátiles que se colocarán en el sitio del Proyecto, serán manejados para su disposición final a través de una empresa prestadora de este servicio que cuenta con las autorizaciones correspondientes. Se usarán sanitarios portátiles para los trabajadores a razón de una por cada 15 trabajadores, durante toda la etapa de preparación del sitio y construcción. Los sanitarios portátiles serán colocados en sitios que no afecten o detengan el avance de obra.

Por la distancia de los asentamientos humanos de la Ciudad de Cananea, con respecto de los sitios de emisión de ruido y vibraciones por las actividades del Proyecto, se estima que no existirá afectación a los ciudadanos y habitantes de la H. Ciudad de Cananea.

Con respecto de los puntos de mayor concentración de personal, dentro de las instalaciones del Proyecto y por estudios de ruido realizados con anterioridad, se confirma que los niveles de ruido que podrían generar, serán menores a los límites permisibles de la norma. Los operadores de la maquinaria y supervisores usarán equipo de control de emisiones de ruido (auditivo personal), con el objeto de evitar posibles daños.

II.2.6. Uso de explosivos

El explosivo que va a ser utilizado para las voladuras durante la preparación del sitio del canal y camino de mantenimiento, es el ANFO, del inglés: *Ammonium Nitrate - Fuel Oil*, es un explosivo de alto orden. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad. El uso de un combustible insoluble en agua acaba con

el principal problema del nitrato de amonio: su tendencia a absorber agua (higroscopía). Se utiliza ampliamente en las voladuras de rocas de tipo medio a blando, introduciendo en los barrenos el granulado mediante aire comprimido. El volumen de explosivo a utilizarse está definido en base al consumo estadístico, a la fecha, son 112 gramos de nitrato de amonio por tonelada minada. El manejo del ANFO y los accesorios detonantes se realizará por separado para garantizar un mejor control y seguridad de acuerdo a la normativa.

II.2.7. Infraestructura para el manejo y disposición de los residuos

El manejo que se le dará a residuos generados durante las diferentes etapas del Proyecto se presenta de manera resumida en la **Cuadro 2.15**.

Cuadro 2.15. Relación de residuos generados con almacenamiento y disposición final.

Clasificación del residuo	Tipo de residuo	Generación	Almacenamiento/Disposición
Residuos producto de desmonte y despalme	Residuos Vegetales	Generados por el desmonte y despalme del sitio durante su preparación inicial.	El material del desmonte será almacenado a granel en cantidades que permitan su buen manejo para ser reutilizado en actividades de restauración o acondicionamiento de áreas de recuperación o áreas de reubicación de los ejemplares rescatados.
Residuos sólidos municipales	Residuos sólidos	Resultado de la basura generada por las actividades humanas.	Se trasladará al sitio diseñado y establecido dentro de la empresa bajo un tipo de confinamiento controlado autorizado.
Residuos peligrosos	Aceites, grasas, filtros de aceite y gasolina gastados, así como estopas impregnadas con aceites y/o grasas	Resultado del mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria en operación.	El manejo, transporte y disposición de los residuos será a través de empresas especializadas subcontratadas por Buenavista del Cobre y autorizadas para dicha actividad por SEMARNAT; de igual manera, en el caso de la realización del mantenimiento del equipo automotor.

Las medidas de seguridad para prevenir cualquier accidente, emergencia o contingencia ambiental que se pudiera generar durante el desarrollo de las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento, son las siguientes:

- Se dotará al personal del equipo necesario para su protección personal, como son: botas industriales, guantes, casco, gafas de seguridad y protectores de oídos, esto es equipo necesario de acuerdo a cada actividad a realizar.
- Se comunicará al personal de las medidas de seguridad laboral y ambiental que deberán tomarse durante el desarrollo de las actividades del Proyecto.

II.2.8. Otras fuentes de daños.

Debido al manejo de explosivos en el Proyecto, se requieren instalaciones adecuadas y procedimientos estrictos para el manejo de los mismos. Las condiciones de almacenamiento deben de cumplir con las normas establecidas y recibir mantenimiento frecuente para evitar incendios y/o explosiones. Las instalaciones contar con extintores, y señalamientos y se deberán seguir todas las especificaciones del manejo de los explosivos. Adicionalmente, el personal de la planta debe estar altamente capacitado para actuar ante este tipo de situaciones de emergencia. Se debe mantener un registro en bitácora autorizada por la SEDENA, donde se indiquen: fecha, cantidad recibida, cantidad despachada y saldo o sean las existencias del material que se encuentre en el polvorín. La persona responsable debe verificar que en cualquier momento no exista ninguna diferencia entre lo reportado en la bitácora y las existencias físicas.

Los vehículos que transportarán los explosivos del polvorín a las áreas para construcción de las obras, contarán con los requerimientos establecidos por la SEDENA y que sea autorizado por esta Secretaría.

CONTENIDO

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.....	5
III.1. Análisis de Instrumentos de planeación y de regulación del uso del suelo	5
III.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)	6
III.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Sonora	16
III.1.3. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021.....	21
III.1.4. Planes Municipales de Desarrollo Urbano o en su caso, del Centro de Población	24
III.2. Regiones prioritarias de la CONABIO	27
III.2.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	27
III.2.2. Regiones Terrestres Prioritarias.....	31
III.2.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs).....	34
III.2.4. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) para la conservación de la biodiversidad	37
III.3. Decretos y programas de manejo de las áreas naturales protegidas	41
III.3.1. Áreas Naturales Protegidas Federales	41
III.3.2. Áreas Naturales Protegidas Estatales.....	44
III.4. Tratados y convenios internacionales.	46
III.4.1. Humedales Mexicanos de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR en México)	46
III.5. Análisis de instrumentos jurídicos y normativos.....	49
III.5.1. Constitución Política de los Estados Unidos.....	49
III.5.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).....	54
III.5.2.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	57
III.5.3. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.....	59
III.5.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento.....	61
III.5.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento	65
III.5.6. Normas Oficiales Mexicanas	68

III.5.7. Programas de recuperación y restablecimiento de las zonas de restauración ecológica.....	73
III.5.8. Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora.....	73

CONTENIDO CUADROS

Cuadro 3.1. Características de la Unidad Ambiental Biofísica en la cual se encuentra el sitio del Proyecto.	8
Cuadro 3.2. Indicadores para la clasificación del Estado del medio ambiente sano al 2008 de la UAB 9 “Sierras y Valles del Norte”.....	10
Cuadro 3.3. Estrategias Ecológicas establecidas para la UAB 9, “Sierras y Valles del Norte” por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y su vinculación con el Proyecto.	11
Cuadro 3.4. Matriz de lineamientos, criterios y estrategias ecológicas para la UGA 100-0/01, en que se encuentra el Proyecto.	17
Cuadro 3.5. Vinculación del Proyecto con los Criterios de regulación ecológica de la UGA 100-0/01 que aplican para el Proyecto.	19
Cuadro 3.6. Objetivos del Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 de Cananea a los cuales se vincula el Proyecto.	25
Cuadro 3.7. Descripción de la RHP 13, llamada "SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SAN PEDRO Y SANTA CRUZ".....	28
Cuadro 3.1. Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la vinculación con el Proyecto.	55
Cuadro 3.2. Disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y la vinculación con el Proyecto.	60
Cuadro 3.3. Vinculación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable con el Proyecto.	62
Cuadro 3.4. Vinculación del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable con el Proyecto.	64
Cuadro 3.5. Vinculación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos con el Proyecto.	65
Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.....	69

CONTENIDO FIGURAS

Figura 3.1.	Unidad Ambiental Biofísica (UAB) que marca el POEGT, donde se encuentra el sitio del Proyecto.....	9
Figura 3.2.	Población indígena en los alrededores del sitio del Proyecto.	15
Figura 3.3.	Ubicación del sitio del Proyecto en la UGA 100-0/01 del POETSON.	18
Figura 3.4.	Alineación del PED 2016-2021 al PND 2013-2018.	22
Figura 3.5.	Ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con relación al sitio del Proyecto.	30
Figura 3.6.	Ubicación de la Región Terrestre Prioritaria RTP 41 Cananea-San Pedro con relación al sitio del Proyecto.	33
Figura 3.7.	Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación del AICA No.126 Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental.	36
Figura 3.8.	Ubicación de los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT), con relación al sitio del Proyecto.	39
Figura 3.9.	Ubicación del sitio del Proyecto respecto a la Regionalización biótica prioritaria de la CONABIO.	40
Figura 3.10.	Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación de las Áreas Naturales Protegidas Federales.	43
Figura 3.11.	Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación de las Áreas Naturales Protegidas Estatales.	45
Figura 3.12.	Ubicación del sitio del Proyecto con relación al Sitio RAMSAR 2044 en el estado de Sonora.	48

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

En el presente Capítulo se presenta el análisis detallado de la vinculación de las diferentes actividades del proyecto con los instrumentos de planeación y con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental. El objetivo de este análisis es presentar la forma como el proyecto se sujeta a las disposiciones y a los lineamientos que tales ordenamientos establecen, lo que equivale a poner en evidencia la justificación jurídica de la iniciativa que se somete a la consideración de la autoridad del sector medio ambiente. En este sentido, este ejercicio implica identificar al conjunto de instrumentos jurídicos, normativos y administrativos que contiene la legislación vigente y que es jurídicamente vinculante a las obras y actividades del proyecto y, sustentado en los planteamientos técnicos que se detallan en cada uno de los capítulos de la MIA-P, ofrecer a la autoridad, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los argumentos que aseguran el cumplimiento de los objetivos de cada una de esas disposiciones bajo un enfoque de interpretación holística del marco jurídico aplicable.

III.1. Análisis de Instrumentos de planeación y de regulación del uso del suelo

El ordenamiento ecológico es un instrumento de Planeación Política Ambiental que se crea como un proceso de planeación con el objetivo de encontrar las bases para planificar el uso de suelo en el territorio nacional bajo el fundamento de generar un mayor consenso y reducir los conflictos entre los diferentes sectores sociales y autoridades de una región, además al regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas, se pretende lograr la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. La relación de estos instrumentos, en materia del cumplimiento ambiental de sus disposiciones, con las iniciativas de obras y actividades, se sustenta en la aplicación del derecho vigente, es decir, en la observancia de los instrumentos vigentes, entendiéndose por

éstos a los instrumentos que se encuentran en vigor dentro de un ámbito territorial determinado y que el estado considera obligatorios, cuyo alcance incide sobre el espacio territorial que ocupará el proyecto y su área de influencia.

III.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

México cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) desde el 7 de septiembre de 2012, fecha en que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), este documento es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, vinculando las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco de Sistema Nacional de Planeación Democrática. Al ser un instrumento de política ambiental su objetivo es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos; de esta manera el Ordenamiento Ecológico se ha convertido en una estrategia Federal.

El objetivo del POEGT es *“llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF”*.

El POEGT está integrado por una **Regionalización Ecológica** (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial), y por los **lineamientos y estrategias ecológicas** para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a la regionalización.

A partir de la regionalización ecológica, se diferenciaron 145 **Unidades Ambientales Biofísicas (UAB)**, que favorecen la toma de decisiones sobre la ubicación de las actividades productivas y los asentamientos humanos en el territorio, así como fomentan el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.

Asimismo, en el POEGT se establecen 10 lineamientos ecológicos y 44 estrategias ecológicas, las cuales han sido clasificadas en función de si están dirigidas a la preservación; a la protección de los recursos naturales; a la restauración; al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y de servicios; al mejoramiento del Sistema Social e infraestructura urbana; y al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

El Proyecto se ubica en la **Unidad Ambiental Biofísica (UAB) número 9** que es denominada “**Sierras y Valles del Norte**”, las características de esta UAB 9, se describen en el **Cuadro 3.1**, mientras que su distribución se observa en la **Figura 3.1**. La UAB 9 pertenece a la **Región Ecológica 12.30**, que se localiza al oriente del estado de Sonora, tiene una superficie de 42,685.87 km², una población total de 78,700 habitantes y presencia de población indígena mayo-yaqui.

Cuadro 3.1. Características de la Unidad Ambiental Biofísica en la cual se encuentra el sitio del Proyecto.

Unidad Ambiental Biofísica (UAB)	UAB 9
Nombre de la UAB	Sierras y Valles del Norte
Clave Región Ecológica:	12.3
Política Ambiental:	Aprovechamiento Sustentable y Protección
Rectores del Desarrollo:	Minería - Preservación de Flora y Fauna
Coadyuvantes del Desarrollo:	Forestal
Asociados del Desarrollo:	Ganadería
Otros Sectores de Interés:	Industria, Pueblos indígenas
Prioridad de Atención:	Muy baja
Estrategias:	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 28, 29, 31, 33, 37, 42, 43, 44

El estado del medio ambiente sano al 2008, se clasificó como **estable a mediamente estable** para la **UAB 9**. En el **Cuadro 3.2** se presentan los indicadores que definieron la clasificación del estado del medio ambiente al 2008 para la UAB 9.

Asimismo, el escenario al 2033 de la UAB 9, se espera que sea inestable (POEGT, 2012). En este sentido, las estrategias planteadas dentro del POEGT son las presentadas en el **Cuadro 3.3**.

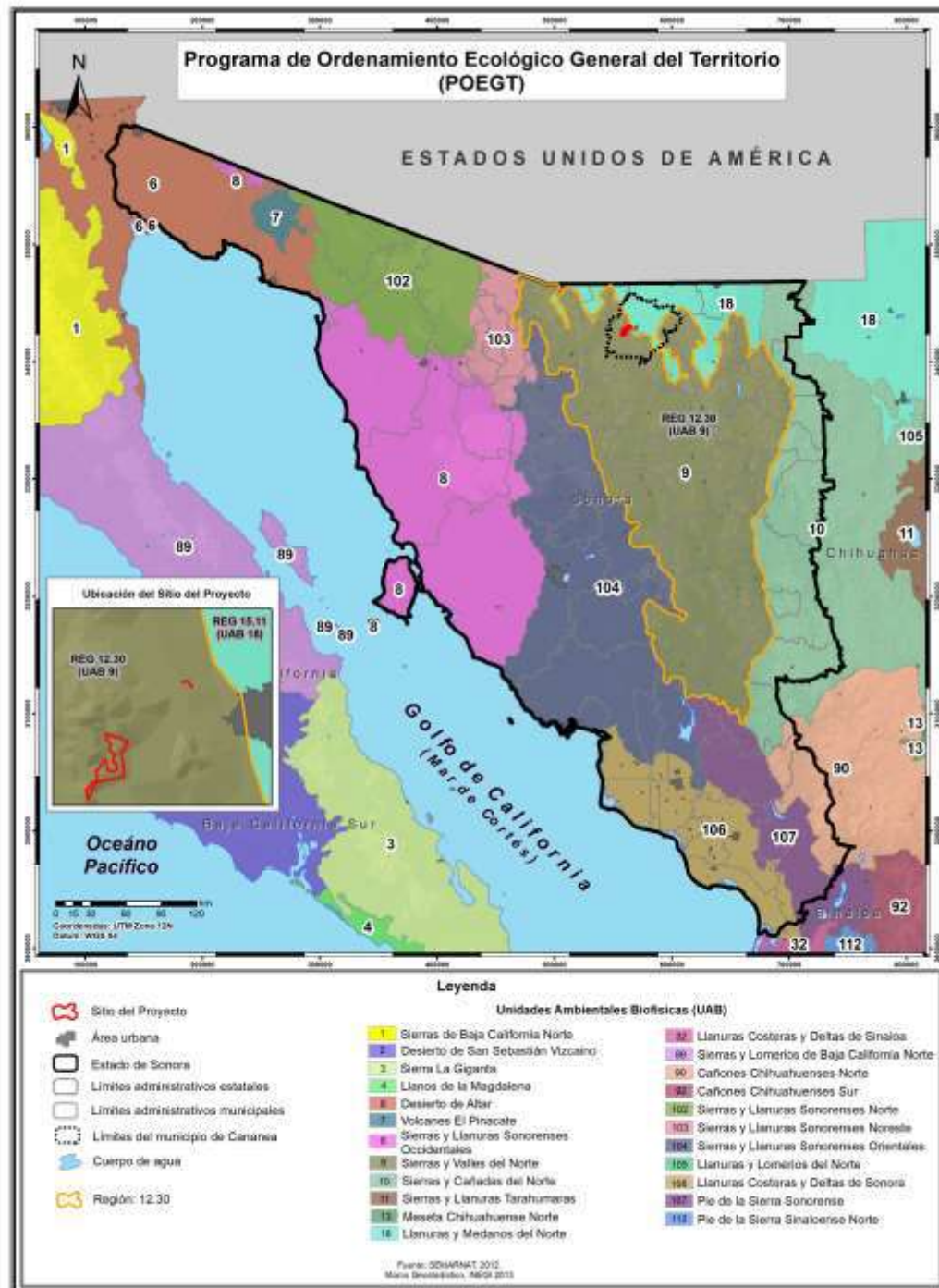


Figura 3.1. Unidad Ambiental Biofísica (UAB) que marca el POEGT, donde se encuentra el sitio del Proyecto.

Cuadro 3.2. Indicadores para la clasificación del Estado del medio ambiente sano al 2008 de la UAB 9 "Sierras y Valles del Norte".

Indicador	Nivel del indicador
	UAB 9
Conflicto sectorial	Bajo
Superficie de Áreas Naturales Protegidas	Muy baja
Degradación de suelo	Baja
Degradación de la vegetación	Baja
Degradación por desertificación	Media
Modificación antropogénica	Muy baja
Longitud de carreteras (km)	Media
Porcentaje de zonas urbanas	Muy baja
Porcentaje de cuerpos de agua	Muy bajo
Densidad de población (hab/km ²)	Muy baja
Uso de suelo	Otro tipo de vegetación, Forestal y Pecuario
Disponibilidad de agua superficial	Si
Disponibilidad de agua subterránea	Si
Porcentaje de zona funcional	Alta, 58.8
Marginación social	Muy baja
Índice medio de educación	Medio
Índice medio de salud	Bajo
Hacinamiento en la vivienda	Bajo
Indicador de consolidación de la vivienda	Muy bajo
Indicador de capitalización industrial	Medio
Porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal	Bajo
Porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios	Alto
Actividad agrícola	Con Fines Comerciales
Importancia de la actividad minera	Media
Importancia de la actividad ganadera	Alta

Cuadro 3.3. Estrategias Ecológicas establecidas para la UAB 9, “Sierras y Valles del Norte” por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y su vinculación con el Proyecto.

Grupo	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
A) Preservación	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad.	El desarrollo del Proyecto comprende un programa para la conservación de la flora y de la fauna silvestre, esto es aplicando acciones de rescate y reubicación de las especies de flora con un interés biológico (ver capítulo IV), ya que en el sitio no se encontraron especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010; estas actividades serán realizadas antes de cualquier actividad durante la etapa de preparación del sitio, para asegurar la recuperación de las especies. En cuanto a la fauna silvestre, se ejecutarán acciones previo inicio de actividades de construcción, así como durante la operación del Proyecto, para ahuyentar, rescatar y reubicar todos los individuos que se encuentren en el sitio. Para la realización del presente estudio se realizó una caracterización ambiental en donde se realizó un conocimiento profundo acerca de los ecosistemas y la biodiversidad del sitio donde se realizará el Proyecto, lo cual contribuye a generar información para los diferentes escenarios que el territorio tendrá (ver capítulo IV de este documento).
	2. Recuperación de especies en riesgo.	
	3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	
B) Aprovechamiento Sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	La capa de suelo y la cubierta vegetal que será retirada durante el desmonte y despalle, será utilizada para actividades del programa de restauración y conservación de suelo; el sitio de almacenamiento temporal del suelo rescatado contará con medidas de protección que eviten pérdidas por erosión.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	No aplica. El Proyecto no implica actividad agrícola.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	No aplica. El Proyecto no implica actividad agrícola.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El material retirado producto del desmonte y despalle será aprovechado en las áreas que serán objeto de restauración y conservación

Cuadro 3.3. Estrategias Ecológicas establecidas para la UAB 9, "Sierras y Valles del Norte" por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y su vinculación con el Proyecto.

Grupo	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
		de suelos, con estas acciones se dará sustentabilidad al material retirado.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	El territorio donde se realizará el Proyecto tiene la vocación de presencia de minerales aprovechables, la Promovente realiza la explotación de éstos, así reconociendo el valor de todos los componentes del ambiente, el presente Proyecto es una obra de compensación para no afectar la cantidad del recurso agua, conduciéndola con obras civiles hacia otras microcuencas para su libre escorrentía e incorporación a los cauces naturales.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	La finalidad de este Proyecto es conducir el agua pluvial de las microcuencas para su reincorporación a corrientes de agua naturales que se encuentran fuera del área de influencia del complejo minero metalúrgico, por lo que contribuye a mantener el equilibrio en las cuencas que se encuentran en el sistema ambiental del Proyecto.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	La finalidad del Proyecto es la captación de agua para su reintegración a la cuenca.
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	No aplica en este Proyecto.
	12. Protección de los ecosistemas.	El Proyecto implica la implementación de acciones de rescate y reubicación de flora y de fauna silvestre, acciones para protección y conservación del suelo, así como acciones para reforestación con especies nativas de la región.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No aplica. El Proyecto no implica actividad con uso de agroquímicos ni biofertilizantes.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	La Promovente aplicará un Programa de Restauración del sitio una vez concluida la vida útil del Proyecto, dicho programa incluirá acciones de revegetación y restauración.

Cuadro 3.3. Estrategias Ecológicas establecidas para la UAB 9, “Sierras y Valles del Norte” por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y su vinculación con el Proyecto.

Grupo	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	El Proyecto reunirá condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población, las actividades económicas y sociales y, en general, el equilibrio ecológico.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	
	16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional.	No aplica. El Proyecto no incluye actividades de este tipo de industria.
	17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras).	No aplica. El Proyecto no pertenece a este tipo de industria.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
C) Agua y Saneamiento	28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	El Proyecto no implica la descarga de agua, pero si la reintegración de agua pluvial a la cuenca hidrológica.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	No aplica. El Proyecto no pertenece al sector de desarrollo urbano. Sin embargo, la Promovente contrata mano de obra local para toda su operación y proyectos, esto genera un incremento en los ingresos de las comunidades locales mejorando su calidad de vida.
E) Desarrollo Social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	El Proyecto generará empleos directos en cualquiera de sus etapas; con un beneficio social totalmente ligado a la generación de empleos por incremento de producción implica en su conjunto, la generación de cerca de 7,000 empleos directos involucrados tanto en las nuevas operaciones minero-metalúrgicas de la empresa, como en los servicios asociados a estas e indirectos. Esto se ve reflejado en que para la zona existe un alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas para los municipios que
	34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.	
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-	

Cuadro 3.3. Estrategias Ecológicas establecidas para la UAB 9, “Sierras y Valles del Norte” por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y su vinculación con el Proyecto.

Grupo	Estrategia	Vinculación con el Proyecto
	productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	integran esta UAB en la cual se ubica el Proyecto.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Buenavista del Cobre cuenta con los títulos de propiedad de los predios donde se desarrollará el Proyecto.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	No aplica. El Proyecto no comprende actividades agrarias.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	

El POEGT señala la presencia de población indígena en la UAB 9, sin embargo, como se observa en la **Figura 3.2**, el sitio del Proyecto si bien se encuentra en esta UAB 9, la zona en donde se ubica la población indígena reportada es fuera del área de influencia del Proyecto.

De acuerdo con lo anterior, el Proyecto es compatible con la política ambiental de la UAB en que se ubica pues es una obra civil que pretende la protección del recurso agua para la zona, y como parte de su implementación se ejecutarán acciones para ir acorde con los ejes rectores para el desarrollo de la región que es la protección de la flora y fauna silvestre, además se tendrán acciones para no alterar los otros factores ambientales de esta zona. Este análisis de vinculación muestra la coincidencia de los detalles para la realización del Proyecto con las disposiciones y medidas generales que coadyuvan al desarrollo sustentable del territorio en el cual se ubicará.

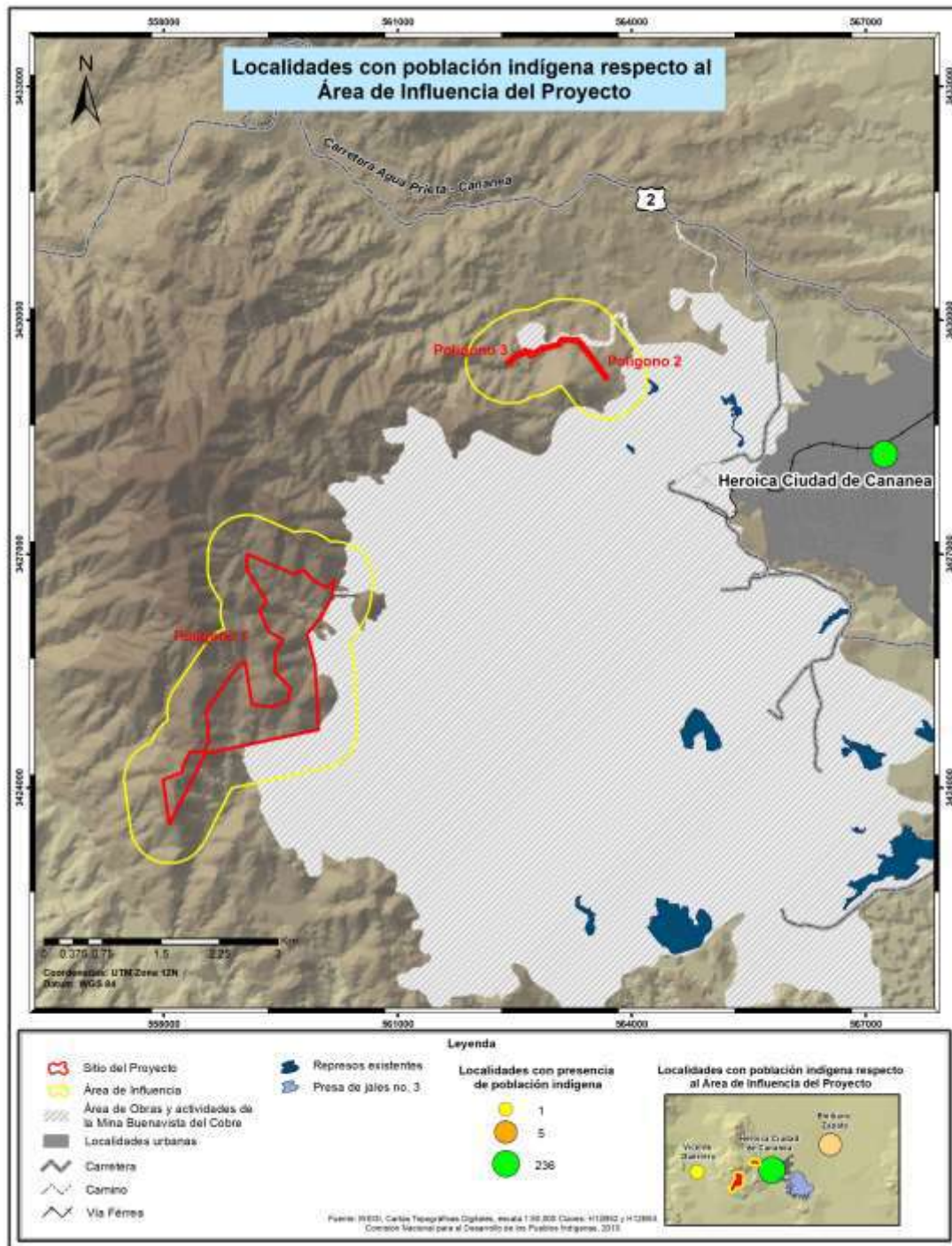


Figura 3.2. Población indígena en los alrededores del sitio del Proyecto.

III.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Sonora

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora (POETSON) fue publicado el 21 de mayo de 2015 en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora. El Gobierno del Estado de Sonora, preocupado por establecer el uso y manejo responsable de los ecosistemas y ambientes nativos, llevó a cabo el POETSON tomando en consideración todas las propuestas y necesidades de los sectores social, privado y público. Este POETSON considera que el potencial económico del Estado puede expandirse a partir de la base de los recursos naturales estatales, estableciendo una estrategia de desarrollo sustentable para el beneficio de los habitantes del estado, así como los acuerdos necesarios para su implementación entre todos los sectores económicos, convirtiéndose este programa en una alternativa para planificar el desarrollo sustentable del estado a través de una propuesta de ocupación del suelo.

El Proyecto se ubica en la **Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 100-0/01** llamada **Sierra Alta**. En la **Figura 3.3** se observa gráficamente la ubicación del sitio.

Esta unidad es la segunda más extensa y conforma una especie de matriz de la Provincia III de la Sierra Madre Occidental. Los terrenos tienen pendiente abrupta, generalmente con suelos delgados o rocas aflorantes, en altitud mayor de 600 msnm y tienen los climas menos extremos del estado. Las actividades económicas que resaltan son la minería, sobre todo de elementos metálicos (oro y cobre principalmente); el turismo de aventura y cultural; la piscicultura de especies de aguas templadas y cálidas; la agricultura de temporal; la cacería, cuyas especies cinegéticas más importantes son venado cola blanca, guajolote silvestre y otras aves residentes; la ganadería extensiva, la actividad forestal maderable y no maderable. Los posibles conflictos en el área están relacionados con la minería, una de las actividades más rentables en comparación con otras actividades, y el turismo alternativo de aventura por las actividades de construcción que podrían sustituir y/o generar externalidades a las obras actividades. La ganadería extensiva también es otra posible fuente de conflicto con la conservación de ecosistemas de bosques secos y templados y las actividades forestales. La piscicultura, tanto de especies templadas como cálidas, puede ser

fuente de conflicto para la conservación de ecosistemas dulce acuícolas.

La UGA 100-0/01 presenta aptitud para la actividad de Minería pues existen en el sitio la presencia de elementos susceptibles de minería y la factibilidad de su extracción, el presente Proyecto es una obra de protección del recurso de agua pluvial por la operación del complejo minero metalúrgico que mina y beneficia el mayor recurso de cobre en el estado y en el país. En el **Cuadro 3.4** se presenta la matriz de lineamientos, criterios y estrategias ecológicas para la UGA en que se encuentra el Proyecto y en el **Cuadro 3.5** se presentan los criterios de regulación ecológica que aplican para el desarrollo del Proyecto y su vinculación en cuanto a las actividades que se tendrán para dar cumplimiento.

Cuadro 3.4. Matriz de lineamientos, criterios y estrategias ecológicas para la UGA 100-0/01, en que se encuentra el Proyecto.

Unidad de Gestión Ambiental (UGA)	Aptitud	Lineamiento Ecológico	Criterios de regulación ecológica	Estrategia ecológica
100-0/01	A3, A4, B3, C2, C3, C5, C7, D1, D2, D3, F1, F2, G1, M , T3	Aprovechamiento sustentable de psicocultura, agricultura de temporal cacería de especies de bosque, conservación de ecosistemas dulceacuáticos, bosques secos y templados, forestal maderable y no maderable, ganadería extensiva, minería y turismo de aventura.	CRE-07; CRE-08, CRE-17, CRE-18, CRE-19, CRE-20, CRE-24, CRE-28, CRE-29, CRE-30, CRE-31, CRE-06, CRE-25, CRE-27	A1, CX, D1, D2, D3, F1, F2, M , T3

El Proyecto aplicará medidas de prevención, mitigación y compensación, que asegurarán el cuidado del ambiente (ver capítulo VI del presente documento), tal como se enuncia en el **Cuadro 3.5**.

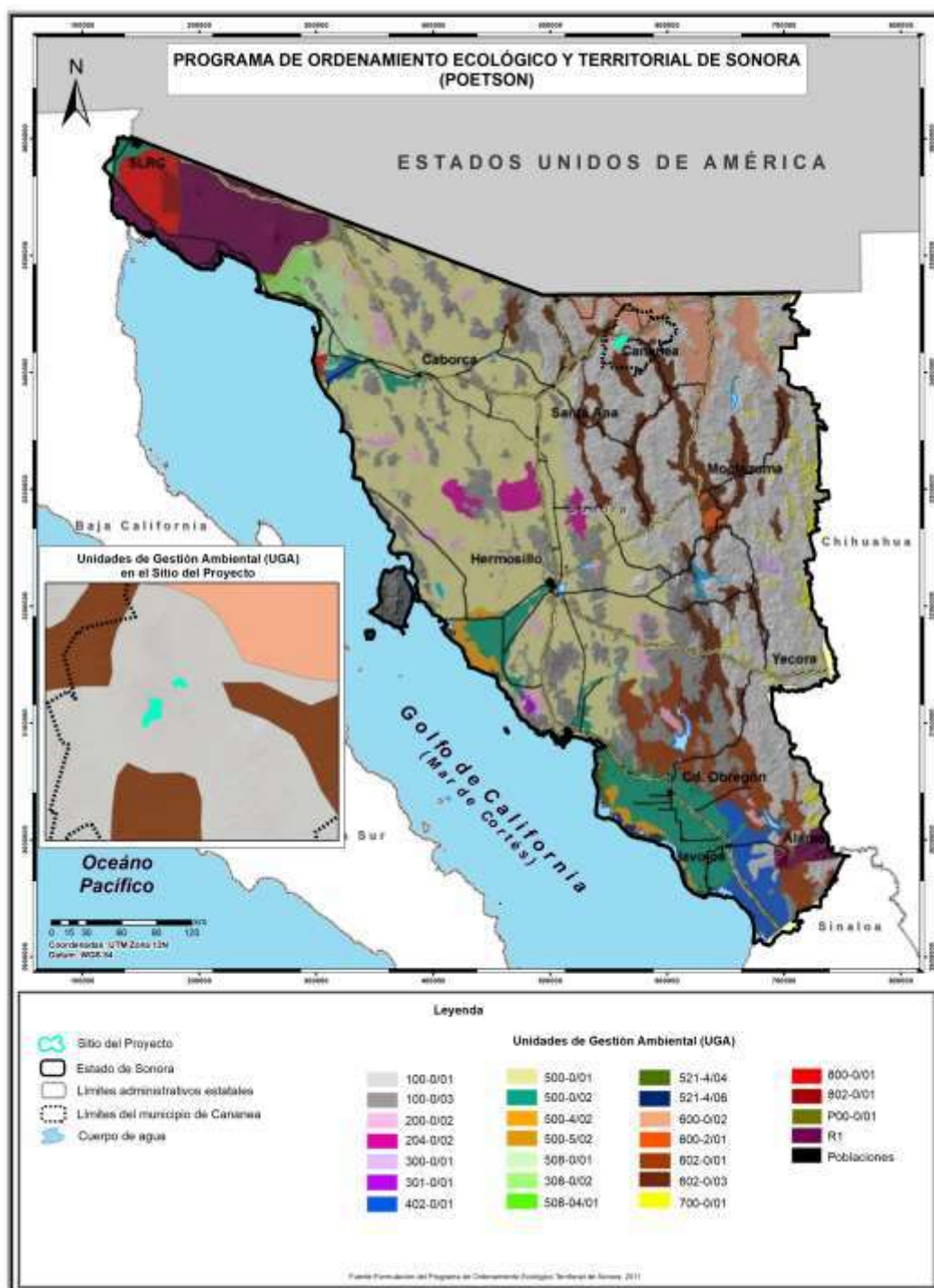


Figura 3.3. Ubicación del sitio del Proyecto en la UGA 100-0/01 del POETSON.

Cuadro 3.5. Vinculación del Proyecto con los Criterios de regulación ecológica de la UGA 100-0/01 que aplican para el Proyecto.

Clave	Criterio de regulación ecológica	Fundamento Legal	Comentarios	Vinculación con el Proyecto
CRE-06	Regulación de actividades que ocasionen la pérdida de la estructura y funciones de ecosistemas por cambios de uso del suelo.	Aplicación del Artículo 28 de la LGEEPA en materia de Impacto ambiental para cambios de uso del suelo en jurisdicción federal y Artículo 26 de la LEEPA, para jurisdicción estatal.	Cualquier actividad.	El Proyecto requiere realizar la remoción de la vegetación forestal presente en los polígonos forestales donde se realizará un cambio de uso de suelo, para lo cual se presentará la solicitud para su autorización mediante un Estudio Técnico Justificativo. Este cambio de uso de suelo se realizará aplicando medidas preventivas y de mitigación para evitar la erosión del suelo, no comprometer la biodiversidad del sitio (se tendrá un programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre), así como no causar el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación (se realizarán obras para no afectar escurrimientos en los caminos de mantenimiento y programa de manejo integral de residuos para evitar la afectación a la calidad del suelo y agua, así como programas preventivos de mantenimiento de equipo, maquinaria y vehículos).
CRE-07	Regulación de la contaminación por residuos líquidos y sólidos.	Aplicación de la NOM-001-SEMARNAT que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y el Artículo 29bis de la Ley de Aguas Nacionales donde se revocan concesiones a quienes contaminen ecosistemas en jurisdicción federal y Artículo 136 de la	Cualquier actividad.	Durante todas las etapas de construcción y operación del Proyecto se mantendrá un Programa de Manejo Integral de Residuos, que permita garantizar a la autoridad que no se impactará el recurso agua por la presencia de residuos. La norma referida no aplica para el Proyecto ya que no se tendrán descargas de aguas a cuerpos de aguas nacionales.

Cuadro 3.5. Vinculación del Proyecto con los Criterios de regulación ecológica de la UGA 100-0/01 que aplican para el Proyecto.

Clave	Criterio de regulación ecológica	Fundamento Legal	Comentarios	Vinculación con el Proyecto
		LEEPA en jurisdicción estatal.		
CRE-08	Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente.	Aplicación de la NOM-059-SEMARNAT con relación a la extracción de especies bajo alguna categoría de protección.	Exclusivo para actividad cinegética.	No aplica para el Proyecto pues no es una actividad cinegética, sin embargo, se tendrá un Programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, el cual se realizará antes de cualquier actividad en el sitio para asegurar la protección de estos elementos del ambiente llevando al mínimo su impacto.
CRE-24	Se prohíben los desmontes generalizados y el aprovechamiento forestal que afecte la integridad y funcionalidad del ecosistema para evitar/minimizar daños permanentes a los ecosistemas en los que se desarrollen las actividades de manejo forestal maderable.	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sonora. NOM-152-SEMARNAT-1994, contenido de los planes de manejo forestal; NOM-061-SEMARNAT-1994, regulación de efectos del manejo forestal sobre fauna y flora silvestre, y NOM-060-SEMARNAT-1994, lineamientos de mitigación de efectos de los aprovechamientos forestales en los suelos y cuerpos de agua.	Específico para Forestal Maderable.	No aplica para el Proyecto ya que no es un aprovechamiento forestal. Aun cuando no se implica el aprovechamiento forestal, el Proyecto implica acciones de revegetación como medida de compensación por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
CRE-25	Se elaborarán programas específicos de protección y recuperación de especies prioritarias y poblaciones de flora y fauna en peligro de extinción.	Aplicación del Artículo 62 de la Ley General de Vida Silvestre, que establece que la SEMARNAT promoverá la elaboración de los planes de conservación y recuperación de especies y poblaciones prioritarias.	Específico para Conservación.	No aplica para el Proyecto dado que no es un proyecto de conservación, pero como parte de las actividades se diseñarán programas específicos para el rescate y reubicación de flora y de fauna silvestre. En el caso de la flora silvestre, el programa incluye sólo especies de interés biológico ya que no se encontraron especies protegidas en el sitio.

Cuadro 3.5. Vinculación del Proyecto con los Criterios de regulación ecológica de la UGA 100-0/01 que aplican para el Proyecto.

Clave	Criterio de regulación ecológica	Fundamento Legal	Comentarios	Vinculación con el Proyecto
CRE-28	Se deberán restaurar las áreas degradadas por efectos de las actividades de aprovechamiento forestal. Las especies a utilizarse deben ser nativas con el fin de no generar más presión ni competir con las especies de flora nativas.	LGEEPA declara de interés público la restauración de los terrenos forestales; LGDFS incluye a la reforestación y restauración como mecanismos para recuperar las zonas forestales degradadas. NOM-020-SEMARNAT-2001, lineamientos para la recuperación y restauración de terrenos forestales afectados por actividades ganaderas.	Específico para Forestal Maderable.	No aplica para el Proyecto.
CRE-29	Se deberán restaurar y recuperar las áreas de matorral desértico con especies nativas, no invasoras de mezquite, a niveles históricos de hace 50 años.	NOM-012-SEMARNAT-1996, aprovechamiento de leña con fines de uso doméstico. La LGDFS y la LFDFS-Son establecen los lineamientos para el establecimiento de plantaciones y el fomento a las actividades de restauración de los recursos forestales.	Específico para Forestal no Maderable.	No aplica para el Proyecto.
CRE-31	Se deberá promover el uso sustentable de la tierra de monte con el fin de no degradar los ecosistemas de los que se extraen.	NOM-027-SEMARNAT-1996, aprovechamiento de la tierra de monte.	Específico para Forestal no Maderable.	No aplica para el Proyecto.

III.1.3. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021

El Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 engloba en sus cuatro ejes estratégicos, que proponen hacer de México y del estado de Sonora, una sociedad en la cual todas las personas tengan acceso efectivo a los derechos que otorga la Constitución (ver **Figura 3.4**).



Figura 3.4. Alineación del PED 2016-2021 al PND 2013-2018.

Los ejes estratégicos que rigen el PED son:

1. Eje Estratégico 1. Sonora en Paz y Tranquilidad; “Gobierno garante del estado de derecho, la seguridad y la paz social.
2. Ejes Estratégico 2. Sonora y Ciudades con calidad de vida, “Gobierno generador de la infraestructura para la calidad de vida y competitividad sostenible y sustentable”.
3. Ejes Estratégico 3. Economía y futuro; “Gobierno impulsor de las potencialidades regionales y sectores emergentes”.
4. Ejes Estratégico 4. Todos los sonorenses todas las oportunidades; “Gobierno promotor del desarrollo y equilibrio social”.

5. Ejes Transversales. i) Eje Transversal I. “Gobierno eficiente, innovador, transparente y con sensibilidad social”, ii) Eje Transversal II. “Gobierno promotor de los derechos humanos y la igualdad del género.

Dentro de los Objetivos Estratégicos del PED, a continuación se listan los que se vinculan de forma directa con el Proyecto:

Eje Estratégico 1.

Reto 10. FOMENTAR UNA POLÍTICA INTEGRAL QUE GARANTICE LA SEGURIDAD LABORAL.

Estrategia 10.1. Promover la estabilidad, el empleo formal y el autoempleo vinculando la fuerza laboral con los sectores productivos en el estado e impulsar la capacitación de las y los trabajadores para incrementar la eficiencia y productividad.

Eje Estratégico 2.

Reto 12. FOMENTAR LA MEJORA DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Estrategia 12.1 Fomentar el sistema de monitoreo estatal, la normatividad y los vínculos con los municipios, en zonas urbanas y rurales, para la atención de diversas demandas.

Reto 13. CONTRIBUIR A QUE LA SOCIEDAD CIVIL SONORENSE SE CARACTERICE POR SU CULTURA DE CUIDADO AL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.

Estrategia 13.5 Abatir rezagos y mejorar la calidad de los servicios e infraestructura básica, a través de procesos claro de asignación y nuevos esquemas de financiamiento y participación, que propicien la competitividad de los municipios y las regiones.

Reto 14. CONSERVAR Y PROTEGER LA RIQUEZA NATURAL DE SONORA

Estrategia 14.1 Formulará la política ambiental en materia de uso, conservación y manejo de la biodiversidad acuática y terrestre del estado de Sonora.

14.1.6. Dar seguimiento y evaluar los impactos mediante su medición, con indicadores tanto cuantitativos como cualitativos.

La vinculación del Proyecto con este Plan Estatal de Desarrollo es que si bien no se considera una obra de inversión por el aprovechamiento del mineral de la región, es una obra de apoyo en beneficio de mejorar la protección de los recursos naturales del territorio del estado, además durante su preparación y construcción se buscará generar fuentes de empleo y el consumo de bienes y servicios de la región, así como la implementación de programas de vigilancia que aseguren el adecuado cumplimiento con la normatividad vigente y por lo tanto el cuidado a la salud y el medio ambiente.

III.1.4. Planes Municipales de Desarrollo Urbano o en su caso, del Centro de Población

Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 de Cananea

Este documento fue publicado en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora el día 15 de enero de 2019. Es un documento cuyo objetivo es acorde a esta Administración, que es lograr un fortalecimiento económico para Cananea, que permita desarrollar el comercio local, el turismo y promover otras actividades industriales, para que la gente de Cananea tenga más oportunidades de trabajo que les permita llevar un ingreso a sus hogares para el bienestar de cada familia.

El Plan de Desarrollo Municipal (PDM) 2019-2021 incluye la Visión hacia el 2021, de hacer de Cananea una ciudad ejemplar en seguridad y eficacia en los servicios públicos, con énfasis en la participación e inclusión social, el orden y la legalidad, con una perspectiva sostenible de vanguardia para continuar proporcionando la mejor calidad de vida a nuestra comunidad.

Los Ejes Estratégicos que conforman la estructura de acciones del PDM son:

- I. Un gobierno municipal ciudadano y eficaz.
- II. Un municipio seguro y ordenado.

III. Un municipio con Desarrollo Sostenible y Bienestar para todos.

IV. Un municipio Sustentable y Competitivo.

V. Servicios Públicos de calidad para todos.

El Eje Estratégico al cual se vinculan las actividades del Proyecto en materia de protección y cuidado del medio ambiente, este Eje es el **IV. Un municipio Sustentable y Competitivo**, en el siguiente **Cuadro 3.6** se presenta la vinculación con los Objetivos de este Eje Estratégico que aplican para el Proyecto, así como las Estrategias y Líneas de acción con las que se relaciona y la forma en que se apega a éstas.

Cuadro 3.6. Objetivos del Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 de Cananea a los cuales se vincula el Proyecto.

Eje Estratégico: Un municipio Sustentable y Competitivo	
Objetivo 1	<i>Ejecutar las políticas, programas y acciones de protección civil en el municipio con el fin de salvaguardar a las personas, su patrimonio y entorno, así como lo relativo a los servicios vitales y estratégicos, en caso de riesgo, emergencia, siniestro o desastre.</i>
Estrategias y Líneas de Acción	<i>Elaboración y/o actualización del marco normativo municipal en materia de protección civil.</i> <i>Promover e impulsar una cultura para la prevención de desastres y el manejo integral de riesgos, entre los sectores público, social y privado.</i> <i>Promover la difusión de información sobre los impactos, vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático</i> <i>Impulsar un atlas de riesgos.</i> <i>Crear una unidad responsable para protección civil.</i>
Vinculación con el Proyecto	La Promovente tiene como parte de sus Políticas de Protección la prioridad número uno en todas sus operaciones: el cuidado de la vida, la salud y el bienestar de sus colaboradores y sus familias, siendo ésta la actividad de mayor importancia para todos los proyectos que operan bajo un Sistema Integral de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual permite: crear entornos laborales óptimos y seguros, así como, aplicar los más altos estándares en materia de seguridad y salud ocupacional. La Promovente cuenta con la certificación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de acuerdo al estándar OHSAS 18001:2007.
Objetivo 2	<i>Impulsar actividades que promuevan el desarrollo económico de nuestra comunidad, trabajando nuestros recursos naturales de una manera responsable y sustentable</i>
Estrategias y Líneas de Acción	<i>Promover acciones que propicien el crecimiento de las principales actividades productivas del municipio.</i> <i>Fomentar la apertura de microempresas para generar estabilidad en la economía municipal.</i> <i>Promover una economía competitiva, fortaleciendo a las microempresas en el municipio.</i>

Cuadro 3.6. Objetivos del Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 de Cananea a los cuales se vincula el Proyecto.

Eje Estratégico: Un municipio Sustentable y Competitivo	
	<i>Fortalecer la calidad de los servicios públicos, así como nuestras capacidades institucionales que nos permitirán servir apropiadamente.</i>
Vinculación con el Proyecto	El Proyecto tendrá como impacto positivo la generación de empleos en sus etapas de preparación del sitio y construcción, lo que sumará el número de empleos a casi 7,000 que tiene la Promovente, promoviendo el empleo de personas nativas de la región, llevando con esto un beneficio en la generación de empleos a nivel local y de manera directa e indirecta, a niveles estatal y nacional. Se estima que, por cada empleo directo en sus diferentes etapas, se generarán de 6 a 7 empleos indirectos, incrementando la demanda de bienes y servicios.
Objetivo 5	<i>Promover el crecimiento de la economía municipal, de una manera sólida y sostenida, para que prevalezca la tranquilidad y que todas las familias cuenten con un ingreso propio y estable</i>
Estrategias y Líneas de Acción	<i>Impulsar la instalación de un mercado por temporada en la Plaza Pública del Municipio, dándole difusión en las comunidades cercanas, para que las familias puedan ofrecer productos que les permitan obtener un ingreso. Crear una red comercial en el Estado, que promueva los principales bienes y servicios que se producen en el municipio Fomentar la apertura de comercios, que brinden servicios y productos de calidad y a su vez, sirvan de fuentes de empleo y movimiento de la economía municipal</i>
Vinculación con el Proyecto	La Promovente es un importante contribuyente a la economía local del municipio por el consumo de bienes y servicios locales, además de aportar fondos económicos que son otorgados directamente a través del gobierno para que puedan ser utilizados de manera libre en favor de proyectos para la comunidad, contribuyendo de esta manera a promover el crecimiento de manera sostenida para las familias de Cananea.
Objetivo 7	<i>Promover acciones para fomentar el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales del municipio.</i>
Estrategias y Líneas de Acción	<i>Fomentar una cultura de respeto al medio ambiente y a los recursos naturales del municipio, para garantizar un desarrollo municipal sustentable. Promover políticas públicas de preservación del medio ambiente y de los recursos naturales. Implementar acciones y programas que promuevan el desarrollo y la protección a las reservas ecológicas municipales</i>
Vinculación con el Proyecto	La Promovente tendrá acciones como parte del Proyecto cuyo objetivo es fomentar el cuidado del medio ambiente del territorio donde se desarrollará, dichas acciones buscan mantener y preservar de manera integral los ecosistemas de este sitio, cumpliendo no solo con la legislación local sino con apego a normativa ambiental nacional.
Objetivo 11	<i>Fortalecer el desarrollo económico a través de empleos temporales, como el incentivo a productores regionales y nacionales para la inversión en el municipio.</i>
Estrategias y Líneas de Acción	<i>Promover la participación de la iniciativa privada para la inclusión de las personas con alguna discapacidad o capacidades diferentes, así como a jóvenes de la comunidad. Gestionar apoyos para que madres de familia emprendedoras empiecen un negocio propio. Promover la imagen productiva del municipio.</i>

Cuadro 3.6. Objetivos del Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 de Cananea a los cuales se vincula el Proyecto.

Eje Estratégico: Un municipio Sustentable y Competitivo	
<i>Emprender la capacitación de mano de obra calificada y adiestrada.</i> <i>Impulsar proyectos productivos para jóvenes microempresarios.</i>	
Vinculación con el Proyecto	Como parte de la realización del Proyecto, se estima que, por cada empleo directo en sus diferentes etapas, se generarán de 6 a 7 empleos indirectos, incrementando la demanda de bienes y servicios, lo que fortalece el desarrollo económico a nivel local.

III.2.Regiones prioritarias de la CONABIO

La CONABIO ha definido varios tipos de regiones prioritarias que resultan determinantes para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas. En este sentido se presentan aquellas que guardan cierta relación geográfica con el Proyecto en cuestión, es decir: [i] Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP); [ii] Regiones Terrestres Prioritarias (RTP); [iii] Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS); y [iv] Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT).

III.2.1. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

La identificación y validación por consenso de las Regiones Hidrológicas Prioritarias, se realizó en función de su biodiversidad, entendiendo por ésta a la variabilidad de organismos de cualquier fuente, incluidos, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende también, la diversidad dentro de cada especie y entre las especies. La unidad de análisis utilizada en este estudio es la cuenca hidrológica (superficie del terreno cuya topografía u geología hacen que el agua drene a un punto común), definida como el área mínima indispensable de delimitación natural para instrumentar una aproximación ecosistémica en el análisis, planeación, manejo y uso sustentable de los recursos hidrológicos epicontinentales (Arriaga, 2000).

Es así como surge la necesidad de revisar el estatus de la información sobre la diversidad y el valor biológico de las cuencas hidrológicas, además de evaluar las amenazas directas e indirectas sobre los recursos y el potencial para su conservación y manejo

adecuado. Una parte del sitio del Proyecto, que corresponde a los polígonos donde se construirá la línea de transmisión eléctrica, se encuentra dentro de la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 13, denominada "Subcuencas del Río San Pedro y Río Santa Cruz" (ver **Figura 3.5**) y se describen sus características en el **Cuadro 3.7**.

Cuadro 3.7. Descripción de la RHP 13, llamada "SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SAN PEDRO Y SANTA CRUZ".

Estado	Sonora
Extensión	2,810.66 km ²
Recursos hídricos principales	Lénticos: embalses
	Lóticos: ríos San Pedro y Santa Cruz, ríos temporales, arroyos
Gelología/Edafología	Rodeada por las montañas de Arizona y Sierra Madre Occidental (sierras El Pinito, Azul, La Madera, El Manzanal, Los Ajos). Suelos de tipo Regosol, Litosol, Feozem y Cambisol.
Características varias	Clima semiseco templado y seco semicálido con lluvias en verano y escasas en invierno; temperatura media anual de 14-18°C. Precipitación total anual entre 400 y 600 mm.
Principales poblados	Cananea, Nogales, Agua Prieta
Actividad económica principal	Minería, silvicultura, agricultura y ganadería
Biodiversidad	• Tipos de vegetación: pastizal, bosque de encino, de pino-encino. • Fauna característica: Presencia del águila real <i>Aquila chrysaetos</i>, <i>Pachyramphus aglaiae</i>, <i>Strix occidentalis</i>; del linco <i>Lynx rufus</i>, del puma <i>Puma concolor</i> y del oso negro <i>Ursus americanus</i>. • Endemismo de reptiles <i>Crotalus willardi</i> y <i>Lampropeltis pyromelana</i>. • Especies amenazadas: de peces <i>Agosia chrysogaster</i>, <i>Catostomus clarki</i>, <i>C. insignis</i>, <i>Cyprinodon macularis</i>, <i>Gila intermedia</i>, <i>Tiaroga cobitis</i>; de anfibios <i>Bufo retiformis</i>, <i>Rana chiricahuensis</i>, <i>R. forreri</i>, <i>R. maculata</i> y <i>R. toromorde</i>, estas últimas indicadoras de integridad. • Especies amenazadas de aves <i>Ara militaris</i>, <i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>, <i>Strix occidentalis</i>.
Aspectos económicos	Recursos mineros (cobre), agricultura (algodón), silvicultura y ganadería.

Cuadro 3.7. Descripción de la RHP 13, llamada "SUBCUENCAS DE LOS RÍOS SAN PEDRO Y SANTA CRUZ".

Problemática	Modificación del entorno: por la infraestructura minera y el sobrepastoreo en los pastizales; Contaminación: por desechos mineros en Cananea y contaminación de los arroyos por aguas negras; Uso de recursos: el pastizal para ganado.
Conservación	Preocupan los residuos mineros que alteran los sistemas asociados; se necesitan planes de manejo para la industria minera. Faltan conocimientos limnológicos de la región.

El Proyecto no contribuye a la problemática de esta RHP 13, los polígonos que se encuentran dentro de esta RHP son los que tendrán como obras la línea de transmisión eléctrica y esta actividad no tiene relación con los problemas identificados para la RHP y en cuanto al resto de actividades del Proyecto que se encuentran fuera de la RHP, no tendrán influencia, pues es una obra que si bien se encuentra relacionada con la actividad minera, al ser un canal para la conducción de agua pluvial y encontrarse en la periferia de las instalaciones del complejo minero metalúrgico por lo que no serán obras que causen contraste en el paisaje del entorno del sitio del Proyecto.

En cuanto a la problemática de la contaminación por residuos mineros, en las actividades de depósito de material de tepetate se tendrán acciones para estabilizar también los taludes, se construirán obras de drenaje y captación de agua pluvial en los caminos de mantenimiento del canal y se evitará la dispersión de polvos en estos sitios. El Proyecto al ser una obra que funciona como medida de mitigación para dirigir el agua pluvial de las microcuencas aguas arriba de este sitio donde se depositará el tepetate, no se tendrá contacto con el agua pluvial sino que ésta será conducida directamente para que se reintegre a las microcuencas no ocupadas por las instalaciones del complejo minero metalúrgico. Cabe señalar que si bien la RHP 12 "Subcuenca del Río Asunción", comprende una parte del Sistema Ambiental del Proyecto, no se considera que es parte del área de influencia que tendría por el desarrollo de las actividades del mismo al ubicarse aguas arriba, y de acuerdo a las obras que constituyen el Proyecto no habrá afectación hacia esta RHP 12 (ver **Figura 3.5**).

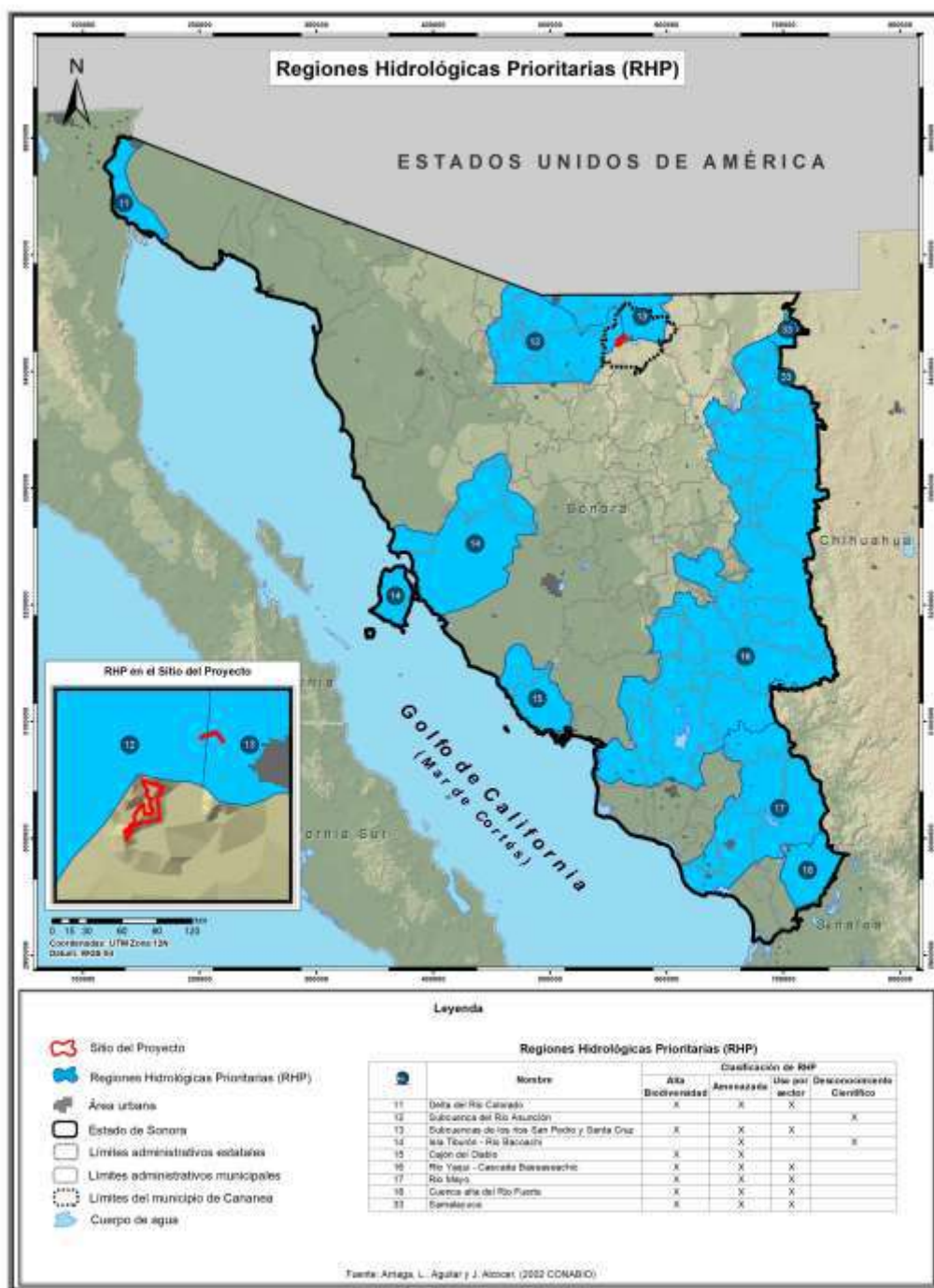


Figura 3.5. Ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con relación al sitio del Proyecto.

III.2.2. Regiones Terrestres Prioritarias

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), son unidades territoriales estables desde el punto de vista ambiental, que destacan por su riqueza ecosistémica, específica y endémica, comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación (Arriaga *et al.*, 2000). En el estado de Sonora se distribuyen diecinueve RTP, algunas de las cuales se comparten con los estados vecinos. El sitio del Proyecto, se encuentra inmerso de la RTP 41 Cananea–San Pedro (ver **Figura 3.6**), de la cual se describen a continuación sus características generales, tal como lo reporta la CONABIO.

La RTP 41 Cananea-San Pedro, se encuentra dentro del estado de Sonora, abarcando una extensión de 3,325 km² (valor para la conservación 3, mayor a 1,000 km²), de los municipios de Arizpe, Bacoachi, Cananea, Naco y Santa Cruz. Sus coordenadas extremas son: Latitud N: 30°37'12" a 31°19'48"; Longitud W: 109°48'36" a 110°37'12". La RTP 41 fue delimitada bajo un criterio altimétrico, siguiendo las cotas 1,400 y 1,200 msnm, tiene predominio de pastizal natural, que al buscar protegerlo se determinó tomar como criterio el límite con el matorral desértico micrófilo, presente a partir de la cuenca del río El Cuervo hacia el Este del matorral. Como límite occidental, se tomó la cota 1,400 msnm en la margen Este del río Santa Cruz, considerando como núcleo de la RTP a la cuenca del río San Pedro y la parte alta del río Sonora. Al Sureste, el límite de la región correspondió al de la RTP 42 Sierra Los Ajos, Buenos Aires y La Púrica.

Entre las características generales de esta RTP destaca su definición como prioritaria en función de los pastizales, que presentan una mezcla de elementos tanto de los desiertos chihuahuense y sonorenses, como de las zonas montañosas de Arizona y la Sierra Madre Occidental. La diversidad y el endemismo son bajos, pero se encuentran muchas especies sujetas a régimen de protección, tales como *Lampropeltis pyromelana* y *Crotalus willardii*, además de especies clave como el puma y el lince.

En las sierras el Chivato, la Mariquita, el Manzanal y San José, se presenta vegetación de bosque de encino, mientras que, en el resto de la RTP, se tiene predominio de pastizal

natural. Las unidades de suelo que tiene esta RTP 41 es exclusivamente Regosol éutrico (RGe, según la clasificación FAO-UNESCO, 1989), se trata de un tipo de suelo procedente de materiales no consolidados, con una susceptibilidad a la erosión de moderada alta; posee un único horizonte A claro, con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado y duro y macizo; a la vez cuando se seca y no tiene propiedades sálicas; el subtipo éutrico tiene un grado de saturación de 50% o más en los 20-50 cm superficiales y sin presencia significativa de carbonato de calcio. La problemática ambiental de esta RTP es el sobrepastoreo en los pastizales, contaminación de los arroyos por aguas negras y desechos de las minas de Cananea. En general, los impactos que alteran a los ecosistemas como los ocasionados por la minería, son puntuales; la degradación cualitativa por ganadería es difícil de apreciar.

El Proyecto no contribuye a la problemática de este sitio de RTP 41, ya que no se causará contaminación de los arroyos presentes en la zona, pues el Proyecto es una obra para favorecer la conducción del agua pluvial fuera de los sitios en los cuales se ubican las instalaciones del complejo minero metalúrgico, además se tendrá un programa de manejo integral de residuos, que vale mencionar la Promovente aplica como parte de sus acciones de protección ambiental.

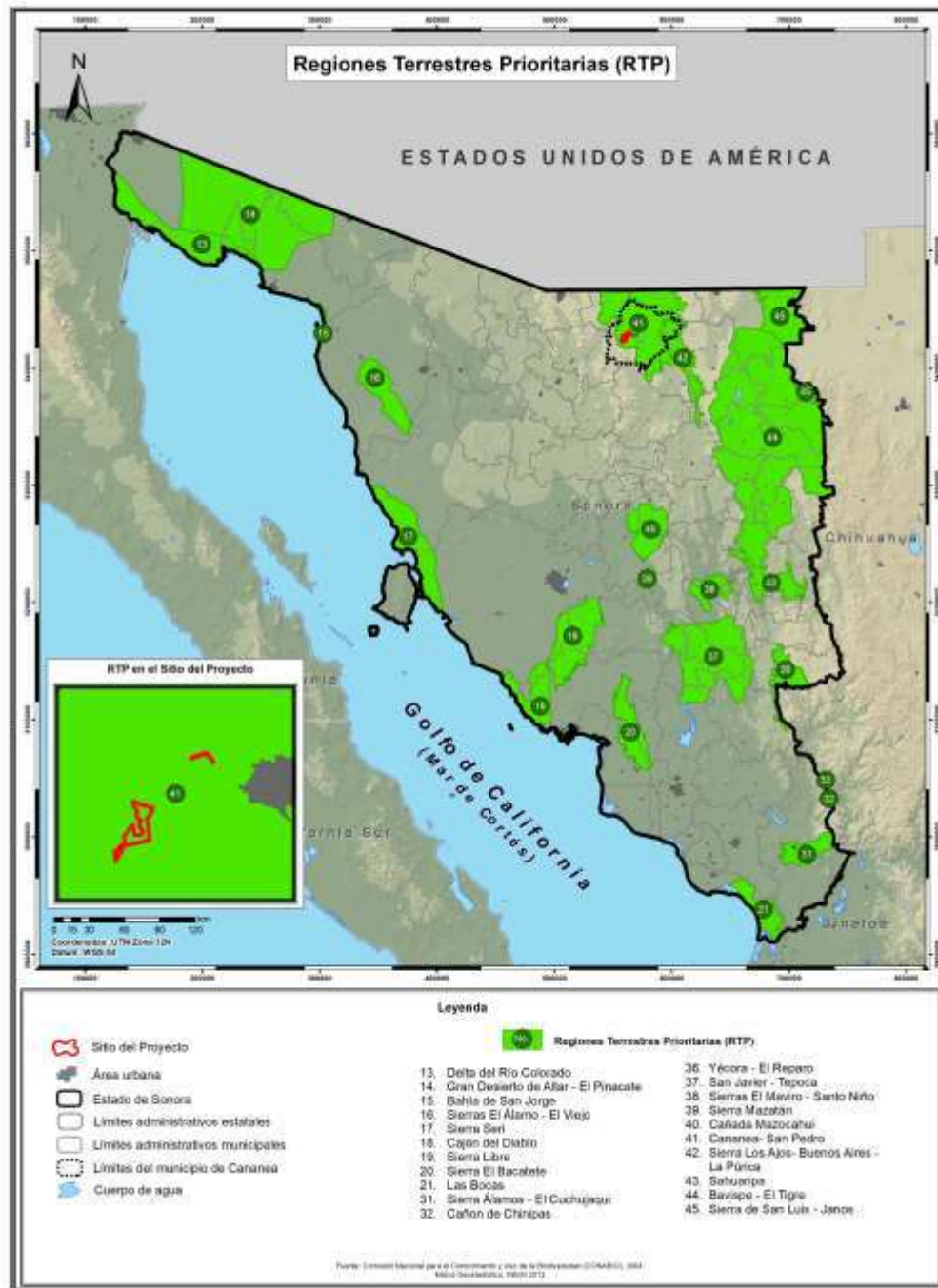


Figura 3.6. Ubicación de la Región Terrestre Prioritaria RTP 41 Cananea-San Pedro con relación al sitio del Proyecto.

III.2.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)

El programa de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, AICAS, surgió con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves¹, con lo cual se propusieron para la República Mexicana un total de 230 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves - AICA (Benítez *et al.*, 1999; Del Coro Arizmendi y Márquez Valdelamar, eds., 2000), de las cuales trece se encuentran en el estado de Sonora. De éstas, el sitio de los polígonos forestales del Proyecto, se ubican dentro del **AICA No. 126**, llamada "**Sistema de Islas (o sierras) Sierra Madre Occidental**" (ver **Figura 3.7**). El **AICA No. 126** se localiza totalmente en el estado de Sonora, cubriendo una superficie de 2'289,950.48 ha, lo que representa el 12.76% de la superficie total del Estado.

Se trata de un conjunto de sierras de diferente tamaño que necesitan estar conectadas, creando un corredor importante y un puente entre las zonas consideradas AICA del Sur de las sierras y con las islas del Norte, en las Chiricahuas, Arizona (Sky Islands). Este complejo de islas son peldaños entre sierras de mayor longitud que permiten que haya un flujo continuo de fauna y avifauna. Es a través de las islas del Norte que algunas especies como *Pachyramphus aglaiae* y *Euptilotis neoxenus*, entre otras, llegan hasta las pequeñas sierritas en Arizona. Es importante mencionar que esta región de AICA No. 126, no cuenta con un Plan de Manejo, pero se encuentra dentro del listado de estas regiones que buscan la preservación de las aves.

Los propósitos de identificar estas regiones son los siguientes: i) Ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación; ii) Ser una herramienta para los profesionales dedicados al estudio de las aves que permita hacer accesible a todos, datos importantes acerca de la distribución y ecología de las aves en México; iii) Ser una herramienta de difusión que sea utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico tanto a nivel nacional como internacional; iv) Ser un documento de renovación periódica que permita fomentar la cooperación entre los ornitólogos y los aficionados a las aves, para lograr que este documento funja siempre como una fuente actualizada de información; v) Fomentar la cultura "ecológica",

¹ <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>

especialmente en lo referente a las aves, sirviendo como herramienta para la formación de clubes de observadores de aves, y de otros tipos de grupos interesados en el conocimiento y la conservación de estos animales.

El presente Proyecto implementa medidas para la protección de toda la fauna, incluyendo las especies de avifauna, en el sitio donde se ubican los polígonos del Proyecto; se ejecutará un programa de ahuyentamiento que contempla una serie de acciones para ahuyentar las aves y rescatar toda la fauna que pudieran encontrarse en el sitio durante todas las etapas del Proyecto.

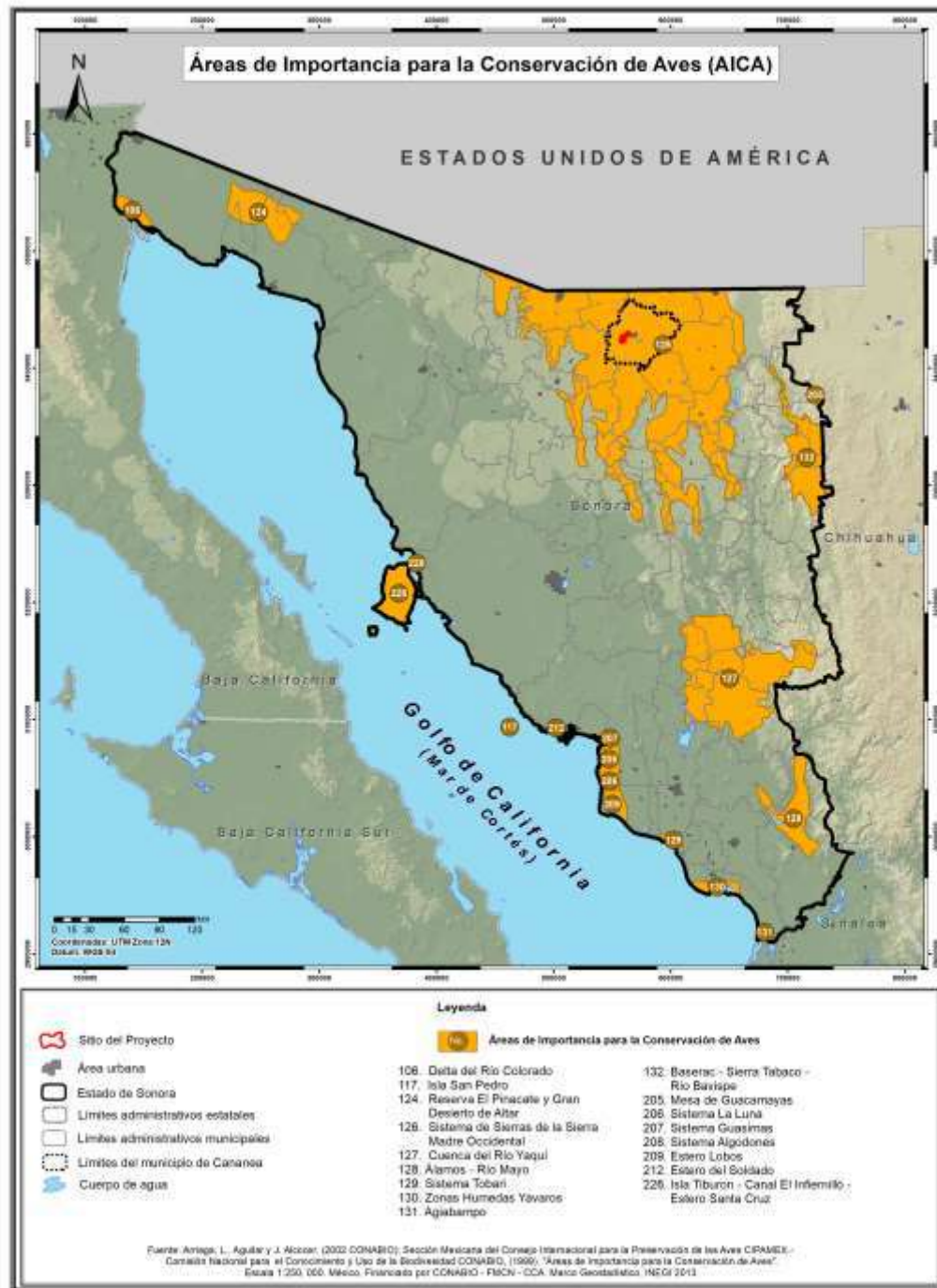


Figura 3.7. Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación del AICA No.126 Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental.

III.2.4. Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) para la conservación de la biodiversidad

La planificación de la conservación de la biodiversidad terrestre es fundamental en nuestro país; ya que esta biodiversidad se encuentra amenazada por las altas tasas de deforestación y degradación ambiental. Aunado a esto, el tráfico ilegal de especies, la contaminación y el establecimiento de especies exóticas invasoras incrementan el riesgo de extinción de un gran número de especies. Lo anterior indica que el país enfrenta grandes retos de conservación, por lo que es necesaria una planeación a múltiples escalas para representar todos los elementos de la biodiversidad. Con fecha 28 de febrero de 2008, se publicó una cartografía que identifica los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre (CONABIO, CONANP, TNC y PRONATURA, 2007).

Los sitios prioritarios son hexágonos de superficie terrestre que permiten cumplir con las metas de conservación establecidas para los distintos elementos de la biodiversidad seleccionados en la menor área posible. El trabajo desarrollado evaluó el nivel de protección y datos de especies, comunidades y principales factores que las amenazan. Pudiendo identificarse sitios de extrema, alta y media prioridad. El mapa elaborado presenta 97 sitios prioritarios e integra los sectores geográficos estratégicos de vida silvestre, recursos marinos y forestales, así como las áreas susceptibles de impacto ambiental y la zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT), mediante la aplicación de un modelo de conjunción de planos, que cubren una superficie de 364,345 kilómetros, y que incluyen a 735 municipios en 31 entidades federativas (con excepción de Aguascalientes). El objetivo de identificar estos SPT, consiste en orientar estrategias para la conservación, como mantener los hábitats conservados; restaurar los que requieren acciones más urgentes y albergan elementos únicos de la diversidad biológica; fortalecer las áreas protegidas; ampliar el abanico de instrumentos que contribuyen a la conservación; y promover y apoyar a quienes han innovado en el manejo sostenible de los recursos.

El sitio del Proyecto no se encuentra ubicado en una parte dentro del SPT 474, que tiene una clasificación de prioridad de atención alta (ver **Figura 3.8**). Sin embargo, es importante mencionar que la Promovente respetará la flora y fauna presente en este SPT, con

lo cual se contribuirá en la medida de lo posible a promover e impulsar la preservación de la biodiversidad en este territorio. El análisis espacial de todas las regiones y áreas prioritarias de la CONABIO respecto a la ubicación del Proyecto, demostró que no existirá afectación de estas por la implementación del Proyecto, ya que la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación lo hace compatible con las problemáticas y estrategias establecidas para estas regiones prioritarias de CONABIO (ver **Figura 3.9**).

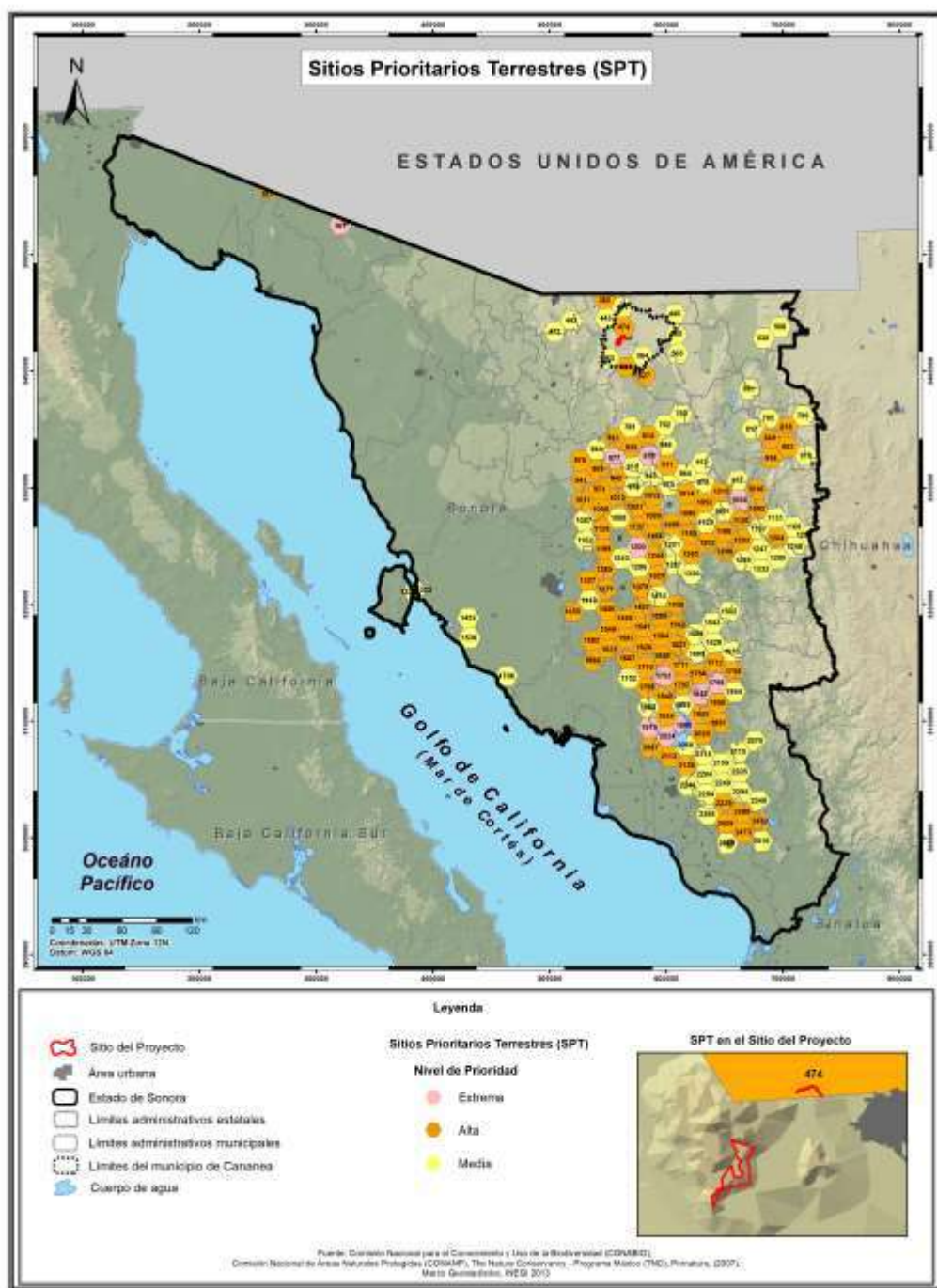


Figura 3.8. Ubicación de los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT), con relación al sitio del Proyecto.

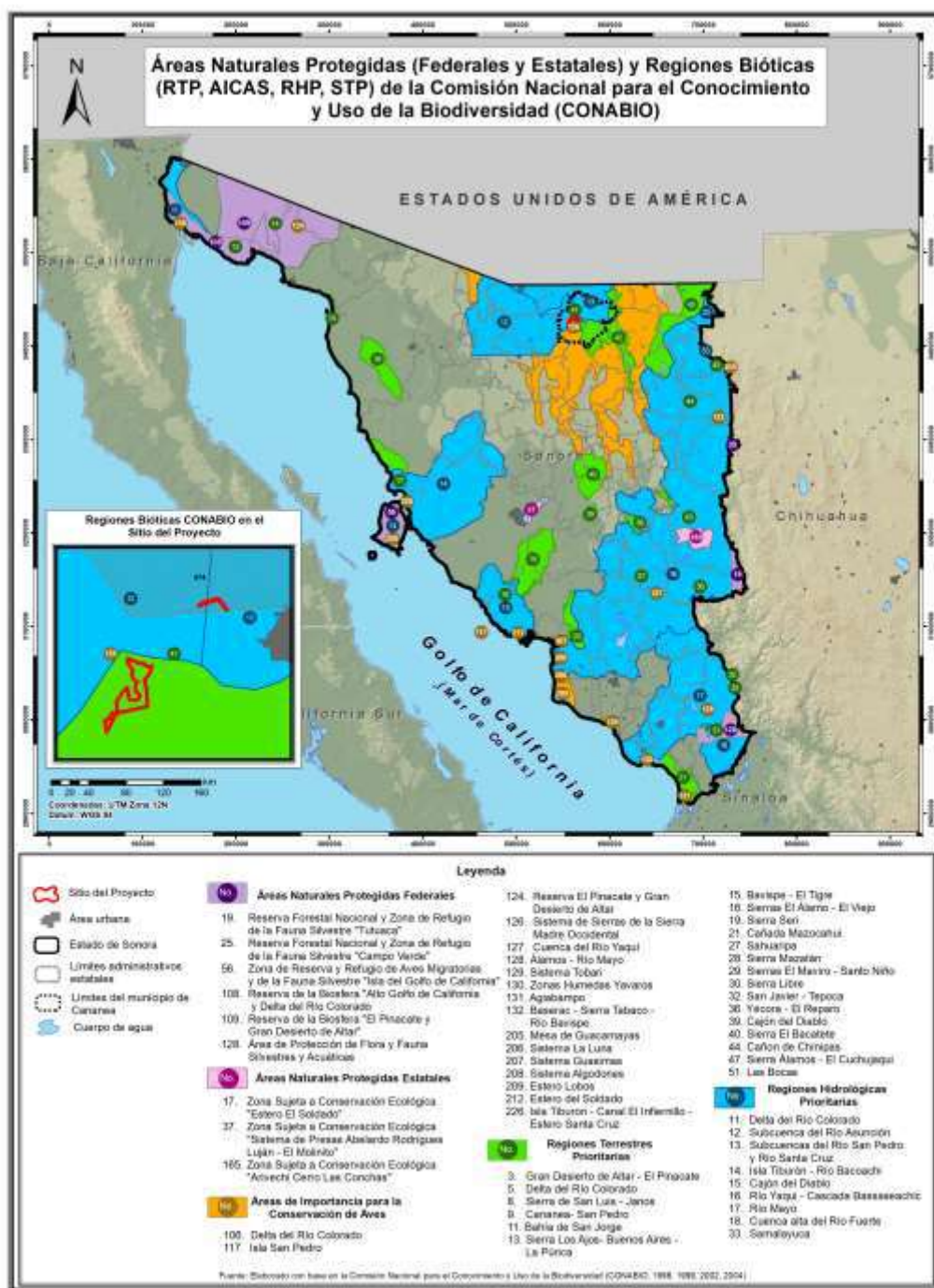


Figura 3.9. Ubicación del sitio del Proyecto respecto a la Regionalización biótica prioritaria de la CONABIO.

III.3. Decretos y programas de manejo de las áreas naturales protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen un elemento de gran relevancia en la política de desarrollo nacional, en la política ambiental y en los esfuerzos que realiza México para mantener la representatividad de la gran variedad de ecosistemas con que cuenta nuestro país, de su riqueza y de su diversidad biológica, pero también para mantener la provisión de los bienes y servicios ecosistémicos que generan y proveer mejores condiciones de vida para los habitantes de estas áreas y de sus zonas de influencia; para ello se creó el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP, 2014-2018), que establece los objetivos y las metas que se pretenden alcanzar en materia de conservación de los ecosistemas en nuestro país, dicho PNANP fue elaborado conforme a lo establecido por el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, por la Meta Nacional para un México Próspero, y de acuerdo al Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la promoción de un crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono, el incremento de la resiliencia a los efectos del cambio climático y a la recuperación de la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural.²

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se consideran Áreas Naturales Protegidas (ANP), las siguientes: [i] Reservas de la Biosfera; [ii] Parques Nacionales; [iii] Monumentos Naturales; [iv] Áreas de Protección de Recursos Naturales; [v] Áreas de Protección de Flora y Fauna; [vi] Santuarios; [vii] Parques y Reservas Estatales; [viii] Zonas de conservación ecológica municipales; y [ix] Áreas destinadas voluntariamente a la conservación (LGEEPA, 2015). Las ANP competencia de la Federación se encuentran las señaladas en los incisos [i] al [vi] y [ix].

III.3.1. Áreas Naturales Protegidas Federales

En Sonora se promueve la preservación de sus recursos naturales, por lo que el Gobierno del estado de Sonora ha identificado y establecido zonas protegidas y de conservación, por su flora y fauna, y por su entorno natural, basado en la importancia que

² <http://entorno.conanp.gob.mx/documentos/PNANP.pdf>

reviste el conservar los recursos naturales, en beneficio de las generaciones futuras, en el entendido de que si no se conservan y se aprovechan mejor los recursos naturales, el Estado corre el riesgo de perder su biodiversidad y su riqueza natural. El conservar y proteger los recursos naturales, permitirá establecer nuevas y mejores estrategias para el aprovechamiento ordenado de los recursos.

El sitio del Proyecto no se encuentra dentro de un Área Natural Protegida decretada federal (ver **Figura 3.10**), por lo que su desarrollo, construcción y operación, no afectará áreas de conservación, sin embargo, se tendrán medidas para evitar afectación a los ecosistemas y proteger la biodiversidad del sitio donde se ubicará, esto aún cuando no se encuentren clasificados como áreas protegidas.



Figura 3.10. Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación de las Áreas Naturales Protegidas Federales.

III.3.2. Áreas Naturales Protegidas Estatales

A nivel estatal se han decretado 3 zonas protegidas oficialmente: [i] Arivechi-Cerro Las Conchas; [ii] Sistemas de Presas Abelardo L. Rodríguez-El Molinito; y [iii] Estero El Soldado. Los beneficios al declararlas Áreas Naturales es que conformen corredores biológicos, procesos ecológicos y servicios ambientales, además de ordenar y regularizar las actividades humanas en áreas o sitios importantes para asegurar la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad de acuerdo a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del estado de Sonora.

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) no incluye ningún área protegida dentro o en las cercanías del Proyecto. El Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Sonora (SANPES) tampoco tiene áreas protegidas en el sitio del Proyecto, y aun sin aviso de decreto o decreto, solo se constató como propuesta y como la más cercana aproximadamente a un radio de 5 km hacia el NE del sitio del Proyecto se localiza la propuesta, bajo el contexto: “Área de protección de flora y fauna silvestres y acuáticas Sierras La Mariquita - La Elenita - Río San Pedro”, la cual se ubica en los municipios de Cananea, Naco y Santa Cruz (“Propuesta” a DECRETO, 11 de septiembre de 1987, superficie aproximada de 33,236 ha). Pertenece a la cuenca del Río San Pedro y está separada de la cuenca del Río Santa Cruz por la Sierra El Chivato (Peña, 2008), por lo que el Proyecto no tiene influencia sobre esta área protegida (ver **Figura 3.11**).

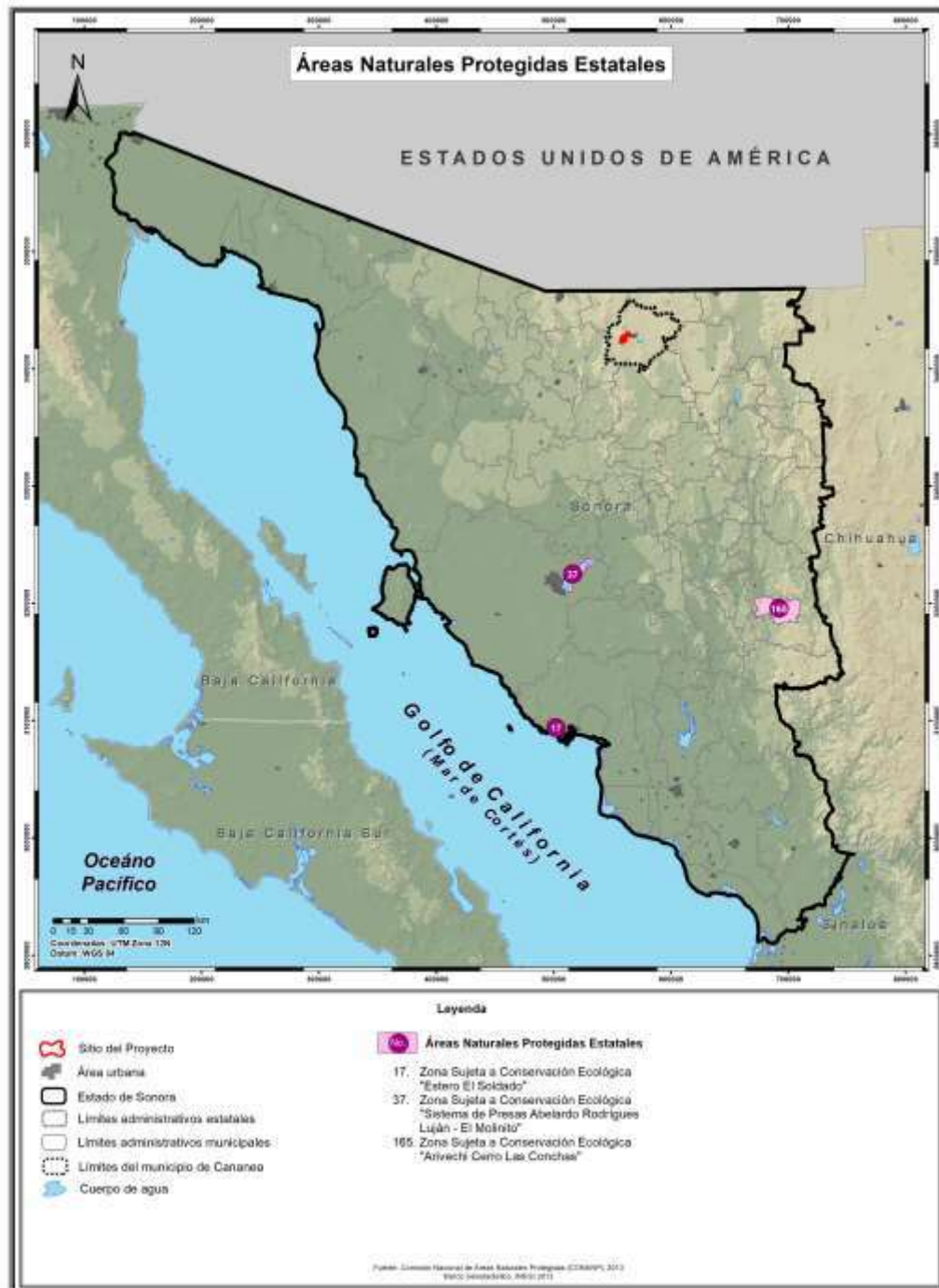


Figura 3.11. Ubicación del sitio del Proyecto, con relación a la ubicación de las Áreas Naturales Protegidas Estatales.

III.4.Tratados y convenios internacionales.

III.4.1. Humedales Mexicanos de Importancia Internacional (Sitios RAMSAR en México)

Se ha establecido la necesidad de conservar los humedales y mantener las funciones y servicios ecológicos que proporcionan. Por ello, varios países han implementado planes de manejo y leyes para protegerlos, congregándose alrededor de un tratado internacional que promueve la conservación y uso racional de los humedales, conocido como Convención sobre los Humedales de Ramsar o Convención Ramsar (Berlanga Robles, Ruiz Luna, & de la Lanza Espino, 2008), siendo este un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la localidad iraní de Ramsar, situada a orillas del Mar Caspio. Así, aun cuando hoy el nombre que suele emplearse para designar la Convención es “Convención sobre los Humedales”, ha pasado a conocerse como “la Convención de Ramsar” (Manual de la Convención de Ramsar, 6° edición, 2013).

México se adhirió a esta Convención en 1986, en donde asumió los compromisos y lineamientos de la Convención Ramsar, bajo la política ambiental de que los humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, ya que constituyen un recurso de gran valor económico, cultural, científico y recreativo, cuya perdida sería irreparable, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas, con la interacción de políticas nacionales previsoras de una acción internacional coordinada. A partir del 2003, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), es la entidad administrativa del Gobierno Federal encargada de atender aquellos humedales reconocidos de importancia internacional por la Convención Ramsar (Reglamento Interior de la SEMARNAT, Artículo 70., Fracción XVI). Hasta noviembre de 2012 la CONANP atiende 138 sitios Ramsar en México.

A nivel nacional, con el marco de la Ley de Aguas Nacionales Artículo 86 Bis 1 fracciones I, II, III y IV y V 1992, reformada en el DOF 29-04-2004, a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) le compete llevar y mantener el Inventario Nacional de Humedales (INH), así como delimitarlos, clasificarlos, proponer las normas para su protección, restauración y

aprovechamiento, promover y, en su caso, realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones hidrológicas y el ecosistema.

En este contexto dentro de INH, con base en el artículo 3, Fracción XXX de la Ley de Aguas Nacional (LAN) definen a los Humedales como: *“Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominante hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentes húmedos por la descarga natural de acuíferos”* (Ley de Aguas Nacionales, 2008). El INH clasifica a los Humedales en: [i] Creados o artificiales, [ii] Estuario, [iii] Fluvial, [iv] Lacustre y [v] Palustre

Por lo que refiere al sitio del Proyecto, una parte se localiza inmerso en el Sitio Ramsar “Ecosistema Ajos-Bavispe”, zona de influencia Cuenca Río San Pedro, designado y registrado en la lista como Humedal de Importancia Internacional, con el número 2044 y con fecha del 02 de febrero de 2010. En consideración con la ficha informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR), califica este sitio como un área ribereña (al Río San Pedro) y una serie de Ciénegas adyacentes al área ribereña (ver **Figura 3.12**). Por lo que, la ubicación del Proyecto y los factores adversos, señalados en la FIR, como la práctica de la ganadería de tipo extensiva, el desarrollo urbano de la Ciudad de Cananea y la explotación minera, son elementos en amenaza a la biodiversidad del sitio, sin embargo, por lo que compete al Proyecto y la actividad que será ejecutada, se tendrá como fundamento las políticas nacionales de humedales, así como, la legislación y normativa que le apliquen en materia de conservación, protección y restauración para Humedales en México.

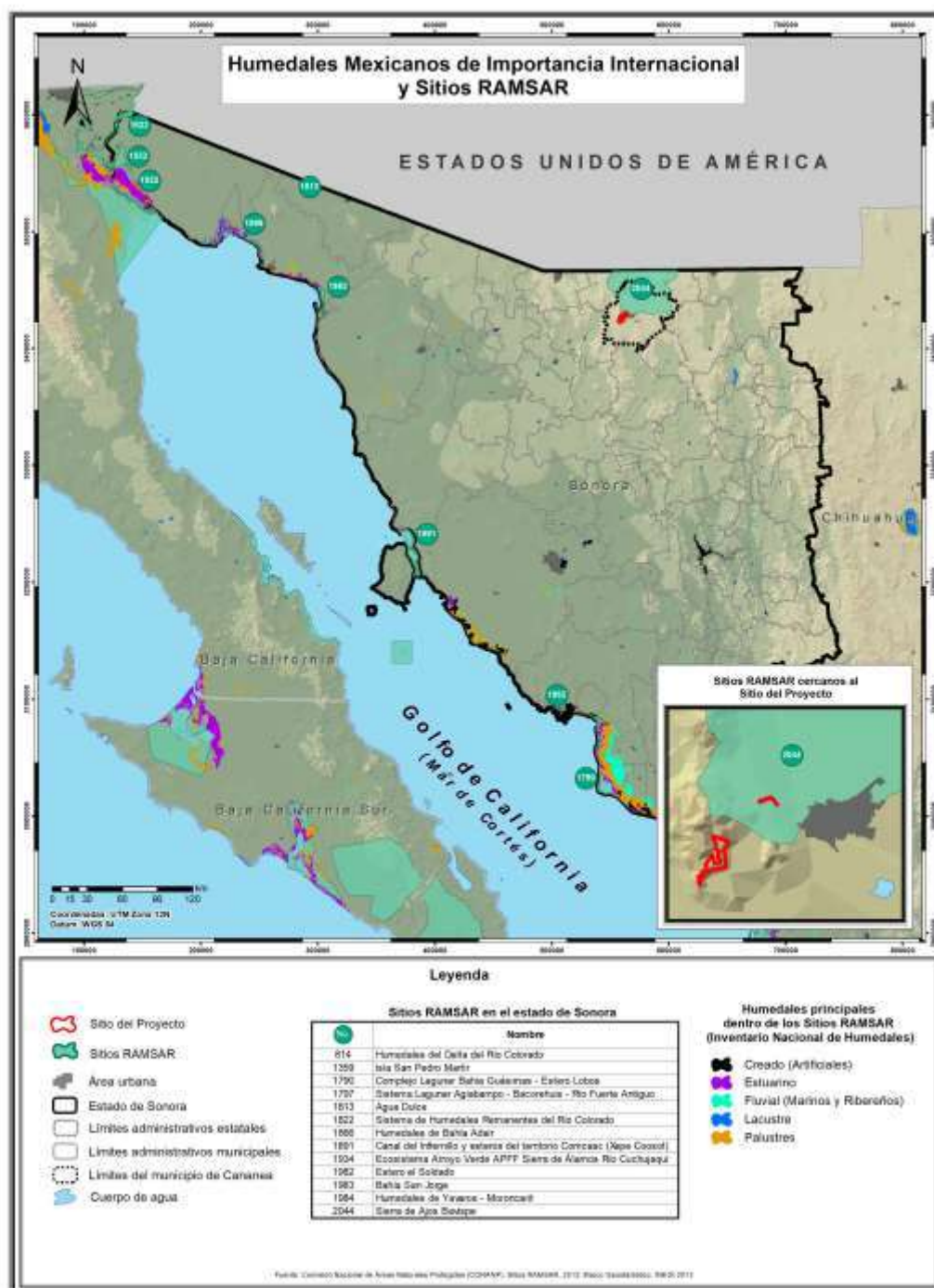


Figura 3.12. Ubicación del sitio del Proyecto con relación al Sitio RAMSAR 2044 en el estado de Sonora.

La Promovente se apegará totalmente a estas medidas de protección a las cuales México se comprometió para asegurar la preservación de estos sitios y para lo cual implementará medidas de prevención, mitigación y compensación durante todas las etapas del Proyecto, además de contar con un programa de vigilancia ambiental para asegurar el éxito de las mismas (ver capítulo VI).

III.5. Análisis de instrumentos jurídicos y normativos

En la presente sección se analizan diversos instrumentos normativos aplicables al Proyecto en cuestión, mismos que se indican a continuación.

- i. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
- ii. Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento (en Materia de Impacto Ambiental);
- iii. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento;
- iv. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento;
- v. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento;
- vi. Normas Oficiales Mexicanas;
- vii. Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del estado de Sonora;

III.5.1. Constitución Política de los Estados Unidos

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de febrero de 1917 y actualizada con las últimas reformas el 12 de abril de 2019. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la norma fundamental del País; en ella se establecen las garantías, los derechos y obligaciones esenciales de los ciudadanos y los gobernantes, y constituye la norma jurídica suprema que tiene trascendencia en todo el ordenamiento jurídico

mexicano. Por ello, la operación y desarrollo del Proyecto que se somete a evaluación en materia de impacto ambiental (EIA) modalidad Particular, cumple cabalmente con las cuatro disposiciones constitucionales que inciden directamente en su ejecución.

El Proyecto consiste en la construcción de un canal para la conducción de agua pluvial para su incorporación de las microcuencas de la región, y algunas obras asociadas al complejo minero metalúrgico de la empresa Promovente, como lo es un tramo de Línea de Transmisión Eléctrica y una superficie para la disposición de material estéril de mina, obras necesarias para el funcionamiento del complejo. Esta actividad es lícita y una vez Autorizada, contempla la implementación de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental que garantizarán su sustentabilidad ambiental. De igual manera, el presente Proyecto generará empleos y contribuirá con el desarrollo económico del país, de la región y del estado, contribuyendo sobre todo a su desarrollo sustentable y respetando totalmente los derechos humanos reconocidos por la Constitución para las personas en el sitio el Proyecto, en su zona de influencia y en el Sistema Ambiental definido para el Proyecto, así como las que colaboren con el Proyecto. Con ello, se cumple con lo establecido en los **Artículos 1 y 4** de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: ...

Artículo 1º. *En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece.*

Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia.

Queda prohibida toda discriminación motivada por origen étnico o nacional, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias sexuales, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas.

...

Artículo 4º. ...

Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines

Durante el desarrollo del Proyecto, se generará un impacto positivo sobre el factor socioeconómico, al promover y fortalecer un foco de activación de la economía local y regional de la zona, así como por la generación de empleos y el incremento en la demanda de bienes y servicios, beneficiando a las poblaciones circundantes al área del Proyecto, principalmente del municipio de Cananea, proporcionando las condiciones para el desarrollo del sector privado y el desarrollo económico regional y local, en los términos que establece esta Constitución. A lo dispuesto en el **Artículo 25**:

Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la soberanía de la nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege. [...]

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

El conjunto de predios particulares donde se pretende realizar el Proyecto, son propiedad de la Promovente que cuenta con contratos de compra venta; asimismo, los trabajos de preparación del sitio y construcción se realizarán con las autorizaciones pertinentes que los

obligan; incluyendo, además medidas de prevención, de mitigación y de compensación de impactos al medio ambiente, derivados de las actividades que se realizarán durante la construcción y operación del Proyecto. De esta manera, se cumple con las modalidades y regulaciones aplicables al uso y aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, según lo señalado en el **Artículo 27**:

La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije (sic DOF 20-01-1960) Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes (sic DOF 20-01-1960) y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes

interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.

En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, salvo en radiodifusión y telecomunicaciones, que serán otorgadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y substancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose de minerales radiactivos no se otorgarán concesiones. Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.

Bajo el principio de concurrencia previsto en el **Artículo 73** Fracción XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

Corresponde al Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

La Constitución establece las bases fundamentales para proteger los recursos naturales, cuyas reglas se desarrollan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la

Protección al Ambiente.

III.5.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero 1988 y reformada el 5 de junio de 2018, establece en su Artículo 28 el tipo de obras y actividades que requieren la autorización en materia de impacto ambiental, señalándose:

I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

II. Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica... y eléctrica.

...

VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;

...

En este sentido, en el **Cuadro 3.8** se realiza una vinculación del Proyecto con las disposiciones de la LGEEPA.

Cuadro 3.1. Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la vinculación con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente: <i>I Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos</i> <i>II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelería, azucarera, del cemento y eléctrica.</i> ... <i>VII. Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</i> ...	La Promovente cumple con este precepto vinculante e inicia el procedimiento para obtener la autorización de la autoridad federal (SEMARNAT) en materia de impacto ambiental; el Proyecto es la construcción de un canal para la conducción de agua pluvial evitando que entre en terrenos del complejo minero metalúrgico y en cambio sea incorporada a las microcuencas naturales en el sitio, además de un tramo de línea de transmisión eléctrica que es parte del denominado “Anillo Eléctrico 34.5 kV” para la operación del complejo minero metalúrgico.
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	La Promovente cumple con lo que dispone este artículo al presentar a la autoridad federal este documento, como solicitud de autorización en materia de impacto ambiental por las obras y la actividad. De esta forma este documento cuyo objetivo fundamental es el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el Proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, con esa orientación y alcances se integra para asegurar la vinculación de esta disposición con el Proyecto, lo cual es una evidencia del cumplimiento de la disposición que este artículo dicta.
Artículo 37 TER. Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional.	El Proyecto dará cumplimiento a la normatividad aplicable, ya que se pretende implementar en territorio nacional.
Artículo 79. Flora y fauna silvestres - Preservación de la biodiversidad	El desarrollo del Proyecto cuenta con: - Como parte de las medidas para prevenir y atenuar el impacto sobre la biodiversidad, se ejecutará un programa de rescate y reubicación de vegetación forestal, con un programa de monitoreo que se extenderá por 5 años luego de la reubicación para garantizar la sobrevivencia de los individuos y con esto asegurar la preservación de la biodiversidad en el sitio;

Cuadro 3.1. Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la vinculación con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
	se tendrá también un área asignada para la reubicación de flora silvestre, que quedarán como áreas de conservación. También se realizarán actividades de restauración, al final de la vida útil del Proyecto en la etapa de abandono. - Se ejecutará un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, durante todas las etapas del Proyecto, la fauna rescatada será reubicada en sitios que cumplan con los criterios internacionales establecidos para esta actividad, que pretenden asegurar la sobrevivencia de los individuos rescatados y con esto no provocar afectación a la biodiversidad faunística en el sitio. En el sitio no se causará afectación a corredores biológicos, pues el sitio del Proyecto y su área de influencia, han tenido un impacto importante por actividades como la agricultura y ganadería extensiva, por lo que con las actividades de restauración se compensará la afectación a los hábitats de la fauna del sitio, que fueron afectados por la agricultura y la ganadería.
Artículo 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.	El Proyecto incluye: - Dar cumplimiento a los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción, mediante un programa de mantenimiento preventivo de todos los vehículos y maquinaria usados, además solo se usarán vehículos que cumplan con las normas de protección de la calidad del aire para el estado de Sonora. Se dará cumplimiento a la normativa oficial mexicana en materia de afectación a la calidad del aire que aplica para el Proyecto.
Artículo 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: I. Corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación del suelo; II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; III. Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar	La Promovente como parte de la sociedad tiene en sus políticas cuidar la preservación del medio ambiente y por tanto prevenir la afectación de todos sus componentes incluido el suelo; se diseñará y ejecutará un Programa de manejo integral de residuos, aplicado a todas sus etapas de desarrollo del Proyecto, en dicho programa se compromete a incorporar técnicas y procedimientos para su re-uso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficiente. Se tendrá un programa de mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria para evitar la contaminación por

Cuadro 3.1. Disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la vinculación con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes; IV y V...	hidrocarburos, dicho programa contempla acciones correctivas en caso de incidentes que pudieran causar la contaminación del suelo.
Artículo 150. Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría.	El Proyecto generará residuos peligrosos; sin embargo, éstos serán dispuestos con base en las especificaciones que establece la legislación ambiental vigente, lo que se realizará mediante la contratación de una empresa autorizada por la secretaría para realizar el manejo, transporte y disposición final de estos residuos.
Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.	El Proyecto tendrá como política que sus residuos sean dados de alta y reportados a la autoridad competente, además que su manejo esté a cargo de empresas autorizadas, que otorguen la documentación probatoria.

III.5.2.1. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (RLEEPA) tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000, con la última reforma realizada el 31 de octubre del 2014, marca en su **artículo 5**:

Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

A) HIDRÁULICAS

*I. Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de avenidas con capacidad mayor de 1 millón de metros cúbicos, jagüeyes y otras **obras para la captación de aguas pluviales, canales y ...***

El Proyecto comprende la construcción de obras de captación, almacenamiento y de conducción, que garantice la captación y restitución de agua pluvial en las cuencas hidrológicas aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre, mediante la construcción del denominado Canal Poniente, tal como se mostró en el capítulo II de este documento.

...

K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:

...

*III. **Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica;***

El Proyecto comprende la construcción de un tramo de línea de transmisión eléctrica para el llamado “Anillo Eléctrico 34.5 kV”, que autodistribuye la energía eléctrica en el complejo minero metalúrgico.

...

L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:

*I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su **infraestructura de apoyo;***

Una porción de la superficie del Proyecto será ocupado para la ampliación del depósito de tepetate³ denominado “Tepetatera Marros”.

...

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales

³ **Tepetates:** Residuos conformados por apilamiento de material mineral, sin valor económico. Incluye al descapote. Definición conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar los planes de manejo de residuos mineros. Diario Oficial de la Federación del 30 de agosto de 2011.

o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.

El desarrollo de las obras del Proyecto requiere la remoción de vegetación forestal que se encuentra en casi un 45% (93.7165 ha) de la superficie total (209.2001 ha) requerida para su realización por lo que se requerirá ejecutar un Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). La ejecución y desarrollo del presente documento Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular del Proyecto, cumple con las disposiciones en materia de impacto ambiental derivadas del Reglamento de la LGEEPA; asimismo, se dará cumplimiento a la normatividad vigente en materia de impacto ambiental, de uso de suelo y flora y fauna silvestres.

III.5.3. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

La Ley de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1° de diciembre de 1992 y última reforma publicada el 24 de marzo de 2016 y su Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y reformado el 25 de agosto de 2014, tienen por objeto regular el uso, aprovechamiento y explotación de las aguas nacionales, previstas en el **Artículo 27** constitucional en materia de aguas nacionales. Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento del agua, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral sustentable (Última reforma publicada DOF 24-03-2016). En el **Cuadro 3.2** se reportan las disposiciones en la materia de la Ley de Aguas Nacionales que tienen vinculación con el Proyecto.

Cuadro 3.2. Disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y la vinculación con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
TÍTULO TERCERO. Política y Programación Hídricas. Capítulo Único. Sección Primera. Política Hídrica Nacional. Artículo 14 BIS 5. Los principios que sustentan la política hídrica nacional son: I. El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional; ...V. La atención de las necesidades de agua provenientes de la sociedad para su bienestar, de la economía para su desarrollo...XII. El aprovechamiento del agua debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación.	El Proyecto requiere del recurso agua durante su etapa de preparación y construcción, para lo cual será comprada a distribuidores autorizados para tal fin, y la distribución al sitio será a través de pipas, el uso durante estas etapas se realizará de acuerdo a lo que dicta el presente artículo, esto es mediante un uso sustentable y con la consideración del ahorro y máximo aprovechamiento. Además, el desarrollo del Proyecto no incluye la afectación de cuerpos naturales de agua, y en cambio, prevé la construcción de obras para la libre escurrentía del agua pluvial.
TÍTULO PRIMERO Disposiciones Preliminares Capítulo Único Artículo 3. Fracción XXX. "Humedales": Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos;	Ninguno de los polígonos forestales del Proyecto se encuentra sobre zonas de humedales listados por la CONAGUA.
TÍTULO SÉPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental. Capítulo I. Prevención y Control de la Contaminación del Agua. Artículo 86. BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	El Proyecto cuenta con un programa de manejo integral de residuos, en el cual se realizará el adecuado manejo, transporte y garantizar la correcta disposición de todos los residuos generados en cada una de las etapas del desarrollo del mismo, además de que se cuidará que no se afecten cuerpos de agua superficiales en el sitio a través de la implementación de las actividades del programa de vigilancia ambiental.

Respecto al **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**, durante el desarrollo de todo el Proyecto, se dará cumplimiento a lo que establece el Artículo 86. BIS 2: *“se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición”* y aceptará en caso de no dar cumplimiento con la normatividad aplicable, lo dispuesto y aplicable del presente Artículo y en la presente Ley.

Asimismo, se dará cumplimiento al ARTICULO 171: *Para efectos de los artículos 97 y 98 de la "Ley": I. Sólo podrán ejecutarse obras para encauzamiento, dragado, limitación o desecación parcial o total de corrientes y depósitos de agua de propiedad nacional, previo permiso de "La Comisión", la que determinará la forma y términos para ejecutar dichas obras.*

El Proyecto cuenta con un programa para el manejo integral de todos los residuos (ver **Anexo 2.4**) que serán generados en cada una de las etapas, para evitar que se contaminen cuerpos de agua superficial intermitentes. Dicho programa será además objeto de la Supervisión Ambiental que se tendrá durante todas las etapas del Proyecto, vigilando que no se tenga afectación por ningún tipo de residuo a los factores ambientales, se incluyen también medidas para responder a incidencias u accidentes y dar así cumplimiento a lo marcado en este Reglamento.

III.5.4. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento

Dado que para la realización del Proyecto se requerirá un cambio de uso de suelo en terrenos con vegetación forestal, para lo cual la Promovente presentará el respectivo estudio solicitando la autorización para realizar este cambio de uso de suelo, en este apartado se presenta la vinculación del Proyecto desde la evaluación del impacto ambiental por la presencia de este tipo de vegetación en el sitio.

El 05 de junio de 2018 fue publicado el DECRETO por el que se abroga la *Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable*, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de febrero de 2003, se expide la **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**; y se reforma el primer párrafo al artículo 105 y se adiciona un segundo párrafo al mismo artículo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. La LGDFS tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73, fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

De acuerdo con esta ley, las autorizaciones de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, sólo pueden otorgarse por excepción, cuando ésta es solicitada y se demuestra con información técnica suficiente que el nuevo uso del suelo no comprometerá la biodiversidad, ni ocasionará erosión del suelo, el deterioro de la calidad del agua, ni la disminución de su captación, al mismo tiempo que el uso del suelo propuesto sea a largo plazo más productivo.

El desarrollo del Proyecto en cuestión presenta vinculación con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en los términos indicados en el siguiente **Cuadro 3.3**.

Cuadro 3.3. Vinculación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable con el Proyecto.

Definiciones	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad o legítima posesión corresponda a los pueblos y comunidades indígenas se observará lo dispuesto por el artículo 2o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Los recursos forestales dispuestos en el sitio del Proyecto, son propiedad privada y el Promoviente cuenta con contratos de compra venta, por lo que no tienen cualquier relación de propiedad con pueblos y comunidades indígenas.
Artículo 3. Los objetivos específicos de esta Ley:	El Proyecto considera la aplicación de lo siguiente:

Fracción II. Regular la protección, conservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y sus servicios ambientales; así como la zonificación, el manejo y la ordenación forestal.	La aplicación de los programas de rescate y reubicación de flora silvestre (vegetación forestal) y de fauna silvestre.
Fracción VII. Coadyuvar en la ordenación y rehabilitación de las cuencas hidrográficas	El Proyecto aplicará medidas preventivas para compensar y mitigar la erosión del suelo, contando con un programa de manejo, restauración y conservación del suelo.
Fracción XII. Promover las actividades productivas que sean compatibles con el manejo forestal sustentable.	El Proyecto aplicará medidas para compensar la pérdida de captación de agua en el SA por el desarrollo del Proyecto.
	La Promovente implementará acciones de compensación relacionada con la reforestación al término de la vida útil del Proyecto.
Artículo 32. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter ambiental, los siguientes: ... VIII. La captación, protección y conservación de los recursos hídricos y la capacidad de recarga de los acuíferos; ... XI. La conservación prioritaria de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial	El Proyecto contará con las medidas para compensar el deterioro de los recursos forestales que por esta actividad serán generados. Esto se realizará mediante la ejecución de un programa de reforestación que incluye acciones de aprovechamiento del suelo retirado producto de la actividad de desmonte y despalde, acciones para favorecer la revegetación (esparcimiento de semillas de pastos nativos), se tendrán también acciones de reubicación de la flora silvestre rescatada antes del inicio de actividades que favorecerá la restauración de la vegetación forestal afectada por el desarrollo del Proyecto, así como el diseño, construcción y operación de obras para la captación y restitución de agua pluvial en el SA, en una dimensión equivalente o mayor a la pérdida de captación estimada por el desarrollo del Proyecto.
Artículo 33. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter económico, los siguientes: ... XV. La realización de las obras o actividades públicas o privadas que por ellas mismas puedan provocar deterioro severo de los recursos forestales, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, restauración y restablecimiento de los mismos.	El Proyecto contará con las medidas para compensar el deterioro de los recursos forestales que por esta actividad serán generados. Esto se realizará mediante la ejecución de un programa de reforestación que incluye acciones de aprovechamiento del suelo retirado producto de la actividad de desmonte y despalde, acciones para favorecer la revegetación (esparcimiento de semillas de pastos nativos), se tendrán también acciones de reubicación de la flora silvestre rescatada antes del inicio de actividades que favorecerá la restauración de la vegetación forestal afectada por el desarrollo del Proyecto.

Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.	El Proyecto no compromete la biodiversidad, se realizará la protección de suelo, agua, así como de la flora y fauna silvestres, en estricto apego a toda la legislación (ver Capítulo VII), y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables las cuales se enlistan y vinculan en este capítulo.

El **Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable** fue publicado en el DOF, el 21 de febrero de 2005 y su última reforma fue publicada el 31 de octubre de 2014. Este ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración.

En el **Cuadro 3.3**, se presenta la vinculación del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable con el Proyecto.

Cuadro 3.4. Vinculación del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable con el Proyecto.

DISPOSICIÓN	Vinculación con el Proyecto
Art. 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría,	El Promovente presentará el correspondiente Estudio Técnico Justificativo que incluirá la superficie de terreno con vegetación forestal, en la cual se pretende hacer cambio de uso de suelo para su evaluación por la SEMARNAT y contar así con la Autorización correspondiente, expedida por esta Secretaría.

III.5.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento

Publicada en el DOF el 08 de octubre de 2003 y última reforma publicada en el DOF el 19 de enero de 2018. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

En el **Cuadro 3.5**, se presenta la vinculación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos con el desarrollo del Proyecto.

Cuadro 3.5. Vinculación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. I. Aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterio de eficiencia ambiental.	El Proyecto considera la aplicación de los principios establecidos en este artículo. Se revisarán los residuos generados para clasificar los que pudieran tener un aprovechamiento, como reutilización o reciclaje.
Artículo 2. En la formulación y conducción de la política en materia de gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios: I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas; y IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños.	El Proyecto considera la aplicación de los principios establecidos en este artículo.

Cuadro 3.5. Vinculación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin; VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general; y VIII. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico. XI. Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.	En el Proyecto se clasificarán los residuos de manejo especial con base a las consideraciones establecidas en este artículo.
Artículo 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	El Proyecto generará residuos, los cuales serán clasificados con base en lo que establece este artículo y las normas ambientales vigentes.
Artículo 40. Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.	El Proyecto generará residuos peligrosos (trapos impregnados con aceites, contenedores vacíos de materiales peligrosos, entre otros), los cuales serán manejados con base a lo que establece este artículo y las normas ambientales vigentes.
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	El Proyecto generará residuos peligrosos, los cuales serán manejados con base en lo que establece este artículo y las normas ambientales vigentes.
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas autorizadas.	En el Proyecto se generarán residuos peligrosos, los cuales serán manejados con base en lo que establece este artículo.

Cuadro 3.5. Vinculación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos con el Proyecto.

Disposiciones	Vinculación con el Proyecto
Artículo 45. Los generadores de residuos peligrosos, deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.	En todo el desarrollo del Proyecto se tendrán medidas para prevenir la contaminación por residuos peligrosos, se realizarán las acciones que indican las normas oficiales mexicanas en materia de residuos (ver apartado más adelante) y además tendrán en cuenta lo que se dicta en cuanto al manejo de este tipo de residuos, se ejecutará un programa de manejo integral de residuos como parte del desarrollo del Proyecto y será ejecutado en todas las etapas del mismo, así como será objeto de vigilancia del Programa de Vigilancia Ambiental del Proyecto.
Artículo 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos, para no contaminarlos y no provocar reacciones que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	En el Proyecto se generarán residuos peligrosos, los cuales serán manejados con base en lo que establece este artículo, buscando no mezclarlos para evitar la contaminación de otros residuos.
Artículo 67. En materia de residuos peligrosos, está prohibido: ... V. El almacenamiento por más de seis meses en las fuentes generadoras.	Se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, donde se dará cumplimiento a las disposiciones legales que le apliquen a este respecto.
Artículo 68. Quienes resulten responsables de la contaminación de un sitio, así como de daños a la salud como consecuencia de ésta, estarán obligados a reparar el daño causado, conforme a las disposiciones legales correspondientes.	En caso de existir la contaminación de suelo, la empresa Promovente asumirá la responsabilidad con base en lo que establece la Ley.

Los residuos peligrosos generados serán almacenados de manera temporal por un periodo **no mayor a seis meses**, como lo marca el **Artículo 106, Fracción VII**, de la LGPGIR, en el Almacén temporal de Residuos Peligrosos ubicado dentro de los predios del proyecto (ver **Anexo 1.7**).

El **Reglamento de la Ley General para Prevención y Gestión Integral de Residuos** (RLGPGIR) fue publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2006 y con última reforma el 31 de octubre de 2014. El RLGPGIR refiere en su **Artículo 35**, *los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente: [I] Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley; y [II] Los clasificados en las normas oficiales mexicanas.* En este sentido, en el Proyecto se generarán y clasificarán los residuos con base a lo que establece este Artículo, además el Reglamento establece en su **Artículo 82** *las condiciones de las áreas de almacenamiento de los residuos peligrosos*, que serán las que determinen la construcción de esta obra para el Proyecto. También se cumplirá con lo que dicta el **Artículo 84**, *los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un período mayor a seis meses*, como parte del programa de manejo integral de los residuos se contempla que el establecimiento del almacén diseñado para este fin de resguardar los residuos peligrosos, tendrá un funcionamiento temporal en el cual los residuos no se tendrán almacenados por más de un mes.

III.5.6. Normas Oficiales Mexicanas

De acuerdo con al Artículo 3º, Fracción XI de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, en la materia que le compete, cuya aplicación se hará a través de las instancias federales involucradas e interesadas en su cumplimiento, en beneficio de todos los ciudadanos, los recursos naturales y el ambiente, entre otros factores.

La aplicación de la mayoría de estas NOM's en el territorio nacional, se encuentra soportada jurídicamente en las leyes emanadas en cada materia. De acuerdo al **Artículo 37-BIS** de la **LGEEPA**, quienes incurran en incumplimiento de las NOM's en materia ambiental, se harán acreedores a diversas sanciones, tanto económicas como a través de procedimientos administrativos y clausuras totales, parciales, temporales o indefinidas, entre otras disposiciones.

El Proyecto se ha diseñado y planeado considerando la normatividad ambiental mexicana vigente, durante el desarrollo y operación del mismo. Para reforzar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, se desarrollarán planes, programas y procedimientos que permitan instaurar una política y cultura de protección ambiental, que pueda permear en beneficio de la población.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) cuya competencia en materia ambiental (para el control de la contaminación y preservación de los recursos naturales, específicamente de agua, aire, suelo, flora, fauna, impacto ambiental y riesgo, entre otras), serán observadas en el Proyecto en todas sus etapas y durante su vida útil. Estas normas se enlistan en el **Cuadro 3.6** y se vinculan con el Proyecto.

Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.

Norma Oficial Mexicana (NOM)	Disposición	Vinculación con el Proyecto
SUELO		
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Durante todas las etapas del Proyecto, se establecerán programas de mantenimiento y supervisión en los vehículos para evitar derrames de hidrocarburos en suelo (definición dada en el numeral 4.2 y 4.16). El cumplimiento al programa de mantenimiento será evidenciado a través de las bitácoras correspondientes y estará basado en no rebasar los límites que establece la presente norma (Tabla 2, numeral 6.2), en caso de que ocurra algún incidente, en cuyo escenario se procederá con lo que dicta para las acciones de reparación de la afectación (medidas de urgente aplicación, como lo es delimitar el área y recuperar el suelo de manera inmediata para proceder a su disposición, numeral 7).
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004	Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.	Lo que dicta esta norma será aplicado para la etapa de cierre y abandono, utilizando los criterios y los límites máximos establecidos para garantizar la remediación del suelo y que sea de no riesgo para el sitio, una vez que haya terminado la vida útil del proyecto en aquellas áreas con potencial exposición o riesgo a la vida humana o ecológico.
RESIDUOS MINEROS		

Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.

Norma Oficial Mexicana (NOM)	Disposición	Vinculación con el Proyecto
NOM-157-SEMARNAT-2009	Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros	Los residuos de tepetate, están incluidos en el numeral 5.1.1.2 Residuos procedentes del minado establecidos por esta norma. La promovente cuenta con un Plan de Manejo de Residuos Minero-Metalúrgicos en vías de ser registrado por SEMARNAT.
FLORA Y FAUNA		
NOM-059-SEMARNAT-2010	Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.	Para la caracterización biótica del sitio del Proyecto se utilizó el Anexo Normativo III, listado de especies en riesgo de la presente norma, con esto se ha establecido que en el sitio del Proyecto no se encuentran especies listadas por esta norma, pero las especies de interés biológico que se encuentran allí, serán parte del programa de rescate y reubicación de flora silvestre, a realizarse previo a cualquier actividad del Proyecto, durante la etapa de preparación del sitio. Así también, se realizará un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna silvestre, orientadas a la protección no sólo de las especies de fauna listadas por esta norma, sino también a todas las especies de fauna. Con la aplicación de estos programas, se prevendrá la afectación a la flora y fauna silvestre, contribuyendo a su preservación. También se capacitará al personal que durante todas las etapas del Proyecto no se debe capturar, perseguir, cazar, coleccionar, traficar ni perjudicar a las especies de flora y fauna silvestres terrestre y acuática que habitan en la zona de estudio y sus alrededores.
RESIDUOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS		
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se prevén generar residuos, para lo cual se consultará el Listado 1 (clasificación de residuos peligrosos por fuente específica) que detalla esta norma. Los residuos peligrosos generados serán tratados de acuerdo a la Norma (numeral 6, identificación de los residuos generados que resulten peligrosos para determinar el manejo que deberá tenerse hasta su correcta disposición final), así como también se contratarán empresas acreditadas para su análisis, transporte y disposición final: para evidenciar el cumplimiento de la Norma se deberán presentar documentos de embarque de empresas acreditadas para su manejo.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de	Esta norma es de observancia obligatoria en la generación y manejo de residuos peligrosos, dado que en el desarrollo del Proyecto se pueden generar

Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.

Norma Oficial Mexicana (NOM)	Disposición	Vinculación con el Proyecto
	extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	este tipo de residuos, por lo que se considerará lo que marca la norma en su Anexo 1 para realizar el procedimiento para realizar la prueba para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Los residuos peligrosos serán entregados a empresas que cuenten con la autorización de la autoridad para su transporte y disposición final.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005.	La Promovente realizará lo que marca la norma, en su numeral 5, para establecer la compatibilidad del almacenamiento de los residuos, a fin de no mezclar residuos peligrosos incompatibles de acuerdo a la Norma. Se implementará un programa de manejo integral de residuos en todas las etapas del Proyecto, el cual incluye realizar todo el procedimiento que dicta esta norma y es descrito a detalle en sus anexos 1 a 3.
NOM-055-SEMARNAT-2003	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados.	El desarrollo del Proyecto no comprende la instalación de confinamientos para los residuos peligrosos generados, sino que se contratará a empresas que cuenten con la debida autorización para el transporte y su disposición final, la Promovente manifiesta conocer lo dispuesto en esta norma y que se proceda en cumplimiento de los alcances de la presente norma.
NOM-161- SEMARNAT-2011	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Durante la etapa de construcción y la etapa de abandono del Proyecto se pudieran llegar a generar la cantidad de residuos que determina esta norma en su Anexo Normativo en el punto VII del mismo, para lo cual la promovente elaborará el plan de manejo de acuerdo a la modalidad de Privados, según la clasificación que marca el artículo 16 (Fracción I, inciso a) del Reglamento de la LGPGIR, incluyendo los elementos descritos en el numeral 9 (9.2.1 y 9.1) de la mencionada norma.
NOM-011-SCT/2/2012	Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos envasadas y/o embaladas en cantidades limitadas.	Se contratarán compañías especializadas a fin de dar el tratamiento adecuado a las sustancias y materiales peligrosos que pudieran generarse en el Proyecto.
ATMÓSFERA		

Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.

Norma Oficial Mexicana (NOM)	Disposición	Vinculación con el Proyecto
NOM-041-SEMARNAT-2015	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible (DOF-06-03-2007).	La Norma se vincula principalmente con las emisiones provenientes del escape de los vehículos o unidades de transporte que se llegarán a utilizar en el Proyecto. Estos vehículos utilizan combustibles fósiles líquidos o gaseosos derivados del petróleo y gas natural, como la gasolina, diésel y gas L. P. Los vehículos generarían temporalmente emisiones a la atmósfera por utilizar motores de combustión interna, emitiendo gases de combustión. Los vehículos serían utilizados en todas las etapas de las obras. Estos vehículos deben encontrarse en óptimas condiciones de operación, lo que garantizará que se reduzcan al máximo sus emisiones contaminantes. El Proyecto se apegará a lo especificado por esta Norma, ya que las únicas fuentes móviles que generarán emisiones serán los vehículos automotores y la maquinaria utilizados para realizar las diversas actividades del desarrollo del Proyecto.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. (DOF-13-09-2007).	Dentro del Proyecto se aplica la presente norma durante la etapa de preparación del sitio y construcción al hacer uso de vehículos que ayuden a transportar, instalar y desinstalar la maquinaria empleada en las obras como por ejemplo transportes de maquinaria pesada, como tractores, tractocamiones, etc. El uso de estos vehículos se apegará a lo establecido por esta norma, exigiendo a todos sus contratistas y participantes que sus vehículos sean sometidos a los respectivos procesos de verificación de no emisiones por arriba de los niveles contaminantes establecidos por las autoridades en la materia para el sitio del Proyecto.
NOM-050-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustibles.	Se contempla la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo del parque vehicular con motores de diésel, a fin de evitar la emisión de humos por encima de los niveles máximos permisibles estipulados en esta norma, lo cual se aplica en las etapas de preparación del sitio y la construcción.
RUIDO		

Cuadro 3.6. Normatividad Ambiental aplicable para la realización del Proyecto.

Norma Oficial Mexicana (NOM)	Disposición	Vinculación con el Proyecto
NOM-080-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	En todas las etapas del Proyecto se contará con los documentos y dictámenes técnicos que comprueben que los vehículos que serán utilizados, funcionan adecuadamente, dentro de los límites sonoros fijados en la norma ambiental indicada. Para asegurar el cumplimiento de los lineamientos de esta norma, que es aplicada a los vehículos automotores utilizados durante todas las etapas del Proyecto, se asegurará que los vehículos sean sometidos al programa de mantenimiento preventivo vehicular.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	La Norma se aplica a toda instalación establecida en un solo lugar que tengan como finalidad, servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones sonoras contaminantes a la atmósfera. Se cumplirá con los lineamientos establecidos en esta norma y se tendrán los reportes como parte del programa de vigilancia ambiental. Se llevará a cabo el monitoreo de ruido de fondo, previo inicio de cualquier actividad del Proyecto, así como durante sus etapas constructiva y de operación, de tal manera que se implementen las medidas de mitigación que apliquen conforme los límites normativos.

III.5.7. Programas de recuperación y restablecimiento de las zonas de restauración ecológica

Bajo protesta de decir verdad, no existen programas declarados y/o decretados de esta naturaleza, aplicables a la zona del Proyecto.

III.5.8. Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora

La Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el estado de Sonora tiene por objeto regular la prevención, preservación y restauración del Equilibrio Ecológico, regulación de los instrumentos normativos, el ordenamiento ecológico del territorio del Estado, así como la Protección al ambiente en materia de impacto ambiental, ordenamiento ecológico,

cambio de uso de suelo y riesgo ambiental, con atribuciones y competencias en todo el territorio nacional.

El citado ordenamiento, dispone en su sección IV, lo referente a la Autorización en materia de Impacto Ambiental, estableciendo en su **Artículo 26** que quienes puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y en las normas emitidas por la Federación, deberán contar con la autorización de la Comisión o el Ayuntamiento correspondiente, de acuerdo a sus competencias.

La presente MIA-P muestra el apego con los instrumentos normativos oficiales, criterios ecológicos y disposiciones legales federales en materia de impacto ambiental, por lo que dará cumplimiento a lo establecido en esta Ley de su Título Cuarto de la Licencia Ambiental Integral (LAI), Artículo 85, al presentar una copia simplificada de la LAI ante la Comisión; y la licencia de uso de suelo ante el Ayuntamiento.

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

INVENTARIO AMBIENTAL	15
IV.1. Definición del Sistema Ambiental	15
IV.2. Delimitación del Sistema Ambiental (SA)	19
IV.3. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SA)	20
IV.3.1. Aspectos abióticos	22
IV.3.1.1. Clima	22
IV.3.1.1.1. Tipo de clima	23
IV.3.1.2. Temperatura	23
IV.3.1.2.1. Precipitación y evaporación promedio mensual	25
IV.3.1.2.2. Vientos dominantes	26
IV.3.1.2.3. Fenómenos climatológicos	27
IV.3.1.2.4. Calidad del aire y ruido	30
IV.3.1.3. Geología y morfología	32
IV.3.1.3.1. Geología regional	32
IV.3.1.3.2. Geomorfología y Fisiografía	32
IV.3.1.3.3. Estratigrafía.	39
IV.3.1.3.4. Presencia de fallas y fracturas.	45
IV.3.1.3.5. Susceptibilidad a sismos, deslizamiento y derrumbes.	45
IV.3.1.4. Tipos de Suelo	47
IV.3.1.5. Hidrología superficial y subterránea	55
IV.3.1.5.1. Hidrología Superficial	55
IV.3.1.5.2. Embalses y cuerpos de agua cercanos (lagos, presas, etc.)	62
IV.3.1.5.3. Calidad de agua	64
IV.3.1.5.4. Condiciones hidrológicas en el sitio del Proyecto.	68
IV.3.1.5.5. Geohidrología e Hidrología Subterránea	76
IV.3.1.5.6. Censo de aprovechamientos	80

IV.3.1.5.7.	Análisis de calidad de agua subterránea	81
IV.3.1.5.8.	Disponibilidad de agua subterránea	86
IV.3.2.	Aspectos bióticos.....	87
IV.3.2.1.	Caracterización de la Vegetación.....	87
IV.3.2.1.1.	Perfil de vegetación	91
IV.3.2.1.2.	Descripción de los Tipos de vegetación que se encuentran en el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto	93
IV.3.2.1.3.	Listados florísticos del Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto	103
IV.3.2.1.4.	Formas vitales	109
IV.3.2.1.5.	Características estructurales de la vegetación.....	110
IV.3.2.1.6.	Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	114
IV.3.2.1.7.	Especies de interés biológico	114
IV.3.2.1.8.	Especies utilizadas en la Región.....	116
IV.3.2.2.	Fauna.....	117
IV.3.2.2.1.	Antecedentes.....	117
IV.3.2.2.2.	Descripción de las provincias bióticas en la que se ubica el Sistema Ambiental (SA).....	119
IV.3.2.2.3.	Descripción de los registros faunísticos a nivel estatal y/o municipal ...	122
IV.3.2.2.4.	Metodología y trabajo de campo para el registro de especies.....	127
IV.3.2.2.5.	Análisis de datos de campo registrados en el Sistema Ambiental.....	130
IV.3.2.2.6.	Especies endémicas y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN resgistradas en el Sistema Ambiental.....	162
IV.3.2.2.7.	Especies indicadoras, de aprovechamientos y sus gremios tróficos presentes en el Sistema Ambiental	164
IV.3.2.2.8.	Temporada hábil de aprovechamiento de especies en el estado de Sonora.	169
IV.3.2.2.9.	Corredores biológicos y rutas de desplazamiento de las especies registradas para el Sistema Ambiental.	171
IV.3.2.2.10.	Analisis de datos de campo registrados en el sitio del Proyecto.	174
IV.3.2.2.11.	Especies endémicas y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES E IUCN registradas en el sitio del Proyecto.....	195

IV.3.2.2.12. Especies indicadoras, de aprovechamientos y sus gremios tróficos presentes en el sitio del Proyecto.....	196
IV.3.2.2.13. Rutas de desplazamiento de las especies registradas en el sitio del Proyecto	201
IV.3.2.3. Paisaje	204
IV.3.2.4. Análisis de visibilidad.....	205
IV.3.2.5. Cuenca visual	206
IV.3.2.5.1. Unidades y elementos de paisaje	210
IV.3.2.5.2. Calidad paisajística.....	212
IV.3.2.5.3. Fragilidad visual del paisaje	217
IV.3.2.6. Medio socioeconómico	220
IV.3.2.7. Demografía.....	222
IV.3.2.8. Población Indígena.....	224
IV.3.2.9. Economía y empleo	224
IV.3.2.10. Marginación	225
IV.3.2.11. Servicios	228
IV.3.2.11.1. Salud.....	228
IV.3.2.11.2. Educación	229
IV.3.2.11.3. Factores socioculturales.....	229
IV.4. Diagnóstico ambiental y Síntesis de los componentes abióticos y bióticos	230
IV.5. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA.....	245

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1.	Componentes y subcomponentes evaluados para la delimitación del Sistema Ambiental para el Proyecto.	16
Cuadro 4.2.	Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas aledañas a los polígonos forestales del Proyecto.	22
Cuadro 4.3.	Temperaturas máximas, mínimas y medias, registradas en las estaciones meteorológicas.	23
Cuadro 4.4.	Precipitación mensual de las estaciones Cananea y Buenavista.	25
Cuadro 4.5.	Evaporación potencial promedio mensual reportadas por las estaciones Cananea y BVC.	25
Cuadro 4.6.	Ubicaciones de las estaciones consultadas para los datos de vientos dominantes.	26
Cuadro 4.7.	Vientos dominantes de velocidad promedio en las estaciones consultadas.	26
Cuadro 4.8.	Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meteorológicas consultadas (Registros de 1951 a 2010).	27
Cuadro 4.9.	Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por municipio y estado.	30
Cuadro 4.10.	Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por sector SCIAN.	30
Cuadro 4.11.	Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente, 2008 (Toneladas).	31
Cuadro 4.12.	Resultados y comparación de los niveles de ruido.	31
Cuadro 4.13.	Los volúmenes mínimos, medios y máximos escurridos en las microcuencas.	61
Cuadro 4.14.	Caudales máximos en un determinado tiempo de retorno en la microcuenca donde se ubica el SA.	62
Cuadro 4.15.	Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua superficial.	65
Cuadro 4.16.	Gastos acumulados en las microcuencas.	72
Cuadro 4.17.	Cálculos para el diseño de presas y canales.	73
Cuadro 4.18.	La capacidad de cada represo.	73
Cuadro 4.19.	Gasto de diseño y gasto máximo para cada canal.	74
Cuadro 4.20.	Tiempos pico (tp), tiempos base (tb) y tiempo de concentración (tc) en horas, de las microcuencas.	75

Cuadro 4.21.	Obtención de gastos de diseño para un periodo de retorno de 10,000 años.	75
Cuadro 4.22.	Consumos promedio de agua en el periodo 2001 a 2006 por Buenavista del Cobre.	81
Cuadro 4.23.	Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua subterránea tomadas en los pozos de monitoreo dentro del SA.	84
Cuadro 4.24.	Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua subterránea tomadas en los pozos de monitoreo al Sureste del SA.	85
Cuadro 4.25.	Disponibilidad de agua subterránea en los acuíferos Río San Pedro, Río Bacoachi y Río Bacanuchi.	87
Cuadro 4.26.	Uso del suelo y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental.	88
Cuadro 4.27.	Especies de flora que se encuentran en el Sistema Ambiental (según Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino et al., 2005).	103
Cuadro 4.28.	Especies de flora encontradas en el Sitio del Proyecto (214.4390 ha).	106
Cuadro 4.29.	Sitios de muestreo en el Sistema Ambiental.	110
Cuadro 4.30.	Características estructurales e índices de diversidad de la vegetación en el Sistema Ambiental, Área de Influencia y Sitio del Proyecto.	112
Cuadro 4.31.	Puntos de muestreo en el Sistema Ambiental.	128
Cuadro 4.32.	Puntos de muestreo en el sitio del proyecto.	128
Cuadro 4.33.	Índices de diversidad calculados para cada grupo faunístico en el Sistema Ambiental.	133
Cuadro 4.34.	Listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.	138
Cuadro 4.35.	Listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.	142
Cuadro 4.36.	Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.	147
Cuadro 4.37.	Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental.	152
Cuadro 4.38.	Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.	156
Cuadro 4.39.	Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES, su endemismo y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental.	162

Cuadro 4.40. Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el estado de Sonora del periodo 2018-2019.....	169
Cuadro 4.41. Índices de diversidad calculados para cada grupo faunístico dentro del sitio del proyecto.	176
Cuadro 4.42. Listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.	179
Cuadro 4.43. Listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.	182
Cuadro 4.44. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.	185
Cuadro 4.45. Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el sitio del proyecto.	187
Cuadro 4.46. Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.	190
Cuadro 4.47. Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo y el número total de registros por especie dentro del sitio del proyecto.	195
Cuadro 4.48. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la calidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el sitio del Proyecto.	212
Cuadro 4.49. Características visuales más destacadas, de los diferentes componentes paisajísticos de la cuenca visual.	214
Cuadro 4.50. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la fragilidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el área del sitio del Proyecto.	218
Cuadro 4.51. Localización geográfica de las localidades ubicadas dentro del Sistema Ambiental	222
Cuadro 4.52. Población total en el Sistema ambiental.	222
Cuadro 4.53. Población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI) en la localidad de referencia del SA	224
Cuadro 4.54. Indicadores socioeconómicos, índice y grado de la ciudad de Cananea.	226
Cuadro 4.55. Población usuaria de los servicios médicos de las instituciones públicas del sector salud por régimen e institución, en la localidad de referencia del SA.	228
Cuadro 4.56. Grado promedio de escolaridad en la localidad Heroica Ciudad de Cananea	229

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.....	231

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.	Ubicación geográfica del Sistema Ambiental para el Proyecto “Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre”.	21
Figura 4.2.	Tipos de clima registrados y ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.	24
Figura 4.3.	Rasgos climáticos en el SA y el Sitio del Proyecto.	28
Figura 4.4.	Distribución de frecuencia de vientos con velocidades máximas en la estación meteorológica BVC.	29
Figura 4.5.	Distribución de frecuencia de vientos con velocidades máximas en la estación meteorológica La Milpa.	29
Figura 4.6.	Distribución de las Provincias Fisiográficas en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.	33
Figura 4.7.	Las topoformas en el SA y sitio de proyecto.	35
Figura 4.8.	Apariencia morfológica de la Sierra Elenita.	36
Figura 4.9.	Vista al Suroeste del Valle de Río San Pedro (en el fondo las estribaciones de la Sierra Elenita).	36
Figura 4.10.	La Sierra Mariquita en su extensión septentrional-meridional.	36
Figura 4.11.	El porcentaje de pendiente en el SA y el sitio del Proyecto.	37
Figura 4.12.	Las pendientes pronunciadas de la Sierra Elenita, cerca de donde se ubica el Polígono 1 del sitio de proyecto en el SA.	38
Figura 4.13.	Vista a las estribaciones de la Sierra Elenita en su lado septentrional, donde al pie de la sierra se localizan los Polígonos 2 y 3 del sitio de proyecto.	38
Figura 4.14.	Geología (unidades estratigráficas) en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.	40
Figura 4.15.	Afloramiento de riolitas jurásicas en el noroeste del SA.	41
Figura 4.16.	Corte en el camino, descubriendo las andesitas de la formación Mesa.	41
Figura 4.17.	La textura de la diorita en el polígono 1 del sitio de proyecto. Se aprecia la composición de la roca con plagioclasas y hornblendas.	42
Figura 4.18.	Sismicidad y vulcanismo en el entorno del SA.	46
Figura 4.19.	Principales unidades edafológicas en el Sistema Ambiental del Proyecto.	49

Figura 4.20.	El suelo Phaeozem en el SA con una capa superficial oscura y capas subsuperficiales pálidas las cuales fueron originadas por los procesos de lixiviación.	50
Figura 4.21.	Vista a la Mina Buenavista del Cobre con el área afectada por las actividades y operaciones de la mina impactando el área central y oriental del SA.	50
Figura 4.22.	Erosión del suelo en el SA y el sitio del Proyecto.	52
Figura 4.23.	El desarrollo de surcos en el SA causado por los eventos pluviales.	53
Figura 4.24.	Degradación de suelo en el SA y el sitio del proyecto.	54
Figura 4.25.	Hidrología Superficial en el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto.	57
Figura 4.26.	Vista al SA y sitio de proyecto ,donde nace el arroyo La Tinaja.	58
Figura 4.27.	La Cañada La Elisa, en el nordeste del SA y del Sitio del Proyecto.	58
Figura 4.28.	Vista a la subcuenca hidrológica A. Cocaspera hacia Suroeste.	59
Figura 4.29.	Ubicación de las microcuencas hidrológicas en el Sistema Ambiental del Proyecto.	60
Figura 4.30.	Captación de solución rica aguas abajo del terrero Tinaja.	63
Figura 4.31.	Un cuerpo de agua aguas arriba del represo Norte.	63
Figura 4.32.	El cuerpo de agua aguas arriba del represo Norte con soluciones de lixiviación.	68
Figura 4.33.	Vista al tajo de la mina aguas abajo del arroyo El Aserradero.	69
Figura 4.34.	La localización de las microcuencas según el estudio de CIEPS (2018) y la ubicación de los represos derivaderos y de los canales.	70
Figura 4.35.	Cauce del Arroyo Los Alisos aguas arriba del represo propuesto.	71
Figura 4.36.	Cauce del Arroyo La Tinaja.	71
Figura 4.37.	Ubicación de los acuíferos y pozos de monitoreo en el Sistema Ambiental.	78
Figura 4.38.	Ubicación del SA en la Provincia florística Altiplanicie.	89
Figura 4.39.	Uso del Suelo y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.	90
Figura 4.40.	Perfil de vegetación en un corte transversal dirección Oeste-Este en el Sistema Ambiental.	92
Figura 4.41.	Comunidad secundaria de bosque de pino-encino al Norte del SA, donde se observan pequeños rodales dominados por Pinus.	94

Figura 4.42.	<i>Quercus hypoleuroides</i> es la especie representativa del bosque de encino en el SA.	95
Figura 4.43.	Vista del bosque de encino con abundancia de <i>Arctostaphylos pungens</i> y al fondo <i>Juniperus sp.</i>	96
Figura 4.44.	Vista panorámica dirección NE-SO observándose la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino desarrollada en los lomeríos y piedemonte de la Sierra La Elenita y La Mariquita.	98
Figura 4.45.	La vegetación secundaria de bosque de encino al Este del Sistema Ambiental, los elementos arbóreos dominantes son <i>Juniperus</i> , <i>Arctostaphylos</i> , <i>Garrya</i> y <i>Quercus</i>	98
Figura 4.46.	Corte vertical de la vegetación secundaria de bosque de encino desarrollado al Este del SA con abundancia de manzanita (<i>Arctostaphylos pungens</i>), especie indicadora de disturbio.	99
Figura 4.47.	Corte vertical de la vegetación secundaria del bosque de encino al Oeste del SA, con dominancia de <i>Q. hypoleuroides</i> apreciándose un dosel semi abierto y un estrato herbáceo raro.	99
Figura 4.48.	Extensión del pastizal natural sobre los lomeríos al Sur del Sistema Ambiental.	101
Figura 4.49.	Vegetación de pastizal natural en un valle al Sur del SA, donde se observa la invasión de mezquite en áreas sobrepastoreadas.	101
Figura 4.50.	El Complejo Minero Buenavista del Cobre, visto desde el Poniente del Sistema Ambiental.	102
Figura 4.51.	Forma vital de las especies de flora con distribución en el Sistema Ambiental.	109
Figura 4.52.	Forma vital de las especies de flora reportadas en el Sitio del Proyecto.	110
Figura 4.53.	Ecosistemas presentes en el Sistema Ambiental: a) bosque de encino distribuido al oeste del Sistema; b) y Bosque de encino-pino distribuido en la parte sur.	118
Figura 4.54.	Ubicación general del Sistema Ambiental y sitio del Proyecto con la ubicación zoogeográfica a nivel nacional.	120
Figura 4.55.	Regionalización Biótica establecida por Stuart en 1964, en la se establece para todo el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema.	121
Figura 4.56.	Ubicación espacial de los puntos de muestreo realizados durante el trabajo de campo dentro del Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.	129
Figura 4.57.	Especies totales por grupo faunístico registradas para el Sistema Ambiental.	130

Figura 4.58.	Abundancia absoluta de individuos por grupo faunístico registrado en el Sistema Ambiental.	131
Figura 4.59.	Diversidad y Abundancia absoluta por punto de muestreo para el Sistema Ambiental.	132
Figura 4.60.	Diversidad y Abundancia absoluta por tipo de vegetación para el Sistema Ambiental.	132
Figura 4.61.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de anfibios presentes en el Sistema Ambiental.	136
Figura 4.62.	Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de anfibios presentes en el Sistema Ambiental.	137
Figura 4.63.	Distribución geográfica de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.	139
Figura 4.64.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.	140
Figura 4.65.	Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.	140
Figura 4.66.	Distribución geográfica de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.	144
Figura 4.67.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.	145
Figura 4.68.	Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.	146
Figura 4.69.	Principales rutas migratorias descritas para las aves de Norteamérica. Fuente: Lincoln et al. (1998).	151
Figura 4.70.	Distribución geográfica de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.	153
Figura 4.71.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.	154
Figura 4.72.	Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.	155
Figura 4.73.	Número de archivos útiles y no útiles para identificación a nivel específico del registro de murciélagos dentro del Sistema.	159
Figura 4.74.	Actividad de las especies de murciélagos registradas por punto de muestreo.	160
Figura 4.75.	Picos de actividad de la quiropterofauna registrada dentro del Sistema.	161

Figura 4.76.	Picos de actividad de la quiropterofauna registrada dentro del Sistema.	161
Figura 4.77.	Rutas de movimiento o desplazamiento de fauna silvestre, identificadas durante los trabajos de campo a nivel Sistema Ambiental.	173
Figura 4.78.	Especies totales registradas para el sitio del proyecto.	174
Figura 4.79.	Abundancia absoluta para cada grupo faunístico en el sitio del proyecto.....	175
Figura 4.80.	Diversidad y Abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino para el sitio del proyecto.	176
Figura 4.81.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de anfibios presentes en el sitio del proyecto.	178
Figura 4.82.	Distribución geográfica de las especies de reptiles presentes en el sitio del proyecto.	180
Figura 4.83.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo con Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de reptiles presentes en el sitio del proyecto.....	181
Figura 4.84.	Distribución geográfica de las especies de aves presentes en el sitio del proyecto.	183
Figura 4.85.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de aves presentes en el sitio del proyecto.....	184
Figura 4.86.	Distribución geográfica de las especies de mamíferos presentes en el sitio del proyecto.	188
Figura 4.87.	Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de mamíferos presentes en el sitio del proyecto.	188
Figura 4.88.	Número de archivos útiles y no útiles para identificación a nivel específico del registro de murciélagos dentro del sitio del proyecto.....	193
Figura 4.89.	Actividad de las especies de murciélagos registradas por punto de muestreo.	193
Figura 4.90.	Picos de actividad de la quiropterofauna registrada dentro del sitio del proyecto.	194
Figura 4.91.	Rutas de desplazamiento de aves y mamíferos medianos y grandes (líneas amarillas) observadas durante el trabajo de campo y análisis de imágenes de satélite.	203
Figura 4.92.	Cuenca visual desde un punto alto dentro del sitio del Proyecto.	207

Figura 4.93.	Vista al Norte del SA, en donde se observa en primer plano un área perturbada por la actividad minera, en segundo plano se aprecia la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, con evidencias de perturbación por la actividad humana y al fondo se observan montañas y lomerío con presencia de vegetación de bosque de encino y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino.	208
Figura 4.94.	Vista de lado Sur del SA. En primer plano se observa la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino un poco conservada, en segundo plano se aprecia los lomeríos y al fondo, en el último plano se observa una parte del complejo Tinajas rodeado de algunos cerros.	208
Figura 4.95.	Vista panorámica desde el Oeste del SA, en donde se observa en primer plano los lomeríos cubiertos de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. En segundo plano se aprecia los lomeríos y la degradación de la vegetación por la actividad minera. En tercer plano se observa montañas que forman parte de la Sierra Madre Occidental.	209
Figura 4.96.	Relieve del sitio del Proyecto, se observa pequeñas cañadas de arroyos intermitentes.	211
Figura 4.97.	Perturbaciones en el paisaje de la cuenca visual provocadas por actividades humanas, principalmente por actividad minera histórica, presencia de caminos y brechas.	211
Figura 4.98.	Ubicación geográfica de las localidades del SA y su población total.	221
Figura 4.99.	Pirámide poblacional por rango de edad para el municipio de Cananea, Sonora, en el año 2000.	223
Figura 4.100.	Pirámide poblacional por rango de edad para el municipio de Cananea, Sonora, en el año 2010.	223
Figura 4.101.	Población ocupada y desocupada en la Heroica Ciudad de Cananea.....	225
Figura 4.102.	Grado de marginación por municipio en relación al SA y sitio del Proyecto	227
Figura 4.103.	Proporción de la población derechohabiente por Institución Pública de Salud, en la localidad de referencia del SA.....	229
Figura 4.104.	Distribución de la Calidad Ambiental en el SAR y sitio del Proyecto.....	260

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 4.1.** Metodología para la elaboración del apartado de Clima.
- Anexo 4.2.** Metodología para la elaboración del apartado Geológico.
- Anexo 4.3.** Estudio Geotécnico.
- Anexo 4.4.** Metodología para la elaboración del apartado de Hidrología superficial y subterránea.
- Anexo 4.5.** Sistema de Restitución de Aguas del Norte" (CIEPS Consultores, 2018) y memorias de Cálculo.
- Anexo 4.6.** Base de datos de los puntos de muestreo y caracterización de la vegetación en el Sistema Ambiental Regional. Anexo en formato digital
- Anexo 4.7.** Metodología para la elaboración del apartado de Vegetación.
- Anexo 4.8.** Metodología para la elaboración del apartado de Fauna
- Anexo 4.9.** Listado faunístico de las especies registradas en el SA.
- Anexo 4.10.** Registro fotográfico de las condiciones generales del SA.
- Anexo 4.11.** Registro fotográfico de las especies registradas en los muestreos del SA.
- Anexo 4.12.** Cartas faunísticas de las especies registradas en el SA.
- Anexo 4.13.** Listado faunístico de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.14.** Registro fotográfico de las condiciones generales del sitio del Proyecto.
- Anexo 4.15.** Registro fotográfico de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.16.** Listado faunístico comparativo de los registros en el SA y sitio del Proyecto.
- Anexo 4.17.** Cartas faunísticas de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.18.** Metodología empleada para la caracterización y descripción del paisaje.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL

En el presente capítulo se presenta la descripción y análisis del Sistema Ambiental definido para el Proyecto “Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre”, ubicado en el municipio de Cananea, Sonora; basándose principalmente en las características de los factores físicos, bióticos, grado de conservación y otros componentes (sociodemográficos) del SA.

Para este propósito, se llevaron a cabo visitas de trabajo al sitio del Proyecto, para obtener observaciones y datos de campo. Posteriormente, dicha información se contrastó con la publicada por el INEGI (a través de sus diferentes cartas temáticas), por la CONABIO, la CONAGUA y el INE, así como de distintas fuentes bibliográficas especializadas. La integración de la información se realizó tomando como base las características de los elementos descritos por INEGI, completada con la información de campo.

Los componentes y subcomponentes evaluados para la delimitación del Sistema Ambiental (SA) como parte de la caracterización ambiental del sitio del Proyecto, se presenta en el **Cuadro 4.1**, atribuyendo a cada uno un porcentaje en superficie en correspondencia con el SA. Para esto, ha sido importante definir en primera instancia al SA dentro del cual está inmerso el sitio del Proyecto.

IV.1. Definición del Sistema Ambiental

Conceptualmente, el SA se define como un espacio geográfico delimitado a partir de la interacción homogénea de los componentes ambientales abióticos, bióticos y socioeconómicos. Una vez definido conceptualmente el SA, se procedió a su delimitación para la zona en donde se encuentra el sitio del Proyecto. Su delimitación se realizó al sobreponer

cartas temáticas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando como base a los componentes: [i] bióticos (tipo de vegetación y uso del suelo); [ii] abióticos (topografía, geología, clima, hidrología y fisiografía); y [iii] socioeconómicos (municipios y comunidades cercanas).

En correspondencia con lo anterior, el SA tiene una superficie total de 5,468.59 ha, de las cuales 214.4390 ha (3.92%) son ocupadas por el polígono envolvente del sitio del Proyecto, y sólo 97.1312 ha (1.78%) corresponden a la huella del sitio del Proyecto, donde se ejecutarán las obras y actividades descritas en el Capítulo II de esta Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular MIA-P (ver **Cuadro 4.1**).

Cuadro 4.1. Componentes y subcomponentes evaluados para la delimitación del Sistema Ambiental para el Proyecto.

Polígono	Sistema Ambiental	
	Área (ha)	Porcentaje (%)
Sistema Ambiental	5,468.5931	100.00%
Sitio del Proyecto	214.4390	3.92%
Huella del sitio del Proyecto	97.1312	1.78%
Vegetación y Uso del Suelo		
Bosque de encino	140.0286	2.56%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,382.3767	43.56%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino - encino	101.2448	1.85%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pastizal natural	265.1418	4.85%
Pastizal natural	651.9710	11.92%
Pastizal inducido	50.4083	0.92%
Sin vegetación aparente	1,877.4221	34.33%
Edafología		
Leptosol (LP)	1,815.0694	33.19%
Phaeozem (PH)	798.5310	14.60%
Cambisol (CM)	6.5552	0.12%
Luvisol (LV)	724.3731	13.25%
Planosol (PL)	274.3345	5.02%
Na aplica (NA)	1,849.7300	33.82%
Clima		
Semiseco templado	5,468.5931	100.00%
Geología		
Aluvial	39.6192	0.72%
Andesita	139.1502	2.54%
Arenisca-toba ácida	441.0164	8.06%

Cuadro 4.1. Componentes y subcomponentes evaluados para la delimitación del Sistema Ambiental para el Proyecto.

Polígono	Sistema Ambiental	
	Área (ha)	Porcentaje (%)
Conglomerado	852.3451	15.59%
Granito	1,182.9562	21.63%
Riolita-toba ácida	210.0446	3.84%
Toba ácida	753.7315	13.78%
No aplica	1,849.7300	33.82%
Hidrogeología		
Material consolidado con posibilidades bajas	2,733.2247	49.98%
Material no consolidado con posibilidades altas	885.6384	16.19%
No aplica	1,849.7300	33.82%
Hidrología Superficial		
Subcuenca		
Arroyo Cocaspera	422.6176	7.73%
Río Bacanuchi	2,926.9804	53.52%
Río Sonora - Arispe	51.9729	0.95%
Nogales	2,067.0222	37.80%
Cuenca		
Río Concepción - Arroyo Cocaspera	422.6176	7.73%
Río Sonora	5,045.9756	92.27%
Región hidrológica		
Sonora Norte	422.6176	7.73%
Sonora Sur	5,045.9756	92.27%
Provincias Fisiográficas		
Sierra Madre Occidental	5,468.5931	100.00%
Subprovincias Fisiográficas		
Sierras y Valles del Norte	5,468.5931	100.00%
Municipios		
Cananea, Sonora	5,468.5931	100.00%

La superficie del SA presenta un 65.67% ocupado por vegetación y el resto (34.33%) corresponde a zonas 'Sin vegetación aparente', las cuales corresponden principalmente a áreas de explotación minera, así como algunos caminos vecinales existentes. Los tipos de vegetación presentes en el SA son: vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (43.56%), pastizal natural (11.92%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con pastizal natural (4.85%), bosque de encino (2.56%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino (1.85%) y pastizal inducido (0.92%). El tipo de suelo dominante en el

SA es el Leptosol (LP), el cual se caracteriza por su bajo espesor; también se presentan en una superficie importante los suelos de tipo Phaeozem (PH) y Luvisol (LV) y en pequeña superficie los suelos del grupo de los Planosoles (PL) y Cambisoles (CM).

Como resultado de su historia geológica, el SA se compone de unidades de roca que varían en su origen, encontrándose algunas de rocas volcánicas ácidas (granito, toba ácida, andesita, arenisca-toba ácida y riolita toba ácida) con presencia al norte del SA, otras de origen sedimentario (conglomerado) se encuentran en los valles y las de origen aluvial (aluvial) se presentan en los cauces de arroyos (intermitentes) al Sur del Sistema Ambiental.

Con respecto a la hidrología, el SA se encuentra en un 92% dentro de la región hidrológica RH09 Sonora Sur (Cuenca Río Sonora, subcuencas Río Sonora – Arispe, Río Bacanuchi y Nogales) y en un 7.73% dentro de la región hidrológica RH08 Sonora Norte (cuenca Río Concepción – Arroyo Cocaspera, subcuenca Arroyo Cocaspera). Presenta un material no consolidado con posibilidades altas de permeabilidad (16.19%), que se caracteriza por un depósito aluvial reciente del cuaternario y un material consolidado con posibilidades bajas de permeabilidad (49.98%), que se localiza en pequeños afloramientos de rocas ígneas que intrusieron a rocas sedimentarias.

Por su ubicación geográfica y las características del relieve, el clima del SA es semiseco templado, con un cociente de precipitación/temperatura mayor de 22.9, lluvias en verano y con más del 18% de la precipitación anual en el invierno. La temperatura media anual se encuentra en un rango de 12 a 18°C; en el mes más frío oscila entre los -3°C y 18°C; y en el mes más caliente es mayor de 18°C (Köppen modificada por E. García, 1988).

El SA determinado para el Proyecto se encuentra en su totalidad (100%) dentro de la provincia fisiográfica "Sierra Madre Occidental" y subprovincia fisiográfica "Sierras y Valles del Norte". La provincia fisiográfica "Sierra Madre Occidental" está formada en su mayor parte por rocas ígneas extrusivas. Originalmente era una gran meseta, pero millones de años de erosión crearon un paisaje con picos, mesetas, grandes cañones y barrancas. Se extiende cerca de la costa occidental mexicana, con una dirección Noreste-Sureste; se inicia 50 km al sur del límite internacional con los Estados Unidos para terminar en el río Santiago en Nayarit y en el Eje Neovolcánico Transversal. En su parte norte está más separada de la costa y en el sur reduce

su anchura y se aproxima más al mar. Su altura media es de 2,250 msnm, por su continuidad, sirve de barrera occidental a la Mesa del Centro (INEGI, 1983). La subprovincia fisiográfica Sierras y Valles del Norte ubicada al norte de la Sierra Madre Occidental, está formada principalmente por sierras entre las cuales se localizan amplios valles paralelos con orientación norte-sur.

IV.2. Delimitación del Sistema Ambiental (SA)

La superficie del SA presenta un 65.67% ocupado por vegetación y el resto (34.33%) corresponde a zonas 'Sin vegetación aparente', las cuales corresponden a áreas de explotación minera. Los tipos de vegetación presentes en el SA son: vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (43.56%), pastizal natural (11.92%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con pastizal natural (4.85%), bosque de encino (2.56%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino (1.85%) y pastizal inducido (0.92%). El tipo de suelo dominante en el SA es el Leptosol (LP), el cual se caracteriza por su bajo espesor; también se presentan en una superficie importante los suelos de tipo Phaeozem (PH) y Luvisol (LV) y en pequeña superficie los suelos del grupo de los Planosoles (PL) y Cambisoles (CM).

Como resultado de su historia geológica, el SA se compone de unidades de roca que varían en su origen, encontrándose algunas de rocas volcánicas ácidas (granito, toba ácida, andesita, arenisca-toba ácida y riolita toba ácida) con presencia al norte del SA, otras de origen sedimentario (conglomerado) se encuentran en los valles y las de origen aluvial (aluvial) se presentan en los ríos al Sur del Sistema Ambiental.

Con respecto a la hidrología, el SA se encuentra en un 92% dentro de la región hidrológica RH09 Sonora Sur (Cuenca Río Sonora, subcuencas Río Sonora – Arispe, Río Bacanuchi y Nogales) y en un 7.73% dentro de la región hidrológica RH08 Sonora Norte (cuenca Río Concepción – Arroyo Cocaspera, subcuenca Arroyo Cocaspera). Presenta un material no consolidado con posibilidades altas de permeabilidad (16.19%) que se caracteriza por un depósito aluvial reciente del cuaternario y un material consolidado con posibilidades

bajas de permeabilidad (49.98%) que se localiza en pequeños afloramientos de rocas ígneas que intrusieron a rocas sedimentarias.

Por su ubicación geográfica y las características del relieve, el clima del SA es semiseco templado, con un cociente de precipitación/temperatura mayor de 22.9, lluvias en verano y con más del 18% de la precipitación anual en el invierno. La temperatura media anual se encuentra en un rango de 12 a 18°C; en el mes más frío oscila entre los -3°C y 18°C; y en el mes más caliente es mayor de 18°C (Köppen modificada por E. García, 1988).

El SA determinado para el Proyecto se encuentra en su totalidad (100%) dentro de la provincia fisiográfica “Sierra Madre Occidental” y subprovincia fisiográfica “Sierras y Valles del Norte”. La provincia fisiográfica “Sierra Madre Occidental” está formada en su mayor parte por rocas ígneas extrusivas. Originalmente era una gran meseta, pero millones de años de erosión crearon un paisaje con picos, mesetas, grandes cañones y barrancas. Se extiende cerca de la costa occidental mexicana, con una dirección Noreste-Sureste; se inicia 50 km al sur del límite internacional con los Estados Unidos para terminar en el río Santiago en Nayarit y en el Eje Neovolcánico Transversal. En su parte norte está más separada de la costa y en el sur reduce su anchura y se aproxima más al mar. Su altura media es de 2,250 msnm, por su continuidad, sirve de barrera occidental a la Mesa del Centro (INEGI, 1983). La subprovincia fisiográfica Sierras y Valles del Norte ubicada al norte de la Sierra Madre Occidental, está formada principalmente por sierras entre las cuales se localizan amplios valles paralelos con orientación norte-sur.

IV.3. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SA)

La determinación de los límites del SA se realizó a partir de las cotas altitudinales, subcuencas hidrográficas, zona urbana de la Heroica Ciudad de Cananea y el área de obras y actividades de la Mina Buenavista del Cobre. Comprende una superficie total de 5,468.59 ha (54,685,931.49 m²) y se encuentra ubicado en su totalidad dentro del municipio de Cananea, estado de Sonora. Su delimitación es la siguiente (**Figura 4.1**):

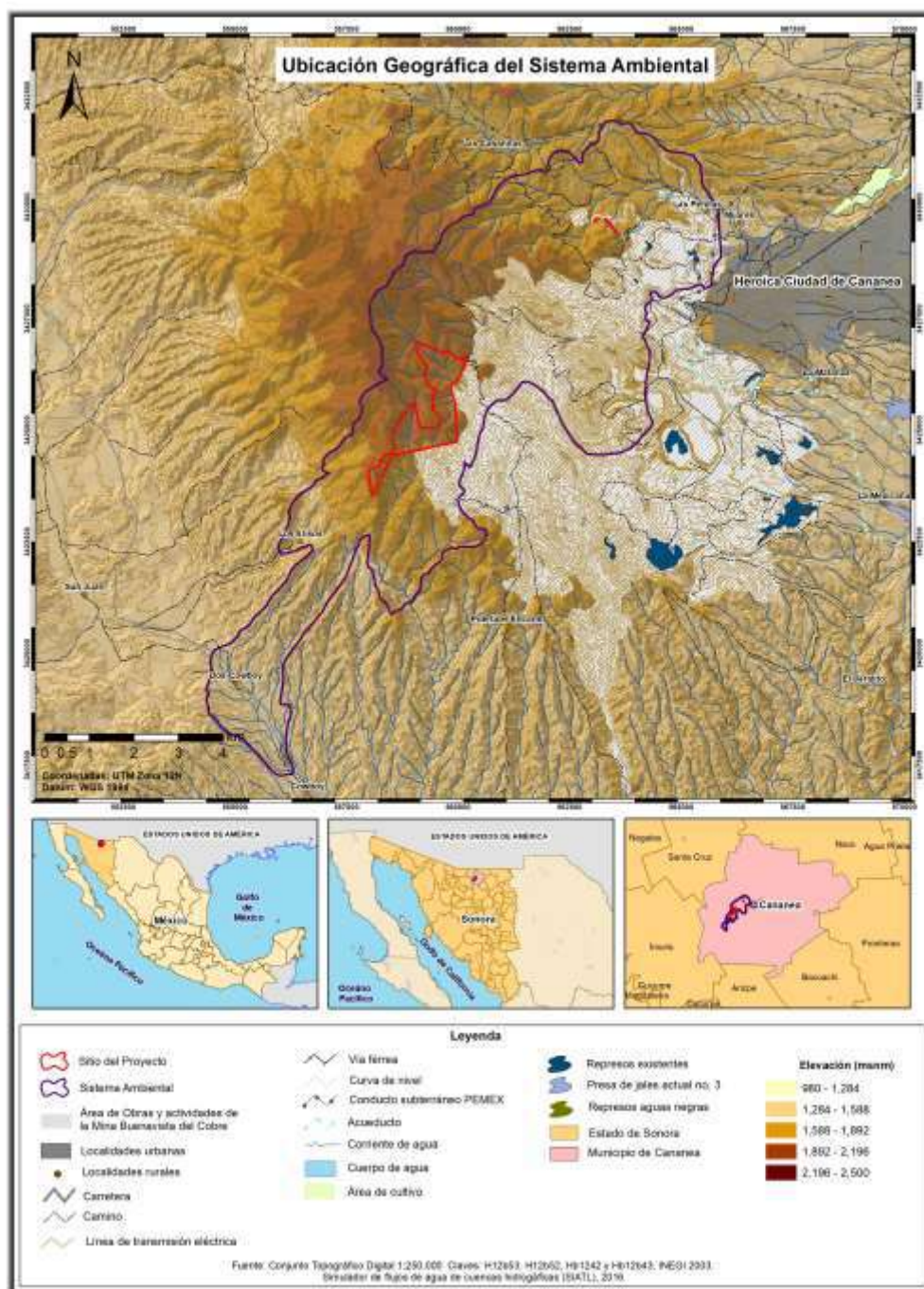


Figura 4.1. Ubicación geográfica del Sistema Ambiental para el Proyecto “Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre”.

- Al **Norte**. - Se delimita por los límites hidrográficos de las microcuencas del Arroyo La Elisa y antiguos afluentes del Arroyo El Aserradero, así como la Subcuenca Nogales.
- Al **Este**. - Se delimita por el camino de Acceso al Complejo Minero Buenavista del Cobre.
- Al **Sur**. - Se define por el área de obras y actividades de la Mina Buenavista del Cobre (tajo de la Mina y tepetateras) y los límites de las microcuencas del Arroyo La Escondida y afluentes del Arroyo La Tinaja.
- Al **Oeste**. - Se delimita por la microcuenca de los afluentes del Arroyo Los Alisos.

IV.3.1. Aspectos abióticos

IV.3.1.1. Clima

Las estaciones climatológicas que se ubican más cerca del sitio de proyecto son la estación Cananea con períodos de registro de datos del año 1951 al año 2010 (SMN, 2018) y Buenavista (enseguida referida como BVC) con diferentes períodos de registro de datos. La estación de Buenavista del Cobre reporta en el caso de precipitación un periodo que comprende los años de 1950 a 2008, los registros de temperatura corresponden a los años de 2004 a 2011 (excepto los años 2008 y 2009 que no se cuenta con los registros) y los datos de evaporación son de los años 1990 a 1996 y los datos de evaporación son de los años 1990 a 1996. En el **Anexo 4.1**, se presenta la metodología empleada para la elaboración del presente apartado. En el **Cuadro 4.2** se muestran las coordenadas de su ubicación, mientras que en la **Figura 4.2** se muestra la localización geográfica de ambas estaciones.

Cuadro 4.2. Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas aledañas a los polígonos forestales del Proyecto.

Estación	Número	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
Cananea	26013	Cananea	30°58'48" N.	110°17'27" W.	1600
BVC	SN	Cananea	30°58'35.94" N.	110°19'13.51" W.	1671

IV.3.1.1.1. Tipo de clima

En el SA se presenta un tipo de clima clasificado como semiseco templado, según la clasificación de Köppen modificada por E. García (1988) y la información proporcionada por INEGI (**Figura 4.2**). A continuación, se presenta la descripción correspondiente a este tipo de clima:

BS1kw(x'), "semiseco templado". Este clima (BS1) es un clima intermedio entre los climas áridos y húmedos, con un cociente de precipitación/temperatura P/T mayor de 22.9, con lluvias en verano y con más del 10.2% de la precipitación anual en el invierno. La temperatura media anual es entre 12 y 18°C; en el mes más frío entre -3 y 18°C; y en el mes más caliente, mayor de 18°C.

IV.3.1.2. Temperatura

Los registros de temperatura media anual presentan una diferencia entre los valores registrados en la estación meteorológica 26013 Cananea y en la estación ubicada en la empresa Buenavista (**Cuadro 4.3**). Para el SA se promediaron los valores registrados para obtener una temperatura media anual en el SA de 16.4°C, una temperatura máxima promedio de 26.6 °C, aunque se registraron temperaturas superiores a 30°C en los meses calurosos; la temperatura mínima promedio es de 7.2°C, bajando hasta temperaturas inferiores a los 0°C en el invierno. Las estaciones del año están bien diferenciadas con cambios de temperatura, los meses más calurosos corresponden con el verano y son de junio y julio; mientras que los meses más fríos son diciembre y enero.

Cuadro 4.3. Temperaturas máximas, mínimas y medias, registradas en las estaciones meteorológicas.

Estación	Temperatura (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Cananea	Máxima	14.5	16.7	17.9	22.4	26.0	32.1	30.8	30.1	28.2	23.9	17.8	14.3	22.9
	Media	8.5	10.3	11.5	15.5	18.7	24.1	23.7	23.6	21.4	17.2	11.8	8.4	16.2
	Mínima	2.5	4.0	5.1	8.6	11.3	16.1	16.6	17.0	14.5	10.4	5.8	2.5	9.5
BVC	Máxima	22.8	23.8	27.7	30.6	34.0	39.0	38.2	33.8	33.5	31.6	27.5	22.9	30.3
	Media	8.5	10.6	13.1	17.4	20.2	24.7	25.5	21.9	21.6	17.3	13.7	7.5	16.6
	Mínima	-4.7	-5.7	-1.0	2.4	6.8	12.7	14.9	15.0	13.0	12.5	-1.3	-6.4	4.6

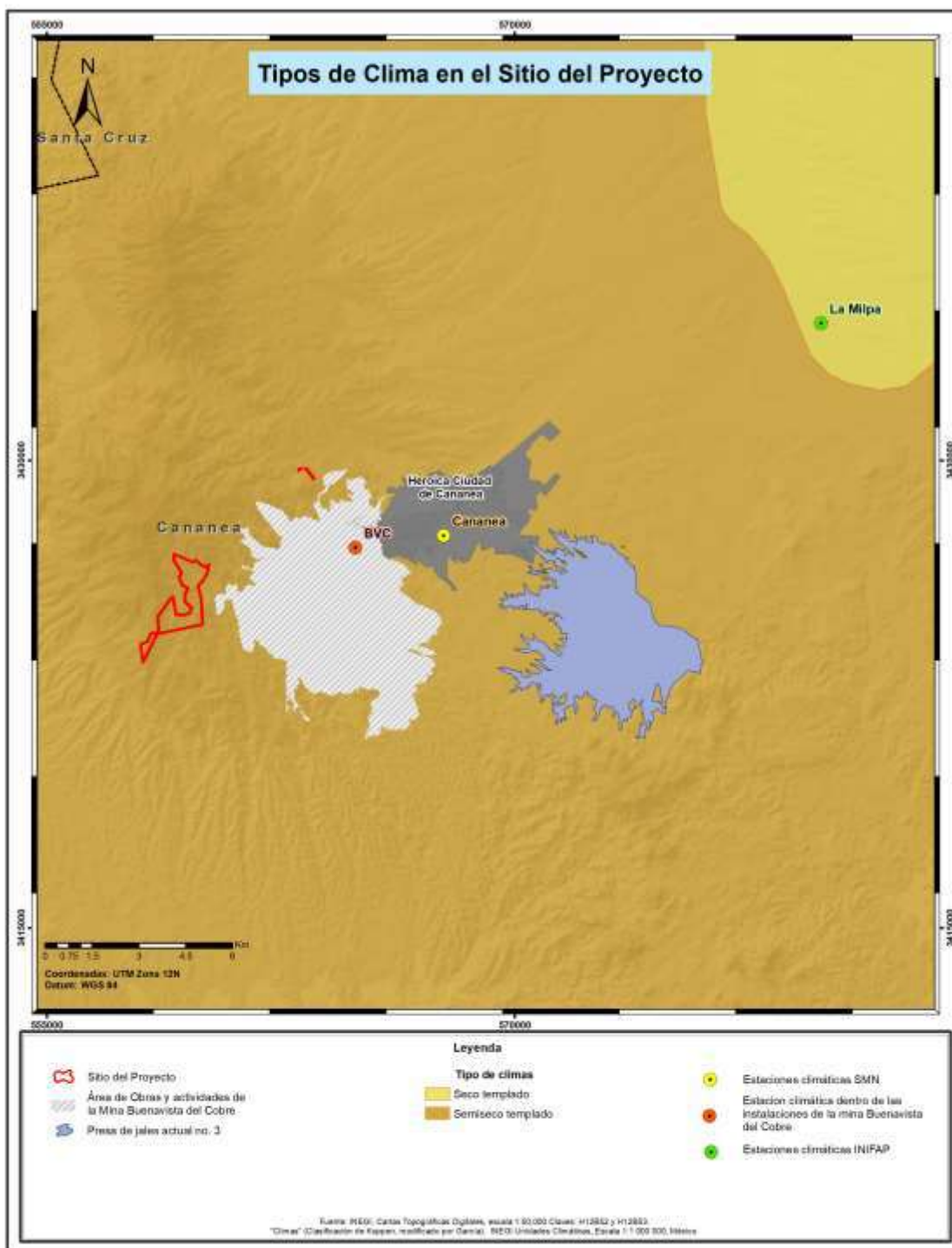


Figura 4.2. Tipos de clima registrados y ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

IV.3.1.2.1. Precipitación y evaporación promedio mensual

La precipitación media anual registrada en las estaciones Cananea y Buenavista, son de 510.7 y 604.8 mm, respectivamente (**Cuadro 4.4**). Los meses más lluviosos son julio y agosto, con valores superiores de 100 mm, mientras que los meses con menor precipitación son abril y mayo (<20 mm).

Cuadro 4.4. Precipitación mensual de las estaciones Cananea y Buenavista.

Estación	Precipitación (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Cananea	Máxima	130.0	105.5	77.0	39.0	38.8	66.6	230.1	159.8	124.0	152.4	105.1	190.0	
	Media	45.5	28.7	24.1	6.2	7.6	17.5	123.9	89.6	56.2	46.1	22.5	42.8	510.7
BVC	Máxima	239.0	131.0	136.1	258.0	46.8	123.0	259.6	253.8	156.5	284.1	199.0	244.8	
	Media	46.9	39.9	27.1	18.6	11.6	24.4	129.4	130.2	55.2	39.3	29.3	52.9	604.8
	Mínima	0.8	0.50	0.5	0.0	0.0	1.0	23.3	20.1	2.8	1.8	0.0	1.3	

Para los datos de la evaporación se reportaron valores con un máximo de 2,371.4 mm registrado en la estación Buenavista. En la estación Cananea se registró un valor de 2,161.1 mm. Los meses con mayor evaporación son mayo y junio, con valores registrados mayores a 300 mm (**Cuadro 4.5**).

Cuadro 4.5. Evaporación potencial promedio mensual reportadas por las estaciones Cananea y BVC.

Evaporación (mm)													
Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Cananea	89.8	115.8	166.7	231.5	301.7	314.5	222.9	189.1	173.3	161.4	110.9	83.5	2,161.1
BVC	85.3	108.9	183.9	278.0	341.8	373.8	289.9	184.9	179.7	169.1	106.6	69.6	2,371.4

En la **Figura 4.3**, se presentan la isolínea de evapotranspiración real, isoyeta, isoterma y la distribución de la humedad en el suelo. La duración del periodo con humedad significativa en el suelo depende principalmente de las unidades geomorfológicas, de las características meteorológicas y de las particularidades edafológicas de la región. En el SA se observa una humedad del suelo con una duración de 5 a 6 meses.

IV.3.1.2.2. Vientos dominantes

Los datos de dirección y velocidad de viento provienen de los registros de dos estaciones consultadas para este apartado: de la estación BVC y de la estación La Milpa, ubicada en el Noreste del SA (**Cuadro 4.6**). En la **Figura 4.3** se puede observar la localización geográfica de las dos estaciones consultadas en este apartado.

Cuadro 4.6. Ubicaciones de las estaciones consultadas para los datos de vientos dominantes.

Estación	Periodo de registros	Latitud	Longitud
BVC	2013-2014	30°58'35.94" N.	110°19'13.51" W.
La Milpa	2013-2018	31°02'26.48"N	110°09'48.46"W

Las direcciones preferentes del viento con velocidades máximas en la estación BVC son de Suroeste-Sureste hacia el Norte en la mayoría del año y hacia Norte-Noroeste para la estación La Milpa (**Figuras 4.4 y 4.5**). En la estación BVC cambia la dirección dominante en los meses de julio y agosto a Norte (hacia Sur). Las velocidades más altas se presentan en esta estación en la primavera (4.5 m/s en mayo), bajando en el verano y otoño (2.61 m/s en agosto y 2.97 m/s en septiembre).

Para la estación La Milpa se reportan velocidades máximas constantes a lo largo del año con un promedio anual de 5.51 m/s (con un máximo en julio con 5.55 m/s y un mínimo en diciembre-enero con 5.48 m/s). Las direcciones y velocidades promedios de los vientos máximos registrados se presentan en el **Cuadro 4.7**.

Cuadro 4.7. Vientos dominantes de velocidad promedio en las estaciones consultadas.

Estación	Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BVC	Velocidad (m/s)	3.54	3.39	4.228	4.43	4.50	4.23	3.00	2.61	2.97	4.03	4.79	4.64
	Dirección	SO-SE	SO-SE	SO-SE	SO-SE	SO-SE	SO-SE	N	N	SO-SE	SO-SE	SO-SE	SO-SE
La Milpa	Velocidad (m/s)	5.48	5.54	5.54	5.52	5.52	5.52	5.55	5.50	5.49	5.48	5.50	5.48
	Dirección	S	S	O	S	S	O	S	S	S	S	S	S

IV.3.1.2.3. Fenómenos climatológicos

En el SA se presentan fenómenos climatológicos como lluvia, neblina, granizo y tormentas eléctricas según registros de la estación Cananea, el número de días promedio mensual se describe en el **Cuadro 4.8**. Para la estación BVC no se registraron los datos de la ocurrencia de estos fenómenos. Otro fenómeno que se presenta principalmente en invierno, son las heladas producidas por una disminución de la temperatura del ambiente hasta 0 grados y nevadas cubriendo con una capa de nieve el suelo, lo cual podría contribuir a la recarga de los acuíferos cuando se deshuela.

Aunque el SA se encuentra lejos de la costa del pacifico si existen fenómenos de lluvias intensas en algunos años causado por la trayectoria de los huracanes o tormentas tropicales cerca de o hasta cruzando los estados de Baja California Sur o Sonora. En el año 2014 se registró una lluvia máxima en 24 horas de 173 mm en Imuris, Son. causado por el huracán Odile que tocó tierra en este día en la costa noroeste de Sonora a 75 km al sureste de Puerto Peñasco.

Cuadro 4.8. Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meteorológicas consultadas (Registros de 1951 a 2010).

Estación	Eventos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Cananea	Lluvia	3.1	2.1	2	0.8	0.9	2	13	9.5	5.2	2.8	2.2	3.5	47.1
	Niebla	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.6
	Granizo	0	0	0.1	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.1	0.4
	Tormenta Eléctrica	0	0	0	0	0.1	0.9	8.2	8	2.4	0.4	0	0	20

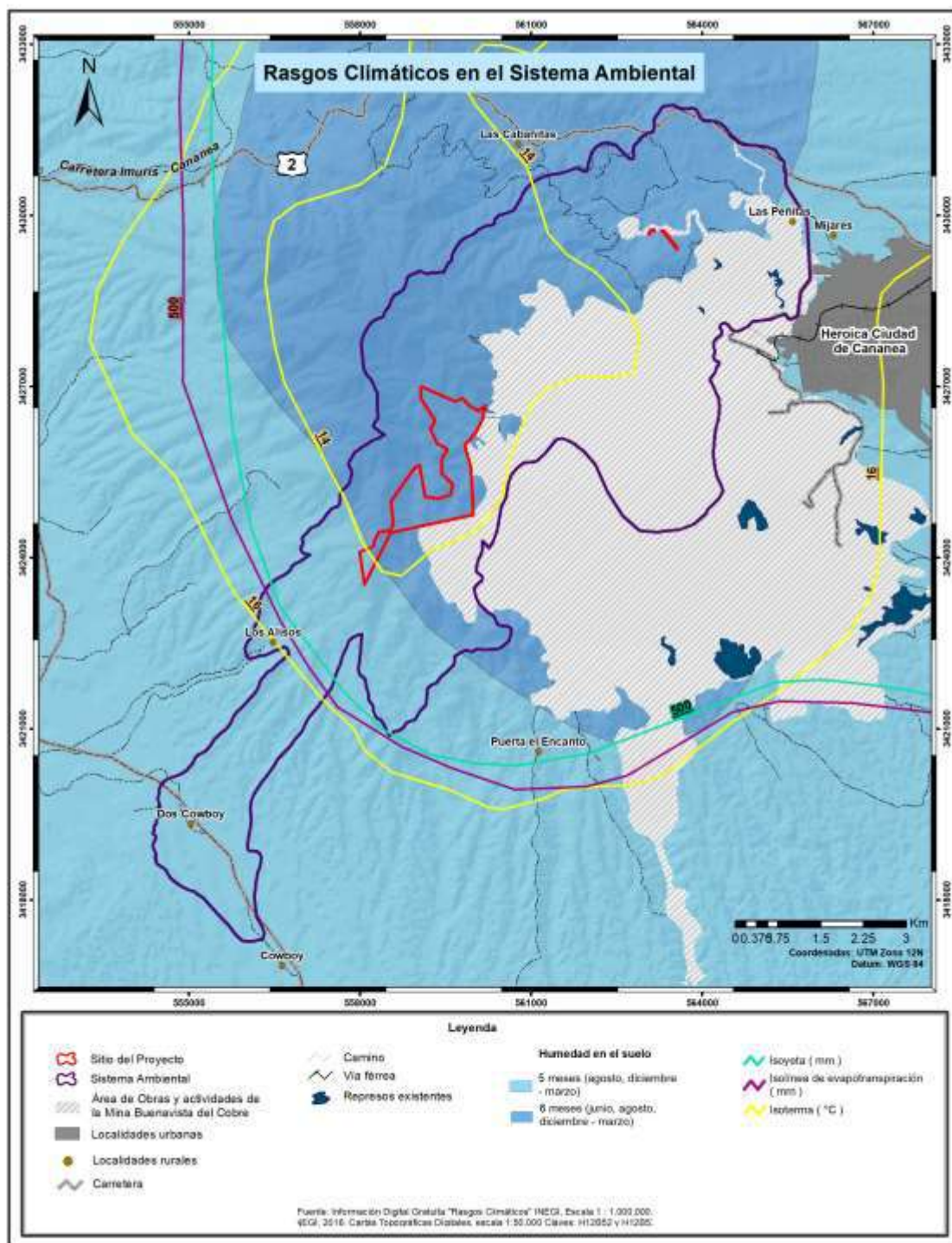


Figura 4.3. Rasgos climáticos en el SA y el Sitio del Proyecto.

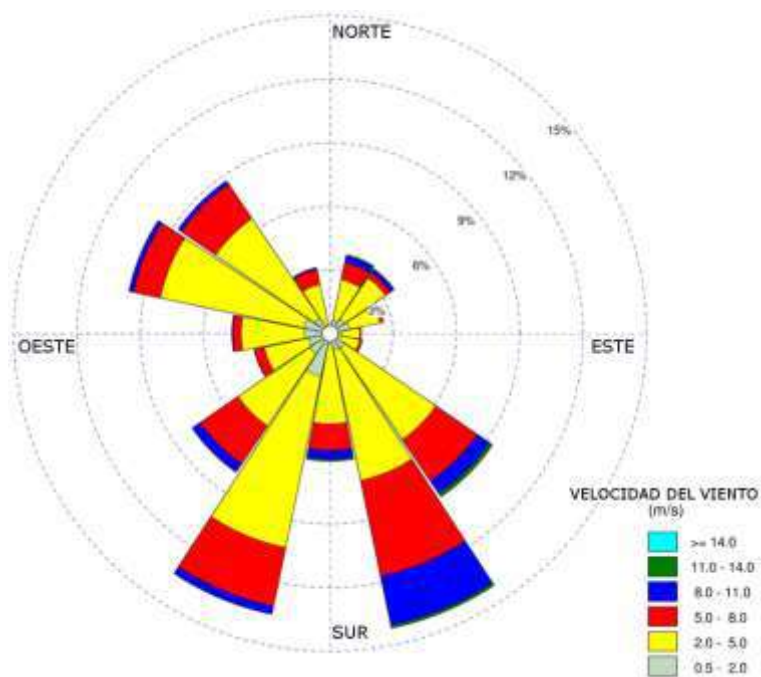


Figura 4.4. Distribución de frecuencia de vientos con velocidades máximas en la estación meteorológica BVC.

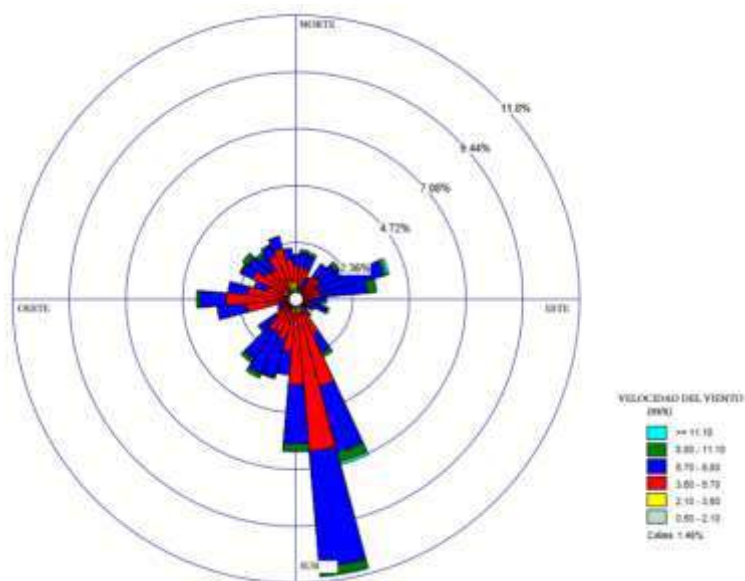


Figura 4.5. Distribución de frecuencia de vientos con velocidades máximas en la estación meteorológica La Milpa.

IV.3.1.2.4. Calidad del aire y ruido

La contaminación atmosférica depende en mayor parte de las actividades humanas las cuales son intensificadas o disminuidas por las condiciones climáticas. Algunos contaminantes causan efectos adversos sobre la salud ocasionando, por ejemplo, enfermedades respiratorias y problemas cardiovasculares (SEMARNAT, 2013). Para el municipio de Cananea se presentan en el **Cuadro 4.9** las emisiones atmosféricas para Óxido de azufre (SO₂), Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV) y para las partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), para el amoníaco (NH₃) y carbón negro. En comparación se presenta las cantidades de emisiones a nivel estatal. En los **Cuadros 4.10** y **4.11** se presentan los inventarios de emisiones de contaminantes por sector SCIAN (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte) y por fuente fija para el año 2008 en el Estado de Sonora (SEMARNAT, 2016a, b).

Cuadro 4.9. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por municipio y estado.

Estado	Municipio	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	Carbón Negro
	Cananea	221.74	86.79	17.23	3,913.41	882.36	4,131.83	135.16	10.11
Sonora		21,829.70	11,736.02	76,632.97	189,574.76	147,018.18	686,646.78	37,703.65	1,135.42

Todos los valores en toneladas

Cuadro 4.10. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por sector SCIAN.

Sector SCIAN	Número de empresas	Contaminante							
		SO ₂	CO	NO _x	COV	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃	Carbón Negro
Minería	12	117.36	80.18	155.00	43.18	1,011.83	242.09	5.19	4.04
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	8	69,589.10	2,961.92	10,995.11	324.01	4,040.36	3,143.97	218.80	226.40
Industrias manufactureras	152	5,297.49	689.40	2,175.60	2,471.27	2,933.61	1,729.56	102.97	28.24
Transportes, correos y almacenamiento	7	0.11	0.18	2.03	1,254.83	0.17	0.17	0.01	0.02
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	12	117.36	80.18	155.00	43.18	1,011.83	242.09	5.19	4.04

Todos los valores en toneladas

Cuadro 4.11. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuente, 2008 (Toneladas).

Tipo de Fuente	Contaminante							
	SO ₂	CO	NO _x	COV	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃	Carbón Negro
Fuentes fijas	75,004.07	3,731.68	13,327.73	4,093.28	7,985.97	5,115.79	326.97	258.71
Fuentes de área	677.51	29,100.85	11,764.46	51,958.10	12,663.67	5,564.27	36,828.76	431.90
Fuentes móviles	587.74	152,028.89	13,009.13	17,396.80	213.47	124.79	547.35	42.23
Fuentes móviles que no circulan por carretera	363.65	4,713.34	9,501.56	1,066.11	966.58	931.17	0.57	402.58
Fuentes naturales	-	-	99,415.30	612,132.49	-	-	-	-

Todos los valores en toneladas

En 2014, Intertek (2014) elaboró para Buenavista de Cobre un informe técnico para la "Evaluación del nivel de emisión de ruido de las fuentes fijas". Para el objetivo de estudio se seleccionaron zonas críticas en las instalaciones de la mina que colindan con la ciudad de Cananea. En el **Cuadro 4.12** se denominan estos sitios con sus respectivos niveles de ruidos. La captación de los ruidos y su evaluación se hicieron conforme con la NOM 181 SEMARNAT 1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. En todos estos sitios donde se monitorearon en horarios diurno y nocturno en condiciones representativas y normales de trabajo, no se rebasaron el valor límite de los horarios mencionados.

Cuadro 4.12. Resultados y comparación de los niveles de ruido.

Zona crítica	Sitio de medición	Nivel de emisión de la fuente fija		Límites máximos permisibles	
		Evaluación diurna	Evaluación nocturna	diurna	nocturna
1	Puerta No. 1	66.19	38.46	68	65
2	Puerta No. 3	53.67	42.51		
3	Área 70	63.49	62.04		
4	La Roca	37.32	40.74		
5	Puerta No. 10	48.24	43.92		
6	Puerta No. 6	62.68	37.68		

IV.3.1.3. Geología y morfología

IV.3.1.3.1. Geología regional

El estado de Sonora forma parte de un arco magmático que se extiende desde Alaska hasta el Noroeste de México, constituido por rocas ígneas jurásicas y variaciones litológicas en diferentes partes del estado que son provocadas por las estructuras tectónicas regionales, como la Megacizalla Mojave-Sonora, la Falla San Antonio y la Falla Los Ajos, las cuales limitan el Altar de Cananea, la Cuenca Bisbee y la Cuenca San Antonio (Rodríguez-Castañeda y Anderson, 2010). El sistema de fallas y el magmatismo son consecuencia de la subducción de la placa Farallón debajo de la placa de Norteamérica y de la apertura del Golfo de California desde el Jurásico Tardío (Rodríguez-Castañeda, 2003). El conjunto de eventos forma una zona orientada Noroeste-Sureste, que se define por la yuxtaposición de rocas precámbricas, paleozoicas y jurásicas. Se reconocen rocas precámbricas en el Alto de Cananea, limitado por las fallas Los Ajos al Noreste y San Antonio al Suroeste. En el Noreste de la Falla Los Ajos se ubica la Cuenca Bisbee, donde se depositaron materiales clásticos del Cretácico pertenecientes al Grupo Bisbee (Rodríguez-Castañeda, 2003). Al Suroeste de la Falla San Antonio y al Noreste de la Megacizalla Mojave-Sonora, se localiza la Cuenca San Antonio, presentando un basamento de rocas ígneas jurásicas de arco magmático. Hacia el Sur de la Megacizalla Mojave-Sonora, el basamento está compuesto por rocas precámbricas con edades de 1,700 a 1,800 Ma (Rodríguez-Castañeda, 2003). En el **Anexo 4.2**, se presenta la metodología empleada para la elaboración de este apartado.4

IV.3.1.3.2. Geomorfología y Fisiografía

El SA se localiza en el Norte de la Provincia Fisiográfica “Sierra Madre Occidental” (Raíz, 1959) (**Figura 4.6**). La Provincia Fisiográfica “Sierra Madre Occidental” es caracterizada por el gran sistema montañoso formado por material volcánico y con altitudes que alcanzan 3,000 msnm (fuera del SA). Sus particulares condiciones geológicas y climatológicas han favorecido la formación de profundos cañones. Esta Provincia Fisiográfica es de tamaño considerable pues comprende partes de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit, Aguascalientes y Jalisco con orientación Noroeste-Sureste.



Figura 4.6. Distribución de las Provincias Fisiográficas en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.

La Provincia, “Sierra Madre Occidental”, está dividida en varias Subprovincias. El SA y el sitio del Proyecto se encuentran en la Subprovincia llamada “Sierras y Valles del Norte” (**Figura 4.6**). Esta Subprovincia está caracterizada por sierras separadas por amplios valles paralelos con orientación Norte-Sur. Las estructuras más altas en la región están caracterizadas por las Sierras de Los Ajos (2,645 msnm), El Manzanal (1,600 msnm), La Elenita (2,490 msnm) y La Mariquita (2,510 msnm). Se nota un decrecimiento en las altitudes del Norte hacia el Sur, donde la Sierra Los Ajos, al Este de Cananea, alcanza una altitud con 2,620 msnm; mientras en el Sur, se registran altitudes de hasta 1,000 msnm.

Se identificó en el SA una unidad geomorfológica la cual se denomina como Sierra Alta (**Figura 4.7**) la cual está caracterizada por un conjunto de sierras, cuyas elevaciones varían de los 1,500 a los 2,500 msnm. Estas sierras se encuentran escarpadas en algunas partes, dependiendo del tipo de roca; las pendientes varían de 15 a 20%. En el SA esta unidad geomorfológica está representada por la Sierra Elenita, cerca de donde se encuentra el sitio de proyecto (**Figura 4.8**).

Al nordeste del SA se localiza el Valle del Río San Pedro (**Figura 4.9**), un amplio y extenso valle con orientación Nor-Noreste - Sur-Suroeste relleno con conglomerados cuaternarios. Este valle tiene aproximadamente 45 km de largo y 34.4 km de ancho en la parte más amplia.

Al Norte del SA se localiza la Sierra La Mariquita (**Figura 4.10**), conformada por rocas de origen volcánico de composición riolítica y tobácea.

El SA presenta características topográficas con pendientes que varían en promedio de 15 a 20% y como máxima porcentajes mayores de 70% (**Figura 4.11**). En el polígono 1 del sitio de proyecto se registran pendientes de 30% en promedio y máximo de 70% (**Figura 4.12**) mientras en los polígonos 2 y 3 del sitio de proyecto se detectan pendientes alrededor de 20% (**Figura 4.13**). El polígono 1 se encuentra en un terreno escarpado y los polígonos 2 y 3 se localizan en un terreno ondulado.

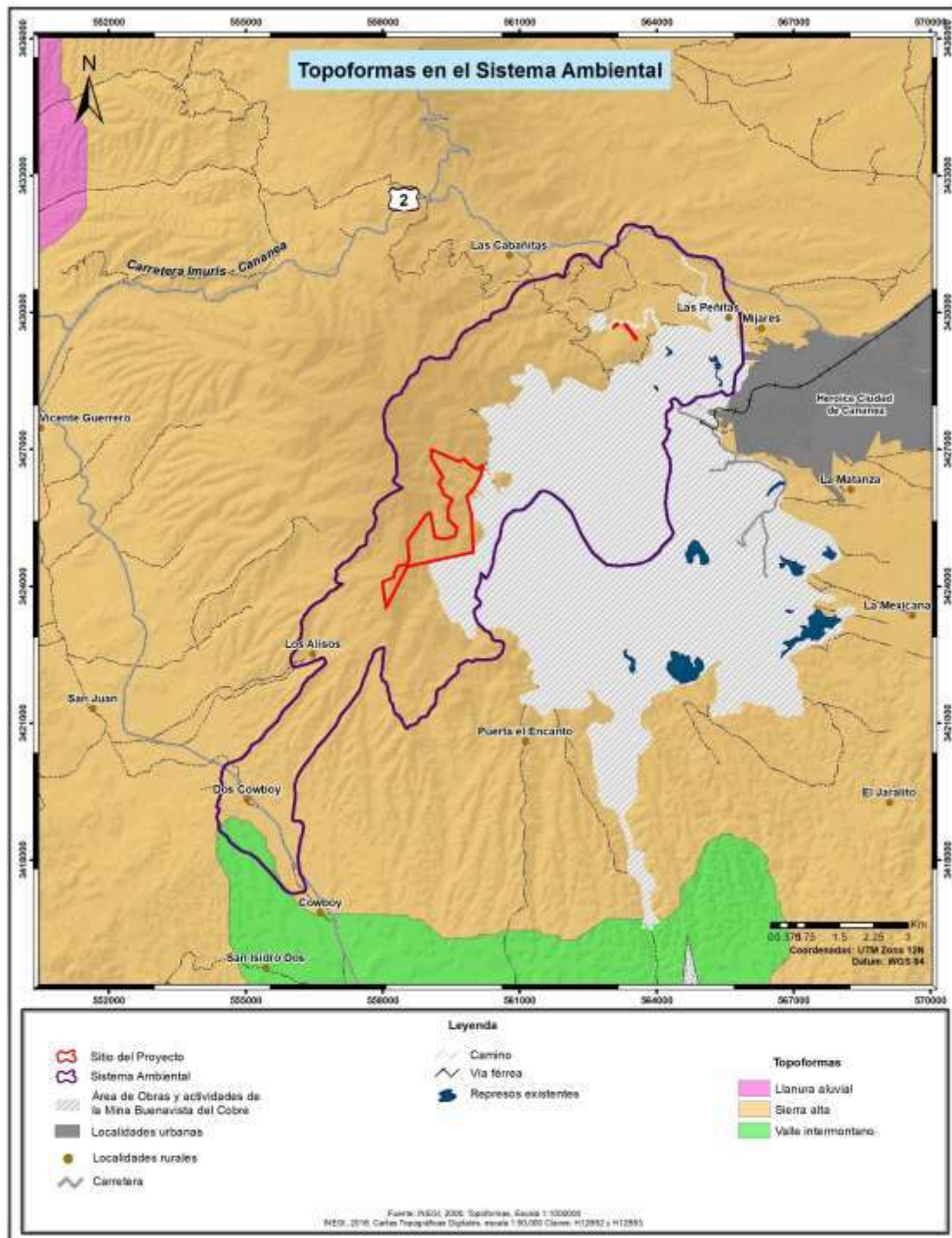


Figura 4.7. Las topoformas en el SA y sitio de proyecto.



Figura 4.8. Apariencia morfológica de la Sierra Elenita.



Figura 4.9. Vista al Suroeste del Valle de Río San Pedro (en el fondo las estribaciones de la Sierra Elenita).



Figura 4.10. La Sierra Mariquita en su extensión septentrional-meridional.

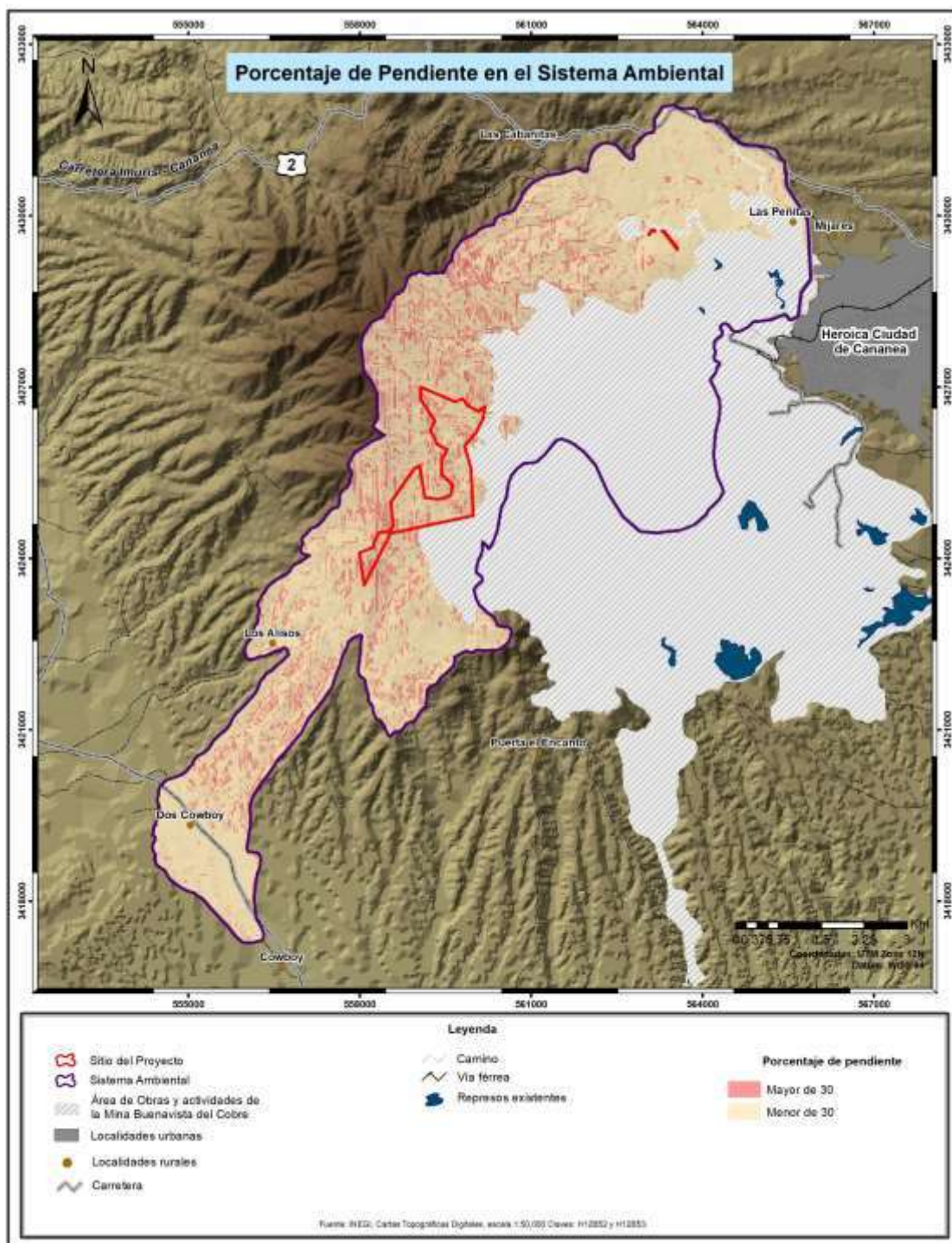


Figura 4.11. El porcentaje de pendiente en el SA y el sitio del Proyecto.



Figura 4.12. Las pendientes pronunciadas de la Sierra Elenita, cerca de donde se ubica el Polígono 1 del sitio de proyecto en el SA.



Figura 4.13. Vista a las estribaciones de la Sierra Elenita en su lado septentrional, donde al pie de la sierra se localizan los Polígonos 2 y 3 del sitio de proyecto.

IV.3.1.3.3. Estratigrafía.

En el SA se encuentran afloramientos de origen sedimentario e ígneo, con edades desde el Precámbrico hasta reciente (Cuaternario). En la **Figura 4.14** se presentan los principales afloramientos.

Las unidades más antiguas en la región se localizan en la Sierra Los Ajos (fuera del SA) y en el distrito minero de Cananea (en el SA) representado por rocas precámbricas las cuales están compuestas por esquistos de biotita y sericita, intrusionados por rocas graníticas con edad de 1,425 a 1,475 Ma (SGM, 2003).

Sobre las rocas del Precámbrico descansan discordantemente unidades paleozoicas que contienen rocas sedimentarias metamórficas (Cámbrico) y sedimentarias continentales y marinas (Cámbrico, Devónico, Carbónico). Estas formaciones geológicas afloran en varias partes de la zona, en especial se conocen sus formaciones en el distrito minero de Cananea. En el SA se encuentran depósitos de caliza del periodo Devónico.

Unidades geológicas del Mesozoico se encuentran en la Sierra Elenita (SGM, 2008) constituido por riolitas y tobas riolíticas de un período volcánico activo (Formación Elenita - Jurásico medio) (**Figura 4.15**). Actividades volcánicas durante el Cretácico permitieron la formación de las rocas volcánicas constituida principalmente por andesitas y tobas andesíticas con algunos horizontes de areniscas (Formación Mesa) que cubren partes del SA en el Centro y Norte y en los polígonos 2 y 3 del sitio de proyecto (**Figura 4.16**). Riolitas y dacitas de la Formación Henrietta afloran en el Sudeste del SA (SGM, 2008).

Las unidades geológicas de edad Cenozoica están representadas por rocas ígneas intrusivas que se encuentran principalmente hacia la porción Sur del SA. En especial, se puede diferenciar granodioritas y tonalitas de la Formación Cuitaca y dioritas las cuales correlacionan con el emplazamiento del Batolito Laramide de Sonora, una unidad calcoalcalina de composición granodiorítica-tonalítica. Estas dioritas cubren por completo el polígono 1 del sitio de proyecto (**Figura 4.17**).

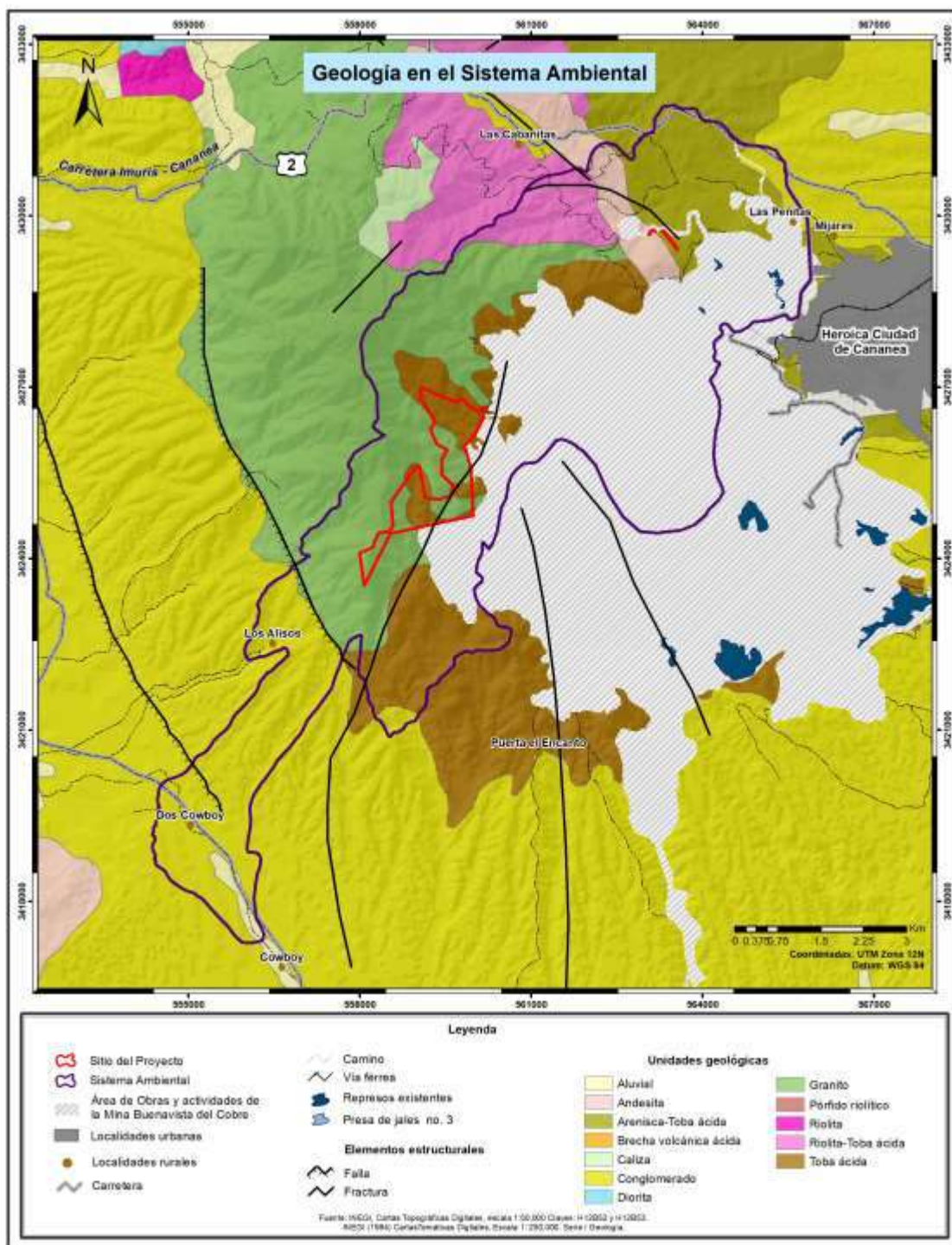


Figura 4.14. Geología (unidades estratigráficas) en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.



Figura 4.15. Afloramiento de riolitas jurásicas en el noroeste del SA.



Figura 4.16. Corte en el camino, descubriendo las andesitas de la formación Mesa.



Figura 4.17. La textura de la diorita en el polígono 1 del sitio de proyecto. Se aprecia la composición de la roca con plagioclasas y hornblendas.

El periodo Plioceno está caracterizado por el relleno de las cuencas tectónicas por sedimentos continentales detríticos formando conglomerados y areniscas provenientes de la erosión de las rocas circundantes (CONAGUA, 2010). Estos depósitos rellenaron las fosas de Bacanuchi y Cocóspera las cuales se encuentran en el suroeste del SA. Del cuaternario existen depósitos de grava, arena y aluviones cubriendo las partes bajas de los valles y los arroyos en el sur del SA y en el valle de Rio San Pedro en el nordeste.

Los plutones Laramídicos que se encuentran en la región son equigranulares, constituidos de granodioritas, cuarzomonzonitas y granitos (SGM, 1999). Investigaciones recientes en la zona de explotación, establecieron que el pórfido de cobre, la brecha y la mineralización tipo skarn en el distrito está relacionado con pórfidos cuarzo-feldespáticos. La edad de pórfido mineralizado con el método K-Ar es entre 59 ± 2 Ma a 54 ± 2 Ma (SGM, 2003). La mayoría de los depósitos de pórfidos de cobre son de la edad Larimídica y están ligados al emplazamiento de plutones de composición granítica y granodiorítica; constituidos por

depósitos de cobre asociados con molibdeno. Las reservas que tienen estos yacimientos se encuentran entre las más importantes del mundo y por consiguiente del nuestro país.

En el SA se encuentran yacimientos metasomáticos de plomo y zinc que son de la edad Larimídica, y se asocian con minerales de cobre e intrusiones graníticas (Cananea, El Tecolote, San Felipe y Cerro Cabullona). Los yacimientos en veta originados por soluciones hidrotermales son postlarimídicos y se encuentra por lo general asociados a rocas volcánicas del Cenozoico, aunque también están encajonados en rocas sedimentarias marinas.

En el sitio de proyecto se realizó Geovisa (2016) (**Anexo 4.3**) un estudio geotécnico para conocer las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, así como su permeabilidad y resistencia, condiciones de fisuramiento y fracturamiento en los lugares donde están contempladas la construcción de los tres repesos derivaderos El Aserradero, Los Alisos y La Tinaja – El Encanto. Los resultados sirvieron como base para determinar el tipo y proceso de cimentación más adecuado para cada una de las repesos derivadoras.

Se realizaron seis sondeos profundos, dos en cada sitio, del tipo inalterado continuo, hasta profundidades que variaron entre 11.0 y 12.0 m, recuperando núcleos de roca en forma continua a fin de determinar en laboratorio las propiedades básicas. Los ensayos de permeabilidad se determinaron según las condiciones de alteración de la roca, bajo este esquema, se contempló realizar 12 ensayos de tipo Lugeon; en tramos de 4.2 a 5.0 m (cámara filtrante), alcanzando profundidades variables de entre 5.70 a 12.0 m. Durante el desarrollo de estos sondeos, en nivel de agua freática (NAF), no fue detectado en ninguno de los sitios explorados. A continuación, se presentan los resultados de los trabajos geotécnicos realizados sobre los ejes de las cortinas de los repesos derivadoras.

Condiciones Geotécnicas del Área de “El Aserradero”

La cortina se asentará sobre rocas metamórficas de buena calidad. Las condiciones del terreno son las siguientes:

Skarn de Granate: Cubriendo la mayor parte del sitio de estudio, se detectó la unidad de rocas metamórficas formada a partir del intrusivo pórfido riolítico mostrándose en colores gris verdoso en estado poco alterado a sano, exhibe un microfracturamiento irregular sin

orientación relleno por calcita y arcilla con presencia de oxidación, de estructura compacta de alta resistencia [T_{SKA}]. El índice de calidad, RQD, de esta unidad quedó comprendido entre 60 y 100%, guardando en general buena calidad. El coeficiente de permeabilidad en este horizonte presentó valores bajos, del orden de 7.98×10^{-5} a 1.00×10^{-6} cm/s (0 a 2 UL).

Condiciones Geotécnicas del Áreas de “Los Alisos”

La cortina quedará asentada principalmente sobre rocas ígneas riolíticas [JmR-TR] y graníticas [pTmGr]. Las condiciones del terreno son las siguientes:

Riolita fracturada: Este horizonte superficial se encuentra presente en toda el área de estudio, poco alterada, color gris medio, textura porfídica, vítrea, exhibe un alto fracturamiento con intensa silicificación y argilitización moderada, resistencia alta. El RQD, varía entre 0 a 70%, mientras que su coeficiente de permeabilidad presentó valores altos del orden de 8.69×10^{-4} a 9.18×10^{-4} cm/s (22.0 a 23.0 UL).

Granito: Bajo el horizonte riolítico, se detectó roca de origen ígneo intrusivo color pardo rojizo claro a medio, textura porfídica, poco alterado a sano, presenta fracturamiento irregular sin orientación definida rellenas por arcilla, mediana resistencia. El índice de calidad de roca varía entre 0 a 83%; su coeficiente de permeabilidad en este horizonte presentó valores bajos del orden de 1.24×10^{-4} a 8.17×10^{-5} cm/s (2.0 a 3.0 UL).

Condiciones Geotécnicas del Área de “La Tinaja-El Encanto”

La cortina quedará asentada sobre rocas granodioritas [pTmGr][TpaD].

Granodiorita: Cubriendo el área de estudio, se detectó un horizonte de roca ígnea intrusiva, gris verdoso, de textura porfídica, estructura masiva, en estado poco alterado, exhibe fracturación subvertical con arcilla en sus juntas y presencia moderada de oxidación, consistente, mediana resistencia; con valores de RQD de 28 a 79%. El coeficiente de permeabilidad es moderado a bajo, del orden de 2.07×10^{-4} a 8.27×10^{-4} cm/s (5.0 a 20.0 UL). Adicionalmente, en esta zona se detectó en el sondeo 5IC-S5-PDEE una falla geológica que corta y se extiende por el macizo, provocando intensa alteración, mala calidad y presencia de un alto grado de arcilla, debido a la ausencia de un estudio geológico de detalle se desconoce su comportamiento. El espesor de esta falla es de 2.70 m.

IV.3.1.3.4. Presencia de fallas y fracturas.

La mayor parte de la región está afectada por una tectónica compresiva y distensiva. La estructura geológica más notable en la región está asociada con la intrusión batolítica de edad Cretácico que elevó toda la región al poniente de la Sierra Madre Occidental. El levantamiento de esta zona por el batolito y los procesos orogénicos, así como el subsecuente ajuste de los bloques en forma escalonada del continente hasta el Golfo de California, formaron fallas en dirección Noroeste-Sureste (Falla Río Sonora y la Calera), limitando a la fosa Jenoverachi, y en dirección Norte-Sur limitando a las fosas Bacanuchi y Cocóspera (Falla Bacanuchi, Falla Conitaca - ambas del tipo normal) (CONAGUA, 2010; SGM 1999, 2003). El Valle del Río San Pedro se encuentra afectado por estos eventos, presentando anticlinales y sinclinales en dirección de Oeste-Noroeste - Este-Sureste (CONAGUA, 2002).

La deformación laramídica afectó moderadamente a las rocas más antiguas del Complejo Volcánico Inferior en Sinaloa y a rocas volcánicas del Cretácico en Chihuahua central. En su fase final (Paleoceno y Eoceno temprano), se desarrollaron fracturas de tensión orientadas Este-Oeste a Este-Noreste-Oeste-Suroeste que contienen los principales depósitos de pórfidos cupríferos de la Sierra Madre Occidental.

Las estructuras más antiguas en el distrito consisten en fallas de poco desplazamiento, orientadas Oeste-Noroeste y Noreste, mismas que localmente proporcionan los diques porfídicos y la mineralización. En la parte central del SA se detectó una falla normal (Falla Capote) con dirección Este-Oeste separando la formación Mesa de los granitos precámbricos al norte.

IV.3.1.3.5. Susceptibilidad a sismos, deslizamiento y derrumbes.

La actividad sísmica en la República Mexicana es el resultado de la interacción de las placas de Cocos, Norteamérica, Rivera y del Caribe. El SA presenta escasas probabilidades de riesgo por sismo, ya que se ubica dentro de la región penisísmica, donde el riesgo de daños es escaso (**Figura 4.18**). Durante el período de 2010 a 2018 se registraron dentro de 100 km alrededor del SA, 236 sismos de baja magnitud, de 2.8 a 4.2 (SSN, 2018).

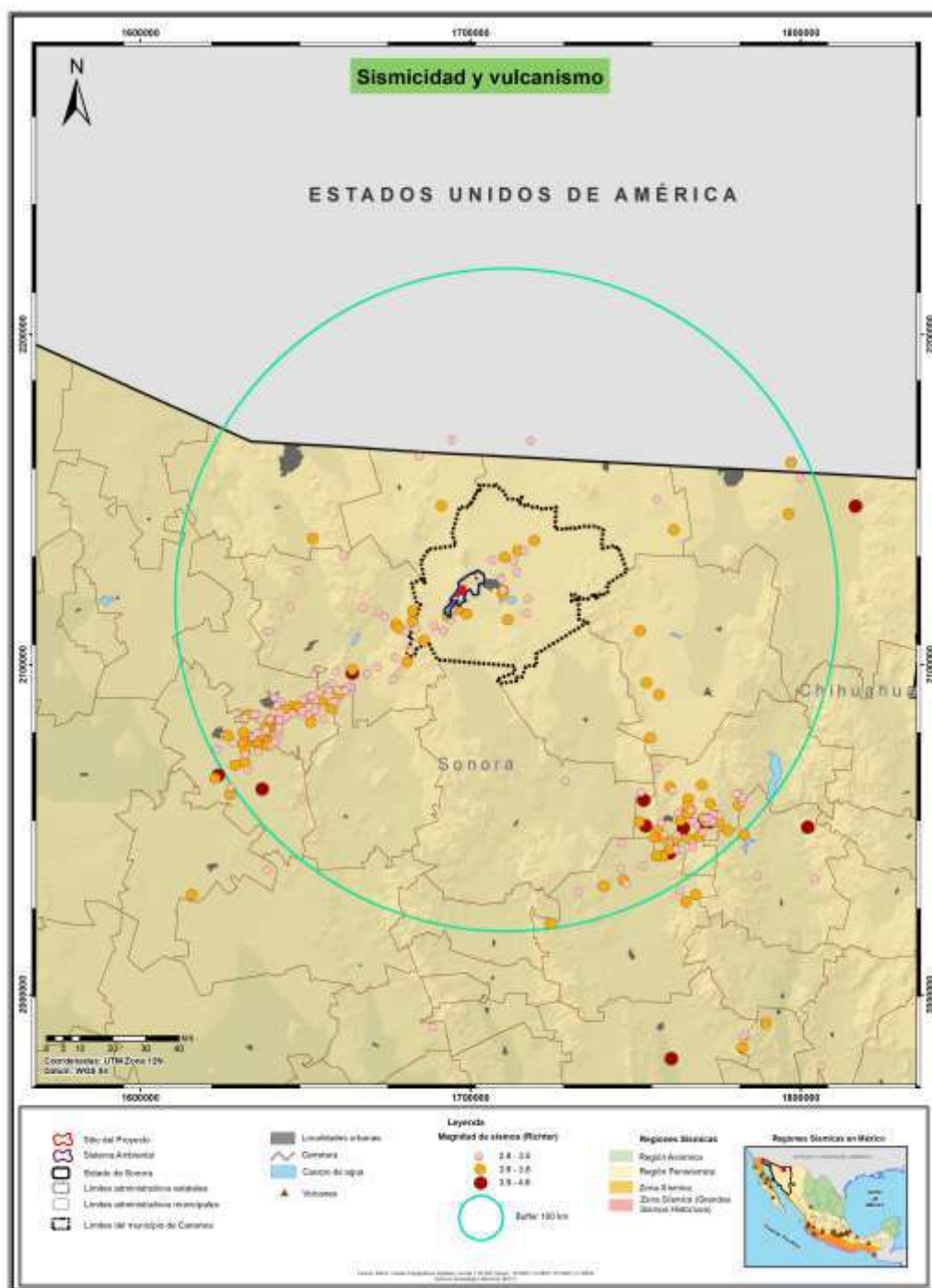


Figura 4.18. Sismicidad y vulcanismo en el entorno del SA.

De igual manera, el sitio del Proyecto no tiende a inundarse debido a la pendiente que representa la topografía y las características climáticas de la zona. No obstante, en casos de precipitaciones máximas se pueden generar aumentos de la escorrentía de forma turbulenta y en el volumen arrastrado y con ello la probabilidad del arrastre de sedimentos. De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos y la ubicación geográfica de la zona donde se ubica el SA y el sitio del Proyecto, no se presenta susceptibilidad a fenómenos tales como deslizamientos, derrumbes u otros movimientos de tierra. Pero por la topografía del terreno en el SA con las laderas pronunciadas se presenta una media a alta susceptibilidad a la inestabilidad de laderas en este lugar.

IV.3.1.4. Tipos de Suelo

La composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por el relieve del área y por los procesos resultantes de las actividades humanas. Dentro del SA se identificaron 4 tipos de suelo los cuales se distribuyen según la topografía (**Figura 4.19**) y el material parental. En el SA y casi todo el sitio del Proyecto, se encuentra el tipo de suelo Phaeozem el cual ya se encuentra afectado por las actividades de la mina y existe en el SA solamente en manchas alrededor del terreno ocupado por la mina. En una franja del Noroeste hacia SW y el resto de la superficie del sitio de proyecto se desarrolló el Leptosol, mientras el Luvisol y el Planosol se localizan en el Sur del SA. A continuación, se presenta una descripción breve de las principales características de los tipos de suelo encontrados en el SA. Estos datos corresponden a los estudios de INEGI y de la Food and Agriculture Organization, FAO, (IUSS, 2007).

El tipo de suelo **Phaeozem (PH)**, es un suelo de zona esteparia que se desarrolla en climas semiáridos a húmedo. Este tipo de suelo se caracteriza por una transición en la dominancia de procesos de acumulación en formación de suelos a una dominancia de procesos de lixiviación (**Figura 4.20**). Es un tipo de suelo rojizo de regiones de praderas con alta saturación de bases, pero con signos de acumulación de carbonatos secundarios no visibles. El material parental tiene su origen por la acumulación de sedimentos eólicos u otros materiales no consolidados finos. Su principal distintivo es una capa superficial oscura, suave

y rica en materias orgánicas y nutrientes. Es muy fértil, con un alto nivel productivo en la agricultura y ganadería, cuando se encuentra en terrenos planos. La vulnerabilidad de suelo está caracterizada por una erosión eólica en temporada de sequía y erosión hídrica en temporada de lluvia torrenciales. Las características hidrológicas de los Phaeozems son fundamentadas por la acumulación de arcilla, con mejores disposiciones de almacenamiento de agua. El suelo Phaeozem ya se encuentra fuertemente impactada por las actividades de la operación de la mina (**Figura 4.21**).

El tipo de suelo **Leptosol (LP)**, incluye suelo con minerales influenciados por su ubicación topográfica-fisiográfica. Son tipos de suelo someros sobre roca dura o material altamente calcáreo, compuesto de varios tipos de rocas o material no consolidado con menos de 10 % de tierra fino, hasta una profundidad de 25 cm donde se empieza la roca dura. Se encuentran principalmente en tierras de mediana altitud o una topografía altamente disectada, particularmente en áreas fuertemente erosionadas. Por la poca profundidad de suelo son poco atractivos para cultivos de arado y tienen un potencial limitado para producción de cultivos de árboles o extensos pastizales. Su mejor apariencia es bajo bosques. Hidrológicamente tienen buen drenaje superficial, la retención de agua es por el mínimo contenido de material fino limitado. La erosión es considerable cuando se trata de un área sobreexplotada ambientalmente con el deterioro de los bosques o vegetación y por afectaciones debidas a actividades de origen humano.

El tipo de suelo **Luvisol (LV)** presenta un color pardo-grisáceo y es característico de las regiones templado-húmedas. El suelo muestra evidencias de redistribución de arcilla y/o materia orgánica. Son tipos de suelo ricos en bases con un claro horizonte de acumulación de arcillas y se caracterizan por un contenido mayor de arcilla en la capa subsuperficial por la migración de arcillas como resultado de procesos pedogenéticos creando un horizonte subsuperficial árgico con arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases. Estos suelos derivan de una variedad de materiales no consolidados como till glaciario, y depósitos eólicos, aluviales y coluviales y se constituyen en tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas (por ejemplo, Mediterráneas) con estación seca y húmeda marcadas. Son suelos fértiles en la mayoría y apropiados para usos agrícolas como cultivos de granos pequeños, remolacha azucarera y forraje.

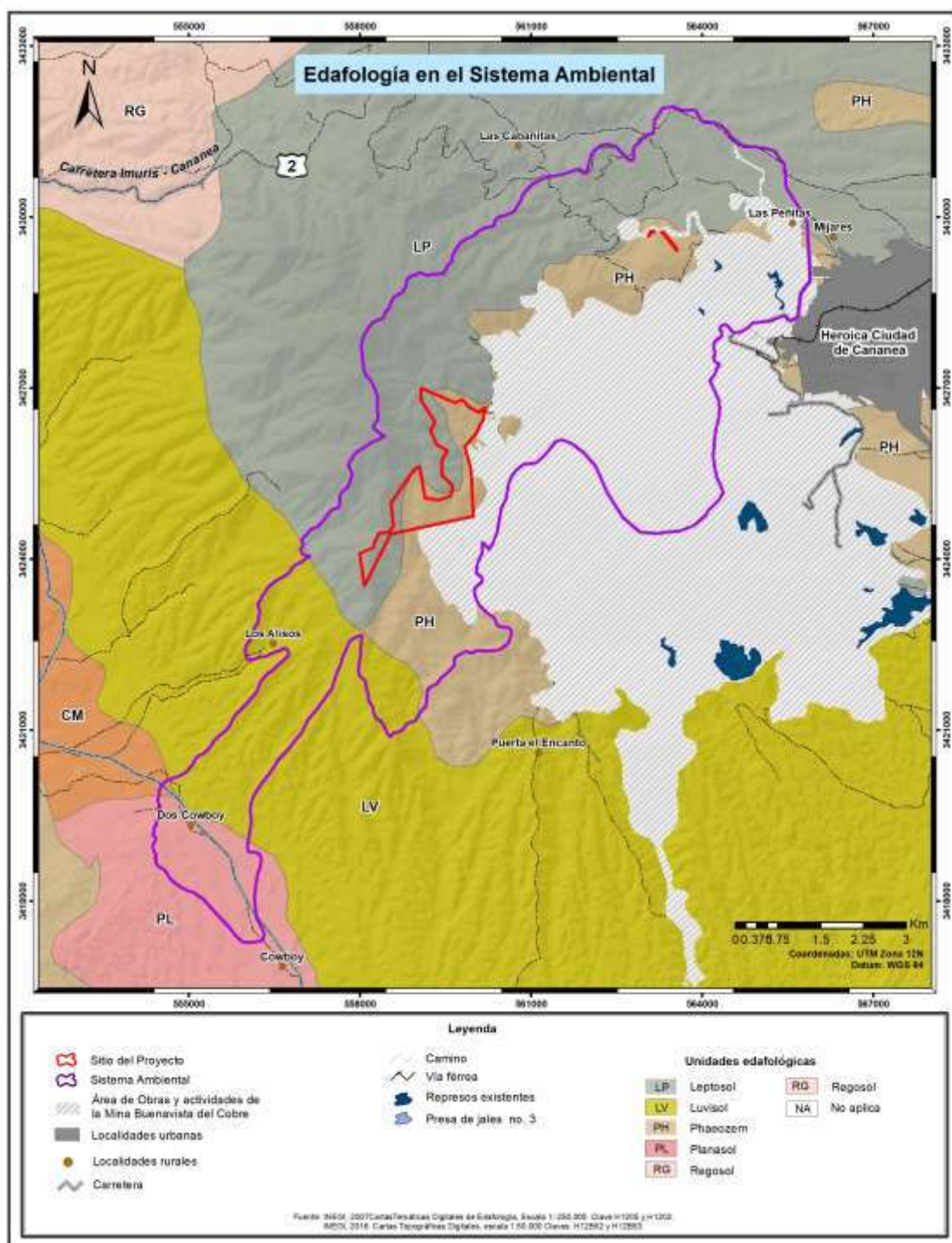


Figura 4.19. Principales unidades edafológicas en el Sistema Ambiental del Proyecto.



Figura 4.20. El suelo Phaeozem en el SA con una capa superficial oscura y capas subsuperficiales pálidas las cuales fueron originadas por los procesos de lixiviación.



Figura 4.21. Vista a la Mina Buenavista del Cobre con el área afectada por las actividades y operaciones de la mina impactando el área central y oriental del SA.

Planosol (PL). Contienen un horizonte superficial grueso de color claro, con signos de estancamiento periódico de agua, suprayaciendo abruptamente un subsuelo denso con alto contenido de arcilla. El material parental consiste de depósitos aluviales y coluviales arcillosos, lo cual se encuentra en áreas planas principalmente en regiones subtropicales y templadas, semiáridas y subhúmedas estacionalmente o periódicamente saturados. El uso de suelo se limita a la vegetación de bosque liviano o pastos escasos por la profundidad de la capa superficial que delimita el crecimiento de las raíces hasta la capa densa.

Los suelos de la región están afectados por erosión hídrica, que causan una pérdida de suelo; De la O *et al.*, (2009) reportan para la erosión hídrica un valor de 355 t/ha por año y para la erosión eólica 5.5 t/ha por año. Según lo establecido por el INE, la SEMARNAT y la Universidad Autónoma Chapingo (2002) se considera una erosión hídrica muy severa para la zona (mayor de 200 t/ha por año).

Todos los tipos de suelos definidos en la SA están sujetos a la vulnerabilidad ante la erosión eólica y/o hídrica según las condiciones climáticas y la topografía (**Figura 4.22**). INEGI (2014) determinó la erosión del suelo a nivel nacional. En el SA se describe principalmente una erosión hídrica laminar leve (HL1) en el Norte y Sur del SA acompañada con la formación de surcos en el centro del SA (**Figura 4.23**). Gran parte del SA donde se encuentra la vegetación natural la erosión es mínima. En las instalaciones de la mina la erosión es clasificada como antrópica.

SEMARNAT evaluó información en respecto a la degradación de suelo al año 2003 (SEMARNAT y CP, 2003) donde gran parte del SA está afectado por una degradación física extrema de suelo causada por la urbanización y actividades industriales en la región en lo cual el suelo se perdió la función productiva (**Figura 4.24**). Solamente en las altitudes de la Sierra Elenita se encuentra el suelo no afectada.

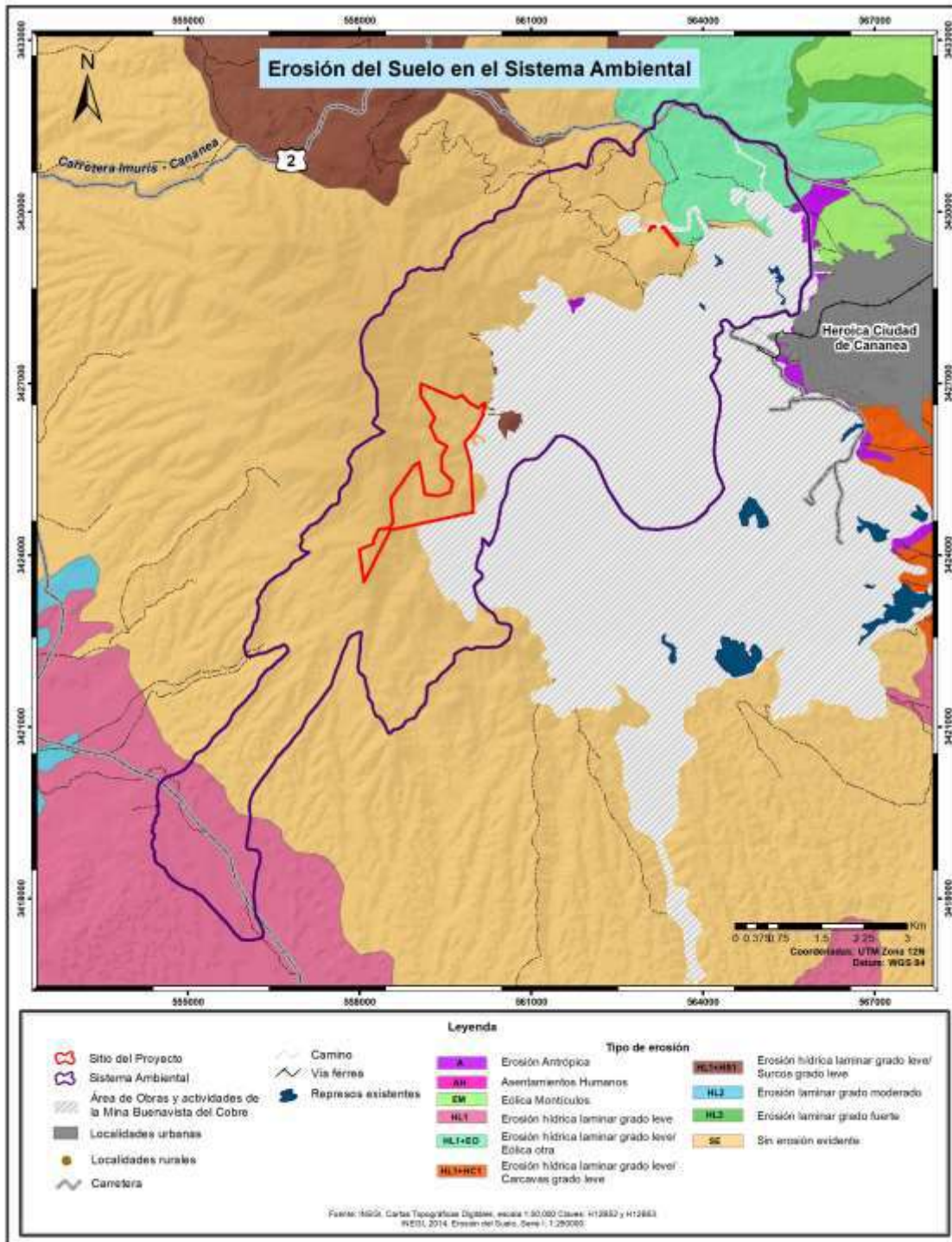


Figura 4.22. Erosión del suelo en el SA y el sitio del Proyecto.



Figura 4.23. El desarrollo de surcos en el SA causado por los eventos pluviales.

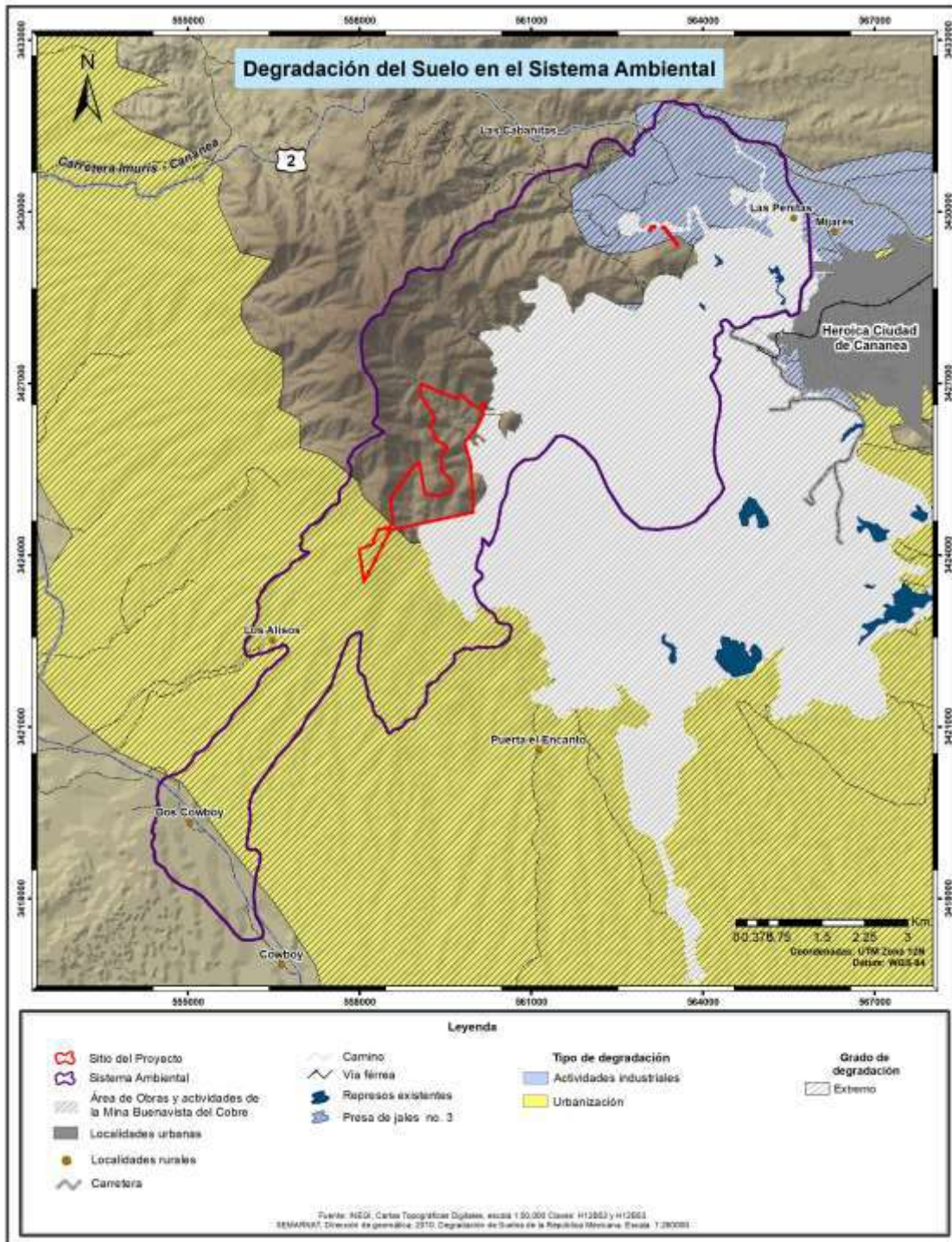


Figura 4.24. Degradación de suelo en el SA y el sitio del proyecto.

IV.3.1.5. Hidrología superficial y subterránea

IV.3.1.5.1. Hidrología Superficial

Una región hidrológica está definida como un sistema integral y funcional, constituido por factores físicos, biológicos y socioeconómicos. El país está dividido en 37 Regiones Hidrológicas (RH). En el estado de Sonora, se encuentran 5 regiones hidrológicas; la mayor proporción de la superficie, la ocupan la RH 8 “Sonora Norte” y la RH 9 “Sonora Sur”. Las otras 3 RHs ocupan menores porciones del estado y se encuentran una en el Noroeste, en el límite con el estado de Baja California (RH 7 “Río Colorado”); la segunda en el Sur, en el límite con Sinaloa (RH 10 “Sinaloa”); y la tercera en la porción Noreste, en el límite con el estado de Chihuahua (RH 34 “Cuencas Cerradas de Norte”). En el **Anexo 4.4**, se presenta la metodología descriptiva empleada para la elaboración de este apartado.

El SA, se ubica en el límite de 3 cuencas hidrológicas, Río Sonora (RH9D), Bacanora – Mejorada (RH07A) y Río Concepción- Arroyo Cocasera (RH08B); de las cuales la tercera cuenca ocupa solamente una mínima parte del SA en el suroeste (**Figura 4.25**). Las 3 cuencas forman parte de 3 diferentes Regiones Hidrológicas; la primera pertenece a la RH 9 “Sonora Sur”; la segunda a la RH 7 “Río Colorado” y la tercera a la RH 8 “Sonora Norte”. Las subcuencas hidrológicas correspondientes son la subcuenca R. Bacanuchi (RH09Dd), la subcuenca Nogales (RH07Ac) y la subcuenca A. Cocasera (RH08Bf). Los polígonos del sitio de proyecto se ubican en la subcuenca hidrológica R. Bacanuchi (Polígono 1) y en la subcuenca Nogales (polígonos 2 y 3) donde se encuentran en la ladera oriental y nororiental de la Sierra Elenita. El drenaje fluvial que presenta la sierra es de tipo radial con escurrimientos en diversas direcciones. Aguas abajo la red de drenaje convierte a sub-dendrítico en especial en la subcuenca Nogales.

La subcuenca hidrológica Bacanuchi cuenta con un área de captación de aproximadamente 1,431 km²; su red de flujo nace en las cercanías de Cananea, como producto de los escurrimientos del flanco occidental de la Sierra El Manzanal y de la Sierra Elenita al Norte, manteniendo un caudal constante hasta su confluencia con el río Sonora. El río Bacanuchi corre con rumbo Noroeste-Sureste, manifestando un drenaje del tipo dendrítico

subparalelo, contando con algunos almacenamientos de agua superficial para uso pecuario, los cuales son en general pequeños y muy aislados. En el SA se encuentran los arroyos intermitentes El Aserradero, los Alisos, la Tinaja-El Encanto (**Figura 4.26**) y el arroyo Agua Escondida los cuales tienen su inicio en la Sierra Elenita y confluyen al sur del SA para formar del Arroyo Chifón el cual se incorpora aguas abajo al río El Bacanuchi.

La subcuenca hidrológica Nogales; con una superficie de aproximadamente 2,800 km² se comprende los municipios de Cananea, Naco y Santa Cruz. El río principal de la subcuenca es el Río San Pedro. Esta corriente fluye hacia el Norte hasta su desembocadura en el Río Gilaen Winkelman, al Sureste de Phoenix, Arizona. Su distancia de recorrido es de 250 km, de los cuales 65.6 km se encuentran en el estado de Sonora.

En el norte del SA convergen los escurrimientos de la Sierra Elenita a la cañada La Elisa (**Figura 4.27**) y al arroyo Cananea Vieja las cuales confluyen con el arroyo Barrilito. La dirección principal de flujo es de oeste al este. El arroyo El Barrilito contribuye al nordeste de Cananea al arroyo El Riíto, que es tributario del Río San Pedro. Los arroyos son de tipo torrencial por la posición topográfica en que se encuentran. En las temporadas de lluvias ordinarias presentan un caudal constante.

La tercera subcuenca que forma parte del SA se encuentra en la Región Hidrológica 8 "Sonora Norte". Esta subcuenca hidrológica A. Cocospera abarca un área de 1,551.55 km². Una parte de su red de drenaje nace en las Sierras Elenitas y Mariquita. El río principal de la subcuenca es el Río Cocóspera el cual con el nombre Río Babasac se confluye hacia poniente con el Río Bambuto en el Sur de la ciudad Imuris para formar el Río Magdalena. En el SA se encuentra los afluentes intermitentes Los Alisos y El Jabalí los cuales con rumbo suroccidental (**Figura 4.28**) se drenan al Río Cuitaca el cual con rumbo norte se descarga en el arroyo Cocóspera cerca del pueblo Cuitaca al norte de la Carretera Federal 2 Imuris - Cananea.

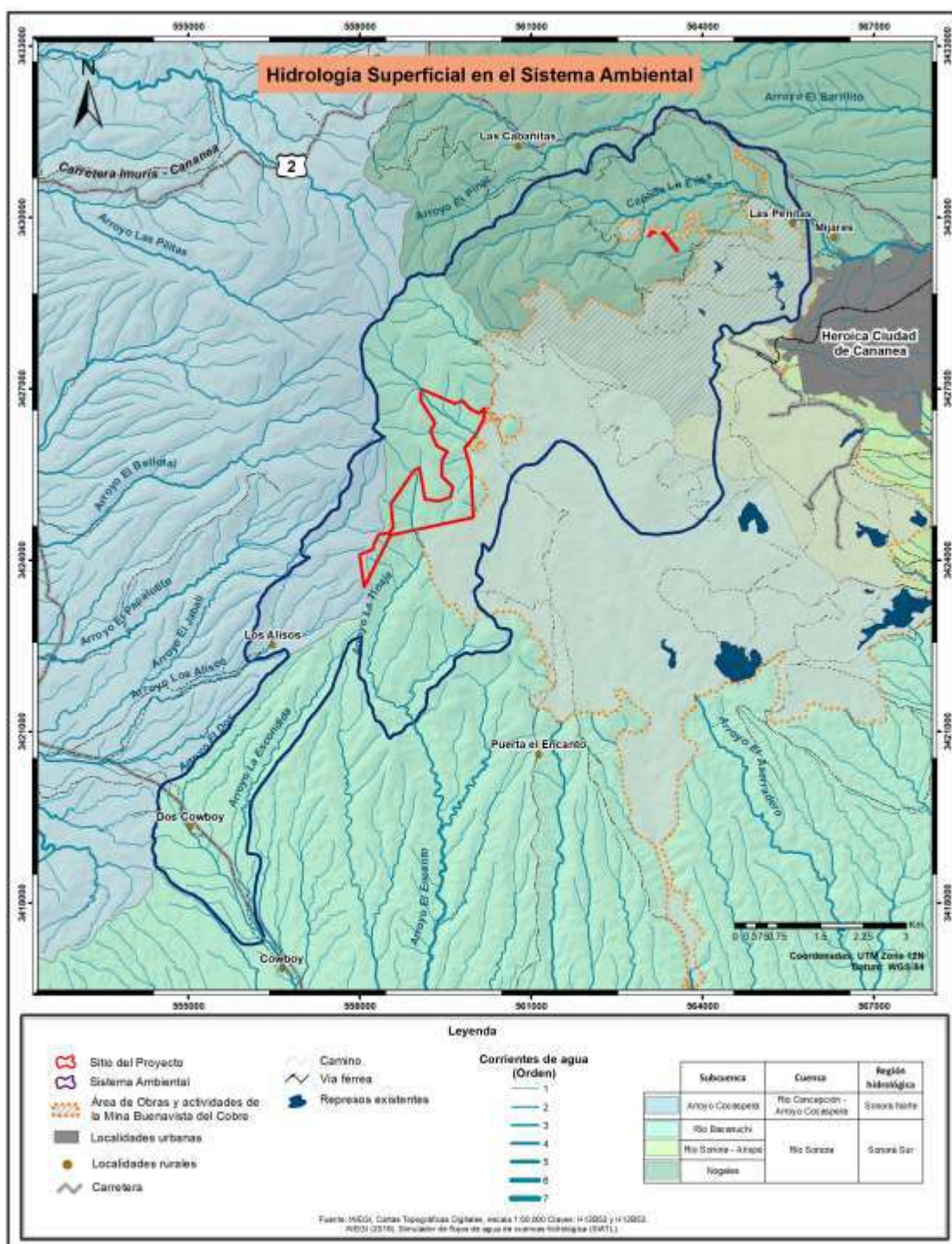


Figura 4.25. Hidrología Superficial en el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto.



Figura 4.26. Vista al SA y sitio de proyecto ,donde nace el arroyo La Tinaja.



Figura 4.27. La Cañada La Elisa, en el nordeste del SA y del Sitio del Proyecto.



Figura 4.28. Vista a la subcuenca hidrológica A. Cocaspera hacia Suroeste.

Cabe destacar que, de acuerdo a una revisión de las condiciones físicas de los arroyos del SA realizada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en noviembre 2011 y en el agosto de 2012, se estableció que los arroyos que se localizan en el SA no son considerados como cauces federales (Oficios No. BOO.R.03.07.1.-1442 y No. BOO.R.03.07.1.-516 del Organismo de Cuenca Noroeste). Los arroyos de la subcuenca A. Cocaspera no fueron objeto de la clasificación en estos oficios. Hay que mencionar que por el objetivo de este estudio donde las obras se instalan en la ladera oriental de la Sierra Elenita donde se localizan las subcuencas Bacanuchi y Nogales se enfoca principalmente a ellas. Las actividades a realizar descritos en este estudio solamente tienen efectos mínimos a la subcuenca Cocaspera.

En los estudios hidrológicos “Estudio Hidrológico del Arroyo El Barrilito Frente a SE Buenavista, BVC, Cananea, Son.” realizado por el Buro Hidrológico (2013), “Estudio Hidrológico de Ocho Arroyos que convergen en el Sitio de la Nueva Presa de Jales, Cananea, Son.” (Buro Hidrológico, 2012a) y el “Estudio Hidrológico de los Arroyos Los Alisos, Los Rastros y La Tinaja-El Encanto de la Cuenca del Río Sonora, Buenavista de Cobre, Cananea, Son.” (Buro Hidrológico, 2012b) fueron determinados las microcuencas (**Figura 4.29**) de los arroyos Barrilitos, El Aserradero, Los Alisos y la Tinaja-El Encanto.

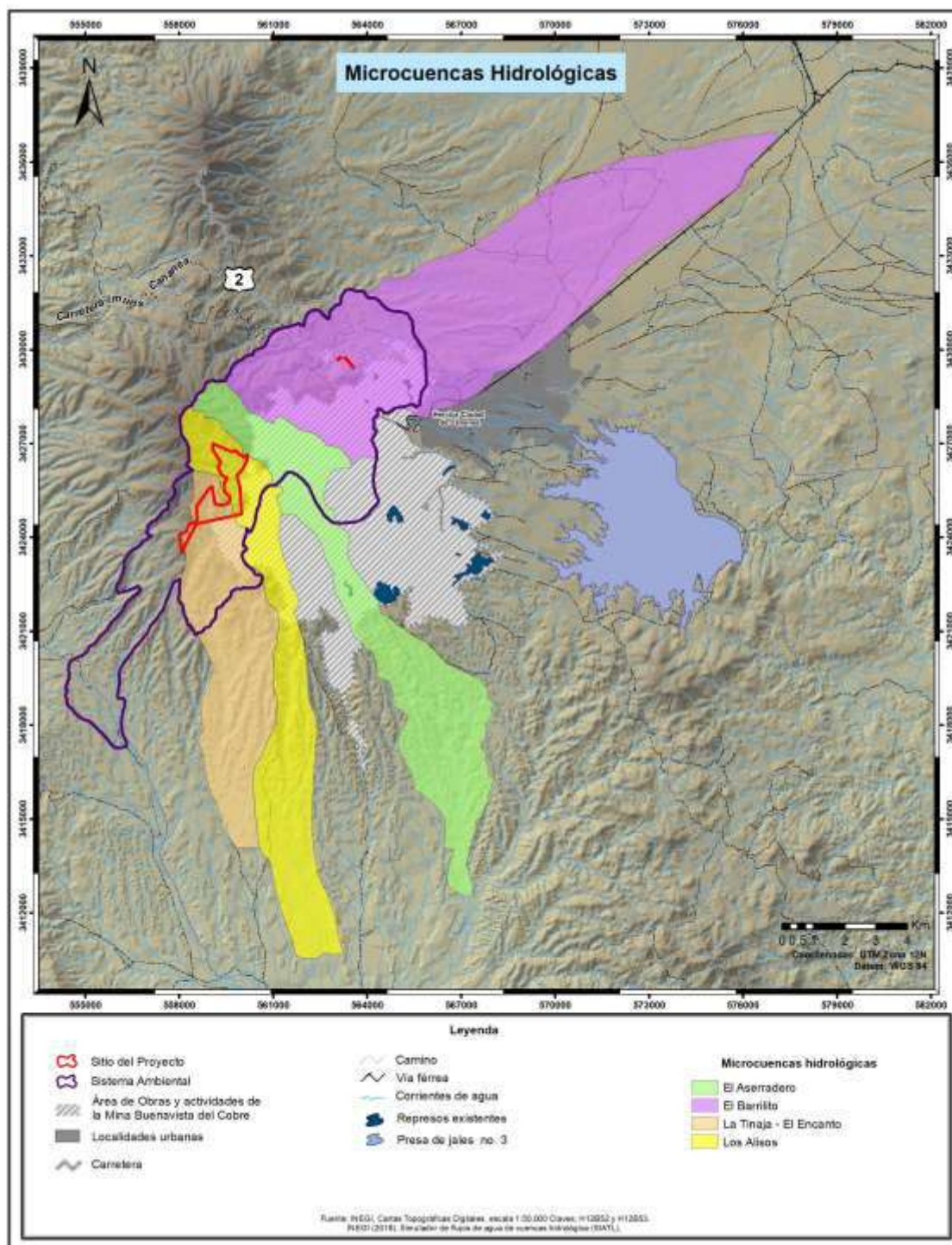


Figura 4.29. Ubicación de las microcuencas hidrológicas en el Sistema Ambiental del Proyecto.

En estas microcuencas se localizan los arroyos que se originan en el SA menos los arroyos de la subcuenca Cocaspera donde no se cuenta con los estudios hidrológicos. El SA solamente ocupa parcialmente las microcuencas definidas en los estudios, pero se mencionan los resultados para tener una vista más completa de la situación hidrológica. En los estudios hidrológicos mencionados todavía no estaba considerado la ampliación del área de la mina que ahora ya se obstruye con las actividades de la operación el transcurso natural de los arroyos en especial de los arroyos los Alisos y el Aserradero.

En los estudios hidrológicos se presentan los análisis de las microcuencas con los cálculos de los volúmenes de precipitación y escurrimiento y de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno por el método racional.

El cálculo de los volúmenes mínimos, medios y máximos escurridos en las microcuencas aparecen en el **Cuadro 4.13** Se consideraron las superficies de cada microcuenca, el volumen precipitado (mínima 258.9mm, media 548.89mm y máxima 965.9mm) y el coeficiente de escurrimiento (para estos sitios se estimó un valor de 0.15).

Cuadro 4.13. Los volúmenes mínimos, medios y máximos escurridos en las microcuencas.

Microcuenca	Área (km ²)	Volumen Mínimo Escurrido (Mm ³ /a)	Volumen Medio Escurrido (Mm ³ /a)	Volumen Máximo Escurrido (Mm ³ /a)
El Barrilito	63.2	2.4544	5.2035	9.1567
El Aserradero	29.8	1.157	2.454	4.318
Los Alisos	26.91	1.0450	2.2156	3.8989
La Tinaja-El Encanto	22.97	0.8920	1.8912	3.3280

Para realizar el cálculo del gasto para diferentes periodos de retorno para la microcuenca se han considerado las alturas, así como las longitudes de cauces, siendo la más importante la longitud mayor del cauce y el pendiente del cauce principal.

En base a la pendiente se ha calculado el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarde el agua de la precipitación en comenzar a escurrir y recorrer el cauce principal de principio a fin.

Con los datos climatológicos del área se analizó la precipitación máxima en 24 horas, utilizando estos datos para evaluar la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno. Los periodos de retorno se clasifican como en lo siguiente; 10 años se utilizan para el cálculo del ancho de las zonas federales de los arroyos, el periodo de 100 años se podría utilizar para las obras de infraestructura hidráulica y el de 1,000 años para cuando exista una población en riesgo.

El coeficiente de escurrimiento se ha calculado considerando la precipitación efectiva y la precipitación máxima en 24 horas para cada periodo de retorno. En el **Cuadro 4.14** se muestra el resultado del cálculo para la determinación de los caudales realizados mediante las Fórmulas del Método Racional.

Cuadro 4.14. Caudales máximos en un determinado tiempo de retorno en la microcuenca donde se ubica el SA.

Microcuenca	Área drenada (km ²)	Gastos (m ³ /s) a un periodo de retorno de		
		10 años	100 años	1,000 años
El Barrilito	63.2	34.1	125.43	240.73
El Aserradero	29.8	0.497	16.99	49.76
Los Alisos	26.91	0.949	20.955	58.63
La Tinaja-El encanto	22.97	0.476	20.027	59.696

IV.3.1.5.2. Embalses y cuerpos de agua cercanos (lagos, presas, etc.)

No existen cuerpos continentales en el SA. Los cuerpos de agua son identificados como represas y fueron construidos como parte del complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre. Están asociados al proceso de lixiviación en terreros (**Figura 4.30**), alimentando de solución rica (con valores de cobre) a las plantas ESDE. En el nordeste del SA existen dos represas (represo Norte y Sur) (aguas arriba del arroyo Cananea Vieja) que son represas antiguas de la Concentradora Vieja (**Figura 4.31**).



Figura 4.30. Captación de solución rica aguas abajo del terrero Tinaja.



Figura 4.31. Un cuerpo de agua aguas arriba del represo Norte.

IV.3.1.5.3. Calidad de agua

Más del 70% de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cananea, se descargan en el depósito de jales del complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre, que se ubica en la Cuenca Río Sonora. Por el giro industrial minero y los usos de agua que la empresa tiene desde hace más de 100 años para sus diferentes procesos, Buenavista del Cobre, realiza cada dos años un muestreo para definir la calidad del agua en las partes bajas de la Cuenca del Río Sonora, con el objeto de presentarlos a la autoridad competente (CONAGUA). El resultado de los análisis tiene por objeto conocer la calidad del agua sobre el Río Sonora desde la localidad de Cananea y mostrar que se encuentran cumpliendo con los límites de la normatividad ambiental vigente.

En el Río Sonora se han identificado valores de pH mayores de 7.9, con picos de 8.03 hasta 8.2. Además, presenta un comportamiento donde la alcalinidad alcanza valores mayores a 200 mg/l (hasta los 209 mg/l).

Es probable que las precipitaciones al paso de la Sierra Madre reaccionen con materiales que influyen fuertemente en el comportamiento del potencial de hidrógeno. Una de las preocupaciones serias en la operación de minería de cobre, es la posible disolución de arsénico (As), asociado de manera natural a la mineralización de sulfuros metálicos. La concentración de As disuelto no alcanza el límite permisible de 0.05 mg/L.

Es importante mencionar que, en el trayecto del Río Sonora, hacia la ciudad de Hermosillo, recibe las aguas y los arrastres de las precipitaciones que lavan las superficies producto de la actividad agrícola y pecuaria, además de diferentes asentamientos, por lo que se pueden tener otras posibles fuentes de aporte de este elemento y de otros químicos.

Los coliformes son bacterias que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos. Se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen coliformes de vida libre. Los aportes de descargas de aguas residuales y presencia de coliformes en algunas muestras, presentan valores

superiores al NMP/100 ml de 1600 y en otras con cerca de 200 NMP/100 ml. Lo que indica que la cuenca baja del Río Sonora recibe aportes importantes de aguas negras crudas de origen humano, así como aportes de aguas de origen agropecuarios, ya que en su trayecto no se identifican asentamientos industriales de importancia, con excepción de la empresa Buenavista del Cobre, S.A de C.V.

En el Arroyo Jaralito, aguas abajo del Represo existente llamado Mexicana 6, en el arroyo abajo Represo Kino (**Figura 4.32**) y en una laguna abajo de Presa de Jales # 3, se tomaron muestras de agua superficial el 11 y 12 de julio de 2013 para conocer la calidad de agua del sitio, cuyo resultado fisicoquímico se presenta en el **Cuadro 4.15**. Según la NOM-127-SSA1-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" las muestras presentan valores superiores a lo establecido en la NOM en los sulfatos, arsénico (Arroyo Kino, Laguna Presa de Jales) y cobre (Laguna Presa de Jales #3), mientras en referente a la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en los descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se reportó para la muestra del agua de la Presa de Jales una cantidad de cobre que supera los límites permisibles de esta NOM. Sin embargo, debe anotarse que esta agua no es de uso o consumo humano, sino toda es recuperada y reutilizada en los procesos de la empresa.

Cuadro 4.15. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua superficial.

Parámetros analizados en la muestra	Unidad	Punto de muestreo			Límites permisibles de la calidad de agua	
		Arroyo Mx-6 Jaralito	Arroyo Kino	Laguna abajo Presa de Jales	NOM-127-SSA1-1994	NOM-001-Semarnat-1996
Materia Flotante		Ausente	Ausente	Ausente	-----	ausente
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1371 a 25.0°C	2190 a 25.0°C	2370 a 25.0°C		
pH		7.68±0.03 a 30.1°C	7.20±0.03 a 28.6°C	3.96±0.03 a 27.0.°C	6.5-8.5	-----
Sulfatos (SO4)	mg/L	922	1220	1480	400	-----
Grasas y Aceites	mg/L	<C.M.C.	< C.M.C.	<C.M.C.	-----	15 (PD) - 25 (PM)
DBO	mg/L	2	2	5	-----	75 (PD) - 150 (PM)
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	5	< C.M.C.	5.6	-----	75 (PD) - 125 (PM)
Sólidos Sedimentables	mg/L	< C.M.C.	2	< C.M.C.	-----	1 (PD) - 2 (PM)
Arsénico (As)	mg/L	0.008	0.112	0.04	0.025	0.1 (PD) - 0.2 (PM)

Cuadro 4.15. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua superficial.

Parámetros analizados en la muestra	Unidad	Punto de muestreo			Límites permisibles de la calidad de agua	
		Arroyo Mx-6 Jaralito	Arroyo Kino	Laguna abajo Presa de Jales	NOM-127-SSA1-1994	NOM-001-Semarnat-1996
Cadmio (Cd)	mg/L	<LC.	<L.C.	0.09	0.005	0.1 (PD) - 0.2 (PM)
Cobre (Cu)	mg/L	<LC.	0.15	20.4	2	4 (PD) - 6 (PM)
Cianuro Total (CN)	mg/L	<LC.	<L.C.	<LC.	0.07	1 (PD) - 2 (PM)
Cromo Total (Cr)	mg/L	<LC.	<L.C.	<LC.	0.05	0.5 (PD) - 1 (PM)
Mercurio (Hg)	mg/L	<LC.	<L.C.	<LC.	0.001	0.005 (PD) - 0.01 (PM)
Níquel (Ni)	mg/L	<LC.	<L.C.	0.23	-----	2 (PD) - 4 (PM)
Plomo (Pb)	mg/L	<LC.	<L.C.	<LC.	0.025	0.2 (PD) - 0.4 (PM)
Zinc (Zn)	mg/L	<LC.	<L.C.	4.96	5	10 (PD) - 20 (PM)
Fósforo Total (P)	mg/L	<LC.	0.34	<LC.	-----	20 (PD) - 30 (PM)
Hierro (Fe)	mg/L	0.364	0.361	0.665	0.3	-----
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	1	<CMC.	1	-----	40 (PD) - 60 (PM)

C.M.C. = Menor a Cantidad Mínima Cuantificable; L.C. = Menor de Límite de Cuantificación, DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno; PD = Promedio Diaria, PM = Promedio Mensual.

Para la subcuenca hidrológica Nogales existen varios estudios relacionado con las condiciones químicas y físicas del agua superficial. Uno de los estudios elaborado por Gómez Álvarez (2001) evaluó la calidad del agua y sedimentos del Río San Pedro durante el periodo 1997-1999 describe las fuentes de contaminación en la subcuenca que incluye la actividad minera en especial el depósito denominado Concentradora Vieja y las descargas domesticas y industriales de la Ciudad de Cananea y en menor grado las actividades agrícolas y ganaderas cerca del poblado de San Pedro Palominas y del Ejido Morelos.

El represo de la Concentradora Vieja almacenó durante varios años material de desecho de la planta concentradora (jales) y recirculó soluciones acidas de lixiviación. Se terminó la recepción de material en 1982 y actualmente se conoce como represo sur (Carrillo Moreno, 1986).

El tipo de deposito de la Concentradora Vieja con un relativamente todavía alto contenido de minerales sulfurosos favorece la formación de efluentes tipo drenaje ácido de roca, reflejando en la cercanía de este sitio en el arroyo Cananea Vieja con un pH de 2.64 y altos concentraciones de sulfatos (6,625.35 mg/L) y metales pesados, como hierro (1,099.88

mg/L), cobre, zinc, cadmio, cromo etc. La conductividad eléctrica se determinó con 6,850 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Además, se observó sedimentos de color amarillo por la oxidación del hierro en el cauce del arroyo Cananea Vieja.

Altos concentraciones de cloruros, nitratos y fósforo en el arroyo Cananea Vieja son productos de desechos humanos y detergentes causados por las aguas residuales de origen doméstico de la Ciudad de Cananea.

Estas concentraciones bajan notablemente en el transcurso del Rio San Pedro hasta el punto final a Los Corrales al norte de la subcuenca hidrológica Nogales con la frontera con Estados Unidos. Aunque en el sitio de Ejido Morelos se observaron valores relativamente altos en comparación del sitio de Concentradora Vieja de cobre, hierro, manganeso, níquel y plomo, en el sitio de San Pedro Palominas altos concentraciones de sulfatos, nitrógeno y fosforó totales y en el norte en los Corrales altos valores de nutrientes, fosforó y metales pesados (hierro y manganeso). Principalmente se clasifica el agua superficial del arroyo de Rio San Pedro como bicarbonatadas.

En el ejido Morelos se detectó una turbidez alta en el agua por aporte considerable de material orgánico e inorgánico proveniente del suelo destinado a la agricultura.

El estudio concluye que el agua superficial del Río San Pedro no cumple con los requerimientos en los Criterios y Normas de Calidad de Agua vigentes (NOM-127-SSA1-1994) en México.

En el cuerpo de agua aguas arriba del represo Norte presenta un pH de 4 a 5 y está afectado por las soluciones acidas de lixiviación de la Concentradora Vieja (**Figura 4.32**).



Figura 4.32. El cuerpo de agua aguas arriba del represo Norte con soluciones de lixiviación.

IV.3.1.5.4. Condiciones hidrológicas en el sitio del Proyecto.

En este apartado se describe las condiciones hidrológicas de las microcuencas que drenan el agua hacia las obras consideradas para el proyecto de Canal poniente. Se incluye la obra completa en este apartado y no se limita a los polígonos del sitio de proyecto que es objeto de este estudio.

Las actividades durante la operación de la Trituradora Primaria Quebalix IV y de la mina (**Figura 4.33**) hace necesario la desviación de las aguas pluviales de las microcuencas El Aserradero, Los Alisos y La Tinaja-El Encanto situadas aguas arriba del sitio Quebalix IV (Buro Hidrológico, 2015; CIEPS Consultores, 2018). Este desalojo de agua se ha considerado mediante la instalación de represos y canales para la captación y desvío de las aguas pluviales, tal como se describió en el capítulo II de este estudio.

En el proyecto “Sistema de Restitución de Aguas del Norte” (CIEPS Consultores, 2018) (**Anexo 4.5**) se contempla la construcción de las obras hidráulicas iniciándose con una presa derivadora dentro de la microcuenca “El Aserradero” que capta el agua drenado de la microcuenca. El agua se conduce por gravedad por una canal hasta la microcuenca “Los

Alisos”, dónde se instala un represo derivador sobre el cauce principal recibiendo el agua del canal y el agua drenado de la microcuenca “Los Alisos”. Continuando con la instalación de un canal hasta la microcuenca “La Tinaja-El Encanto”, dónde se construye otra presa derivadora, recibiendo las aguas de las microcuencas “El Aserradero” y “Los Alisos” y de la propia microcuenca. Finalmente se instala un canal de descarga hacia la microcuenca del arroyo “Agua Escondida” que pertenece a la Cuenca del Río Bacanuchi para restablecer los escurrimientos hacia aguas abajo (**Figura 4.34**).



Figura 4.33. Vista al tajo de la mina aguas abajo del arroyo El Aserradero.

Para este proyecto se considera la construcción de tres represas derivadoras correspondientes a cada una de las microcuencas: El Aserradero, Los Alisos (**Figura 4.35**) y La Tinaja-El Encanto (**Figura 4.36**), dos canales conectando los represas y un canal de descarga hacia la microcuenca “Agua Escondida” donde los escurrimientos se reincorporan al ciclo natural.

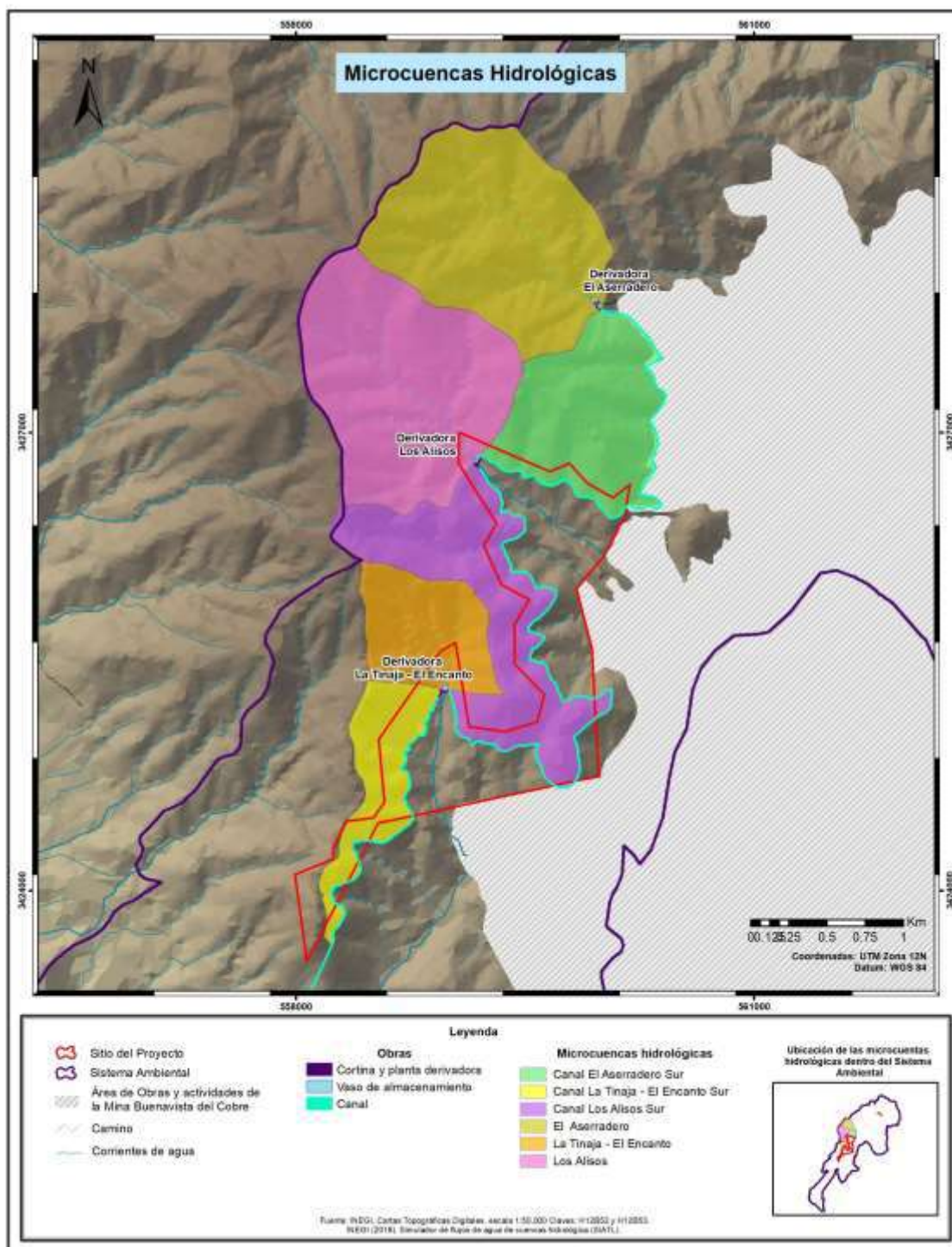


Figura 4.34. La localización de las microcuencas según el estudio de CIEPS (2018) y la ubicación de los repesos derivaderos y de los canales.



Figura 4.35. Cauce del Arroyo Los Alisos aguas arriba del represo propuesto.



Figura 4.36. Cauce del Arroyo La Tinaja.

Los trazos de los canales se llevan a cabo tomando como base la topografía de la zona con equidistancias entre curvas de nivel a cada cinco metros, sobre estos planos se localizaron los sitios de los represas derivadoras “El Aserradero” y “Los Alisos” y “La Tinaja-El Encanto”. El Buró Hidrológico (2015) determinó en el “Estudio Hidrológico Canal Poniente BVC, Son.” los caudales de diseño para cada una de las tres represas derivadoras, así como para los canales de interconexión entre ellas y definió la cantidad de agua lo que hay que desviar.

CIEPS Consultores (2018) replanteó en su estudio “Revisión de estudios hidrológicos y planteamiento original del sistema” los datos originales y adaptó a las nuevas condiciones del sitio en especial se redujo el coeficiente de escurrimiento a 0.96 que antes fue establecido con 0.15 (Buró Hidrológico, 2015) y con una precipitación media anual de 542 mm. En el siguiente **Cuadro 4.16** se muestra el volumen escurrido de agua en cada una de las microcuencas y en la **Figura 4.34** se presenta la ubicación y límites de las microcuencas.

Cuadro 4.16. Gastos acumulados en las microcuencas.

Microcuenca	Área (km ²)	Volumen precipitado (m ³ /año)	Volumen escurrido (m ³ /año)
El Aserradero	1.620	878,040.00	84,291.84
Canal El Aserradero	1.062	575,604.00	55,257.98
Los Alisos	1.719	931,698.00	89,443.01
Canal Los Alisos	1.278	692,676.00	66,496.90
La Tinaja-El Encanto	0.614	332,788.00	31,947.65
Canal La Tinaja-El Encanto	0.547	296,474.00	28,461.50

Para el diseño de canal y obra de toma de las derivaderos se obtuvieron los gastos de diseño por medio de un criterio que se presenta a continuación. Se determinaron los caudales de diseño para las obras de toma cada una de las tres presas derivadoras, así como para los canales de interconexión, considerando que estos capten en su transcurso el agua de escurrimiento en su cuenca. Los siguientes criterios fueron considerados: precipitación media anual de 541.7 mm, 80% de la precipitación media anual ocurre en 5 meses del año, en estos meses se tienen 15 días con lluvia y el 70% de la lluvia se precipita en dos horas; a esta condición se le aplica un coeficiente de escurrimiento del 30%.

Estos criterios fueron seleccionados a base que los arroyos son intermitentes para obtener un diseño optimo y evitar una estructura sobredimensionado. En el siguiente **Cuadro 4.17** se presenta los resultados de este calculo.

Cuadro 4.17. Cálculos para el diseño de presas y canales.

Presa / Tramo de canal		Área de cuenca	Volúmenes de lluvia				Gastos	
			media anual	en lluvias	por día	en 2 horas	parcial	diseño
De	A	(km ²)	(m ³)	(m ³ /mes)	(m ³ /día)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
El Aserradero		1.620	877,473	140,396	9,360	0.910	0.273	0.273
El Aserradero	Los Alisos	1.062	575,232	92,037	6,136	0.597	0.179	0.452
Los Alisos		1.720	931,638	149,062	9,937	0.966	0.290	0.742
Los Alisos	La Tinaja	1.278	692,229	110,757	7,384	0.718	0.215	0.957
La Tinaja-El Encanto		0.610	330,407	52,865	3,524	0.343	0.103	1.060
La Tinaja-El Encanto	Descarga	0.547	296,283	47,405	3,160	0.307	0.092	1.152

Para conocer la capacidad de cada uno de las repesos (**Cuadro 4.18**), así como el área que puede inundar, se calculó con la topografía y la altura del bordo de cada repeso las cuales muestran la relación existente entre la elevación del agua en el vaso y el área inundada o el volumen almacenado, según corresponda. La metodología para la determinación de los volúmenes de almacenamiento se encuentra en el **ANEXO 4.5**. El diseño de la cortina fue realizado con los volúmenes máximos escurridos.

Cuadro 4.18. La capacidad de cada repeso.

Repeso	Capacidad de almacenamiento al NAMO (m ³)	Capacidad de almacenamiento al NAME (m ³)
El Aserradero	5.110	3.810
Los Alisos	7.170	9.760
La Tinaja – El Encanto	3.320	4.225

NAME = nivel de aguas máximas ordinarias; NAMO = nivel de aguas máximas extraordinarias

Ya definidos los caudales en cada una de los repesos y las aportaciones a los canales de conducción se procedió la definición de la geometría de los canales, con las características del funcionamiento como una cuneta colectora, con una sección triangular, con un talud de 1.5:1 y revestida de concreto simple con espesor de cinco centímetros.

Los trazos de los canales se llevó a cabo tomando la topografía de la zona con equidistancias entre curvas de nivel a cada cinco metros conectando las respresos derivaderos.

Para la descarga a la cuenca del arroyo Agua Escondida se ha proyectado un canal con pendientes supercríticas diferentes (Rápida de Descarga), con la finalidad de seguir el trazo del terreno natural y evitar grandes volúmenes de excavación o secciones en terraplén. Se propone una sección rectangular de concreto armado con plantilla de un metro de ancho.

El gasto de diseño será el acumulado en el canal “La Tinaja/El Encanto – Descarga” antes de incorporarse a la Rápida (**Cuadro 4.19**). Al final de Rápida de Descarga se alojará un tanque amortiguador que se encargará de disipar la energía del agua y de entregarla al arroyo Agua Escondida.

Para la determinación de las dimensiones de los canales se utilizó la fórmula de Manning para obtener los tirantes normal y crítico del canal, con la finalidad de garantizar el flujo en régimen subcrítico en todo el trayecto. El valor de rugosidad de Manning se consideró con un coeficiente de $n=0.014$ que corresponde a concreto simple.

Cuadro 4.19. Gasto de diseño y gasto máximo para cada canal.

Canal	Gasto de diseño entrada (m ³ /s)	Gasto de diseño salida (m ³ /s)	Gasto máximo (m ³ /s)	Longitud del canal (m)
El Aserradero – Los Alisos	0.273	0.452	0.484	3,384
Los Alisos – La Tinaja	0.742	0.957	1.052	4,927
La Tinaja – El Encanto - descarga	1.060	1.152	1.317	2,374

Para la obtención de los gastos de diseño para un periodo de retorno de 10,000 años de las tres microcuencas principales, se tomaron los parámetros del estudio hidrológico realizado por el Buró Hidrológico (2015), basando en el cálculo en el hidrograma unitario triangular.

Los cálculos utilizados para la obtención de gastos para el diseño de las presas derivadoras se encuentran detallados en la memoria de cálculo en el **ANEXO 4.5**.

Mediante el hidrograma unitario sintético de forma triangular desarrollado por Mokus, se calculó el gasto máximo esperado, se calcularon los tiempos base (t_b) y pico (t_p) para las 3 microcuencas dónde se localizarán las presas derivadoras.

Los tiempos de concentración (t_c), fueron obtenidos con los datos proporcionados en el estudio hidrológico de Buro Hidrologico (2015), para obtener su respectivo tiempo base, como se muestra en el siguiente **Cuadro 4.20**.

Cuadro 4.20. Tiempos pico (t_p), tiempos base (t_b) y tiempo de concentración (t_c) en horas, de las microcuencas.

Microcuenca	Área (km ²)	Tc (h)	Tp (h)	Tb (h)
El Aserradero	1.62	0.191	0.210	0.560
Los Alisos	1.72	0.168	0.185	0.495
La Tinaja-El Encanto	0.61	0.108	0.118	0.316

Con los tiempos base y los tiempos pico correspondientes a cada microcuenca, se procedió al cálculo de los gastos de diseño mediante la geometría del hidrograma triangular, para un periodo de retorno de 10 000 años.

Los datos de lluvia efectiva (h_e) para cada microcuenca, fueron proporcionados por el estudio hidrológico (Buro Hidrologico, 2015), los gastos de diseño se muestran en el siguiente **Cuadro 4.21**.

Cuadro 4.21. Obtención de gastos de diseño para un periodo de retorno de 10,000 años.

Microcuenca	Área (km ²)	he (mm)	Volumen (m ³)	Tb (s)	Q (m ³ /s)
El Aserradero	1.62	19.596	31,745.2	2017	31.472
Los Alisos	1.72	18.968	32,624.4	1780	36.625
La Tinaja-El Encanto	0.614	15.758	9,675.4	1138	16.993

h_e = es la lluvia efectiva referida al periodo de retorno determinado, T_b = tiempo base

Estos valores de gastos máximos en un periodo de retorno de 10,000 años obtenidos en este cálculo muestran un evento muy extremo y sobrepasa la existencia de la mina por multiples. Un diseño de un sistema de represas derivadoras para captar el gasto con un periodo de retorno de 100 años garantiza una mayor eficiencia del sistema (considerando que

quizás no llegue a presentarse en ninguna de las cuencas la avenida de 10 mil años) y una menor inversión. En caso de ocurrir una avenida mayor el agua escurriría a través de un vertedor construido sobre la cortina de cada una de los represos.

IV.3.1.5.5. Geohidrología e Hidrología Subterránea

El SA se ubica en un área que abarca partes de tres acuíferos administrativos al Norte del estado de Sonora, los cuales se denominan como acuífero 2616 Río San Pedro al Norte; acuífero 2627 Río Bacoachi en el Centro; y acuífero 2628 Río Bacanuchi al Sur. Mientras el acuífero 2616 Río San Pedro se encuentra en la RH 8 Sonora Norte, los acuíferos 2627 Río Bacoachi y 2628 Río Bacanuchi se localizan en la RH 9 Sonora Sur. El sitio de Proyecto se ubica en el acuífero 2628 Río Bacanuchi y en el acuífero Río San Pedro (**Figura 4.37**).

Los tres acuíferos presentan condiciones heterogéneas y anisotrópicas, de tipo libre, constituidos principalmente en las partes superiores por material clástico no consolidado y poco consolidado (depósitos aluviales y conglomerados) del Cenozoico, muy permeables; mientras que, en las partes inferiores, por rocas sedimentarias continentales (permeable) y marinas del Mesozoico (menos permeable), así como rocas volcánicas fracturadas del Cretácico y Terciario. El último material por su diferente grado de fracturamiento puede ser permeable o impermeable, por lo que constituyen fronteras laterales e inferiores al flujo y almacenamiento del agua en el subsuelo. Los acuíferos Río Bacoachi y Río Bacanuchi presentan además localmente condiciones de semiconfinados por la presencia de lentes de sedimentos arcillosos. Los espesores de los materiales que conforman los acuíferos son marcados con 350 m para el acuífero Río San Pedro, 130 m para el acuífero Río Bacoachi, y 150 m para el acuífero Río Bacanuchi (CONAGUA, 2002, 2010a, 2010b).

Los acuíferos Río Bacoachi y Río Bacanuchi presentan una litología y evolución geológica muy parecidas con los acuíferos vecinos (Río Frontera, Cumpas y Cocóspera), por lo cual los datos de transmisividad y conductividad hidráulica son semejantes con estos acuíferos. Inicialmente se estimó en los acuíferos una transmisividad que varía entre 10 a $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Estudios con los acuíferos vecinos presentan valores entre 0.2 a $5.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

para el medio granular y 6.6 a 11.6×10^{-3} m²/s para el medio fracturado, con una conductividad hidráulica que varía entre 2.3×10^{-7} a 7.1×10^{-5} m/s (CONAGUA, 2002, 2010a).

En el acuífero Río San Pedro se presentaron valores para la transmisividad de 2.5×10^{-4} y 5.6×10^{-3} m²/s para el medio granular y de 6.6×10^{-3} y 1.1×10^{-2} m²/s para el medio fracturado, con una conductividad hidráulica de 1.3×10^{-6} a 5.9×10^{-5} m/s (CONAGUA, 2002). Mientras para el acuífero Río San Pedro se reportaron un coeficiente de almacenamiento de 0.029, sin poder ser estimado esto para los acuíferos Río Bacoachi y Río Bacanuchi por falta de los pozos de observación (CONAGUA, 2010a; CONAGUA, 2010b).

Con los ensayos de la permeabilidad (tipo Lefranc, tipo Lugeon) realizados en varios sondeos exploratorios (26) en las unidades litológicas del acuífero Bacanuchi (GEOVISA, 2013), se han determinado valores de permeabilidad en el intervalo de 9.5×10^{-5} a 2.8×10^{-9} m/s para este acuífero.

En la **Figura 4.37** en el SA se presenta la posibilidad de conformar acuíferos en función de la permeabilidad del sustrato rocoso. Se observa que el SA y el sitio del Proyecto está constituido por material consolidado con posibilidades bajas, solamente en el sur y en el nordeste y suroeste del SA se presenta un material no consolidado con posibilidades altas.

El acuífero Río San Pedro recibe su recarga por la lluvia dentro de los límites de la cuenca con mayor intensidad en las zonas más permeables, granulares y fracturadas, que transmiten el agua hacia el almacenamiento principal. La descarga del acuífero se encuentra al Norte del límite internacional con el territorio de los Estados Unidos de América, como salida por flujo subterráneo.

La profundidad de los niveles del acuífero Río San Pedro por lo general varía entre 10 y 90 m de profundidad, aunque predominan las profundidades comprendidas entre 30 y 40 m. En la salida del valle y en las márgenes del Río San Pedro se localizan los niveles de agua subterránea más someras, mientras una mayor profundidad se registra en la zona de los ejidos Emiliano Zapata e Ignacio Zaragoza, en lo que corresponde ser la parte alta de la Cuenca. Las configuraciones piezométricas en las obras hídricas permiten establecer, que el flujo en general es convergente hacía el Río San Pedro (CONAGUA, 2002).

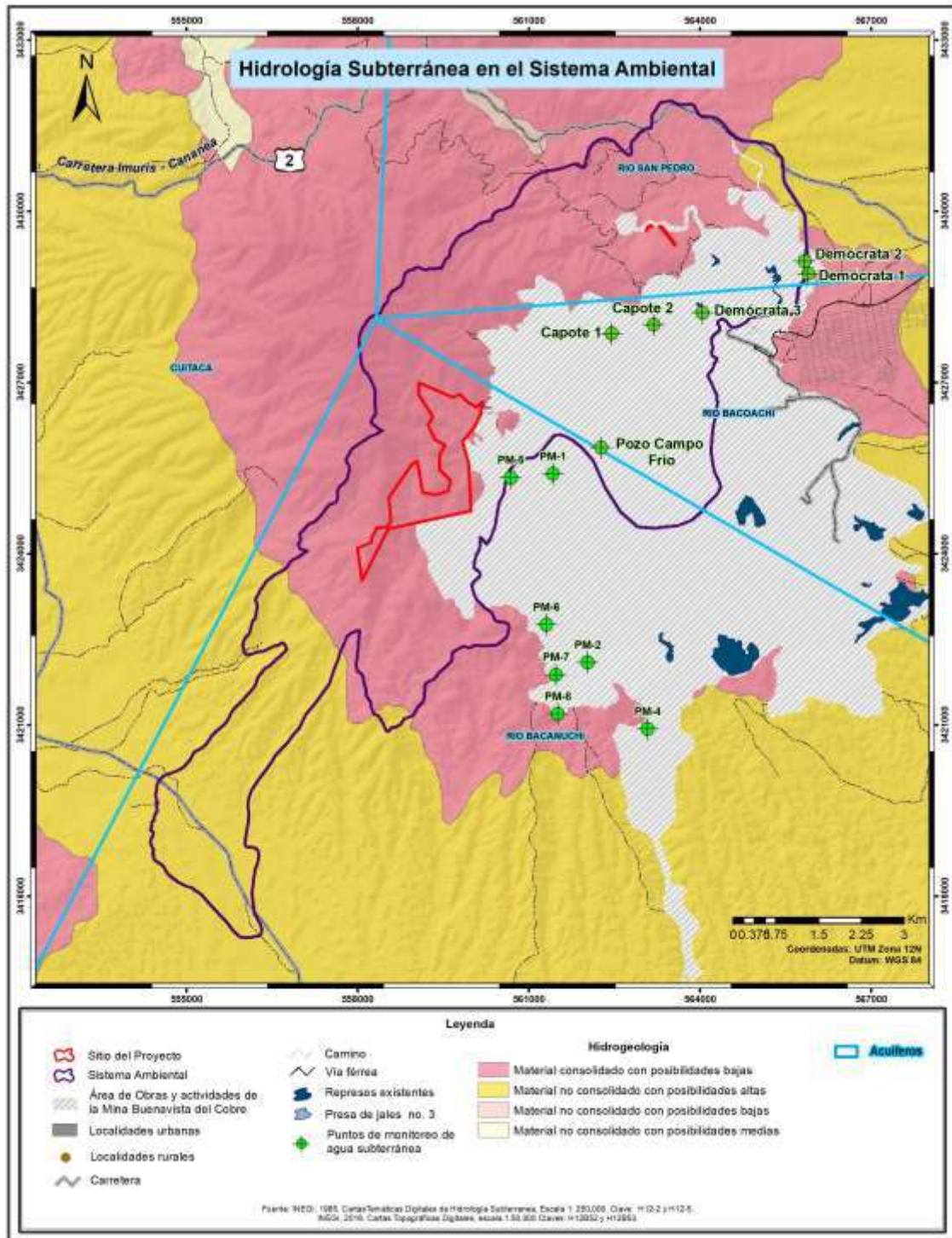


Figura 4.37. Ubicación de los acuíferos y pozos de monitoreo en el Sistema Ambiental.

En el acuífero Río Bacoachi los niveles estáticos varían entre 1.5 y 26 m, presentado los niveles más profundos en las sierras que delimitan al acuífero, disminuyendo hacia el centro del valle donde fluye el Río Bacoachi (CONAGUA, 2010a). La profundidad del nivel estático en el acuífero Río Bacanuchi se reportó de 5 a 20 m, incrementándose la profundidad por la topografía, desde el cauce del Río Bacanuchi y otros arroyos, hacia las laderas de las sierras que delimitan el acuífero (CONAGUA, 2010b). Durante la ejecución de los sondeos exploratorios semi-profundos evaluados en el estudio geotécnico (GEOVISA, 2013) para el acuífero Bacanuchi se han realizado mediciones periódicas de los niveles de agua freáticas, los cuales oscilan entre los 12 y 23 m, presentando un gradiente para el flujo de agua subterránea entre 0.0009 y 0.0032.

Los niveles del agua en la zona de explotación de la empresa minera han fluctuado como consecuencia de la variación del bombeo; los registros revelan que hasta 1986 los niveles habían permanecido con poca variación. Sin embargo, a partir de ese año como resultado de la incorporación de nuevos pozos, se tienen descensos importantes del nivel estático hasta 1992. A partir de ese año, con los paros subsecuentes de la empresa, los niveles tendieron a recuperarse (Buenavista del Cobre, 2011).

Con respecto a la evolución de los niveles estáticos para estos tres acuíferos, se observaron diferentes períodos de abatimiento en el acuífero de Río San Pedro, sobresaliendo el periodo entre 1984 y 1989, cuando se notó en especial en la cercanía de mina, un abatimiento fuerte que alcanzó descensos hasta 4m anuales. En los siguientes años se manifestaron evoluciones menores en el abatimiento. En el resto del área del acuífero las variaciones en el abatimiento no son significativas. Para el acuífero Bacoachi no se cuenta con información piezométrica. Mediciones realizadas en el periodo 2004-2005 manifestaron variaciones puntuales de poca importancia y alteraciones no significativas (CONAGUA, 2010a).

Los datos de niveles piezométricos reportados para el acuífero Río Bacanuchi presentan que se varían gradualmente por efectos de la topografía, desde el cauce del Río Bacanuchi hasta las laderas de las sierras, desde 1,440 msnm al Norte del acuífero, hasta 880 msnm al Sur. Igualmente, como se comentó para el acuífero Río Bacoachi, se puede afirmar

que las variaciones en el nivel del agua subterránea no han sufrido alteraciones importantes, por lo que el cambio de almacenamiento tiende a ser nulo (CONAGUA, 2010b).

IV.3.1.5.6. Censo de aprovechamientos

En el censo de aprovechamientos del agua subterránea en Cananea y en los acuíferos administrativos Río San Pedro, Río Bacoachi y Río Bacanuchi, se registraron para el acuífero Río San Pedro un total de 200 obras, con 34% para uso ganadero, 27% para uso agrícola, 30% para uso industrial, 6% para uso doméstico-abrevadero, 1% para uso recreativo y 2% destinado a otros usos. El volumen de extracción estimado es de 22.3 Mm³ anuales, de los cuales 5.1 Mm³ (22.9%) se destinan a las actividades agrícolas, 5.3 (23.8%) al abastecimiento público-urbano, 10.5 más (47.0%) para el sector industrial y los 1.4 Mm³ restantes (6.3%) para el uso doméstico-abrevadero.

En el acuífero Río Bacoachi (CONAGUA, 2010a) existen 353 aprovechamientos del agua subterránea, de los cuales 135 son pozos y los 218 restantes norias. El volumen de extracción es de 13.9 Mm³ anuales, de los cuales 6.2 Mm³ (44.6%) son para el uso agrícola, 7.2 (51.8%) para el uso doméstico-abrevadero y 0.5 Mm³ (3.6%) para el agua potable a las comunidades de la región.

En el acuífero Bacanuchi (CONAGUA, 2010b) se registraron un total de 26 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales 17 son pozos y 9 norias. El volumen extraído es calculado con 4.1 Mm³ anuales, lo cual se destina en 2.8 Mm³ (68.3%) al uso pecuario, 0.7 Mm³ (17.1%) al uso doméstico, 9.4 Mm³ (9.7%) al uso agrícola y 0.2 Mm³ (4.9%) al sector industrial.

El aprovechamiento del agua subterránea en las cuencas Norte y Sur de las instalaciones de la mina en Cananea, se inició de manera significativa en la década de los años cuarenta del siglo pasado. Los primeros aprovechamientos fueron ubicados en las proximidades de las corrientes superficiales y zona de manantiales. A partir de entonces la explotación se ha incrementado, pasando de 5 Mm³ en 1944 a 32.6 Mm³, en la actualidad. Siendo desde entonces la actividad minera la principal usuaria del recurso hidráulico subterráneo en el área (Buenavista del Cobre, 2011).

Los volúmenes de extracción han sido muy variables y han estado influenciados mayormente por la actividad minera, que hasta 1992 había sido el principal y quizá el único usuario de importancia. Las obras de la empresa minera desde su inicio se diseñaron además para el suministro de agua hacia la población de Cananea, la cual se ha servido de las obras de la empresa minera, siendo el aprovechamiento para consumo humano el tercer uso de importancia (Buenavista del Cobre, 2011). Sin embargo, el suministro de agua potable a la población que hacía la empresa minera, cambió a partir de enero de 1999. A partir de esa fecha, se entregaron las instalaciones y el equipo al sistema estatal de agua potable del estado de Sonora. Sólo la batería de pozos de la zona Ojo de Agua, destinada al servicio de agua potable, sigue siendo operada por la empresa minera (Buenavista del Cobre, 2011).

En un reporte de la Buenavista del Cobre (2011) se menciona un consumo de agua en el cual 28% del total proviene de agua de pozos, mientras que el 72 % restante corresponde al uso de agua de recuperación del proceso (donde el 56 % del total, proviene de los asentadores de colas y el 16 % restante, del agua recuperada de la presa de Jales).

En el **Cuadro 4.22** se presenta datos obtenidos con base en información de consumos promedio de los años 2001 a 2006.

Cuadro 4.22. Consumos promedio de agua en el periodo 2001 a 2006 por Buenavista del Cobre.

Agua natural	Agua industrial (recuperada)	
Pozos	Depósito de Jales	Asentadores de Colas
17'656,530 m ³	9'990,591 m ³	36'186,329 m ³

Fuente: Buenavista del Cobre (2011)

IV.3.1.5.7. Análisis de calidad de agua subterránea

La calidad del agua extraída del acuífero Río San Pedro es buena, apta para cualquier uso por su bajo contenido iónico. Se considera que el agua es de reciente infiltración, con poca circulación por el material granular y/o volcánico. Mientras se incrementa la permanencia del agua en el subsuelo, aumenta la concentración de Sólidos Totales Disueltos (STD) en el agua del acuífero del Sur hacia el Norte, lo cual es congruente con el hecho que la zona de recarga

se ubica en los altos de las sierras, al Sur de la cuenca. En general, son concentraciones totales menores de 500 mg/L (CONAGUA, 2002).

Altos niveles de nitratos en la zona de San Pedro Palominas y San Rafael se asocian con descargas agropecuarias. La zona del Barrilito presenta una contaminación incipiente por la descarga de aguas residuales sin tratamiento, derivadas del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cananea.

En algunas partes del acuífero Río San Pedro, se registraron altos valores de STD, lo cual se relaciona con un sistema subterráneo diferente (Ojo de Agua 590 mg/L de STD), o por contaminaciones locales, como es el caso al Oriente y en la zona del Barrilito, con una concentración de STD de 1,100 mg/L (CONAGUA, 2002).

En el acuífero Río Bacoachi se observaron valores de STD entre 470 y 700 mg/L y de conductividad eléctrica entre 404 y 1,040 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La temperatura se registró entre 21.5 a 36.2°C, lo cual sugiere que los valores más altos posiblemente estén asociados a fuentes termales. Los valores de pH se encontraron entre 6.8 y 7.7, representando un agua ligeramente alcalina, que se relaciona con las rocas carbonatadas del subsuelo, aunque aun dentro del rango permitido por la Norma Oficial Mexicana para el agua del consumo humana. Se considera esta agua de buena calidad de reciente infiltración y circulando a través de rocas volcánicas. Según la clasificación de Piper el agua pertenece a la familia de bicarbonatada sódica (CONAGUA, 2010a).

En el acuífero Río Bacanuchi se realizó en 2005 un muestreo de agua donde se analizó la calidad en 10 aprovechamientos. Se observaron valores de Sólidos Totales Disueltos (STD) que varían de 678 a 1299 mg/l (CONAGUA, 2010b). La conductividad eléctrica varía de 370 a 1640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que clasifica el agua como dulce, de acuerdo al criterio establecido por la American Potability and Health Association (APHA).

El rango de pH se mantiene ligeramente por encima de la neutralidad, la mayoría de las muestras analizadas corresponden con valores de pH en el rango de 7 a 8.3, ligeramente alcalina por la presencia de carbonatos en la zona con un claro predominio sobre el contenido de sulfatos en el agua. De acuerdo con la clasificación de Piper, la familia de agua

predominante es la bicarbonatada sódica, que representa agua de reciente infiltración que ha circulado a través de rocas volcánicas principalmente (CONAGUA, 2010b).

Buenavista de Cobre perforó varios pozos para caracterizar la calidad de agua subterráneo alrededor de las instalaciones de la mina (**Figura 4.37**). Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los pozos se presentan en los **Cuadros 4.23 y 4.24**. En los pozos analizados dentro del SA (**Cuadro 4.23**) superan algunos valores los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, en especial en los valores de hierro y sulfatos. Se destaca el pozo de monitoreo Demócrata 3 en el cual se registraron valores de los metales pesados más altos que el resto de los pozos analizados, sobrepasando los límites máximos permisibles por la NOM-127-SSA1-1994. La ubicación de este pozo cerca de un represo de recuperación de solución rica de lixiviación, puede explicar una afectación por la solución que esta retenida en el represo.

El análisis realizado de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, los pozos analizados presentan valores inferiores referidos en esta NOM solamente el pozo Demócrata 3 y parcialmente el pozo Demócrata 1 sobrepasan los límites permisibles para los metales pesados.

En los pozos al sureste del SA (**Cuadro 4.24**) se observa una mejor calidad de agua que en los pozos al norte con valores bajos de conductividad eléctrica (= cantidad baja de sólidos totales disueltos). Estos datos pueden ser resultado que el agua de los pozos de monitoreo representa en este sitio un "acuífero colgado" con un agua de reciente infiltración.

Solamente se detectaron en algunos pozos valores que sobrepasan los límites máximos permisibles en referente a la NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-SEMARNAT-1996. En el pozo PM-2 el mercurio se supera con 0.0024 mg/L la NOM-127-SSA1-1994 (límite 0.001 mg/L) pero todavía se encuentra en los límites máximas permisibles para las descargas a las aguas nacionales (NOM-001-SEMARNAT-1996). El hierro se analizó en dos pozos (PM-6, PM-7) con valores apreciables de 0.0925 y 4.86 mg/L, respectivamente. Para los metales pesados se detectaron arsénico, mercurio y plomo en las aguas, pero a una cantidad inferior a los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Cuadro 4.23. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua subterránea tomadas en los pozos de monitoreo dentro del SA.

Parámetros analizados en la muestra (Unidad)	Punto de muestreo						LMP NOM-127	LMP NOM-001
	PM Democrata 2	PM Democrata 3	PM Democrata 1	PM Capote 1	PM Capote 2	Campo Frío		
Fecha de muestreo	10/7/2013	10/7/2013	23/02/2017	23/02/2017	23/02/2017	2/03/2012	-	-
Temperatura (°C)	20.5	19.7	19	18	21	N.D.	-----	40 (PD) – 40 (PM)
Grasas y Aceites (mg/L)	N.D.	N.D.	C.M.C.	C.M.C.	C.M.C.	N.D.	-----	15 (PD) – 25 (PM)
Materia Flotante -	N.D.	N.D.	ausente	ausente	ausente	N.D.	-----	ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	N.D.	N.D.	4	<C.M.C.	<C.M.C.	N.D.	-----	1 (PD) – 2 (PM)
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	N.D.	N.D.	524	36.4	257	N.D.	-----	75 (PD) – 125 (PM)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (mg/L)	N.D.	N.D.	8	<L.C.	2	N.D.	-----	75 (PD) – 150 (PM)
Nitrógeno Total Kjeldahl (N) (mg/L)	N.D.	N.D.	<C.M.C.	1	1	N.D.	-----	40 (PD) – 60 (PM)
Fósforo Total (P) (mg/L)	N.D.	N.D.	0.52	<L.C.	<L.C.		-----	20 (PD) – 30 (PM)
Arsénico (As) (mg/L)	< L.C.	2.73	< L.C.	0.058	0.019	< L.C.	0.025	0.1 (PD) – 0.2 (PM)
Cadmio (Cd) (mg/L)	0.0518	3.084	0.1229	<L.C.	0.0339	N.D.	0.005	0.1 (PD) – 0.2 (PM)
Cianuro Total (CN) (mg/L)	N.D.	N.D.	< L.C.	<L.C.	<L.C.	N.D.	0.07	1 (PD) – 2 (PM)
Cobre (Cu) (mg/L)	0.326	2,070	9.2	0.413	2.44	0.114	2	4 (PD) – 6 (PM)
Cromo (Cr) (mg/L)	0.034	1.74	< L.C.	<L.C.	0.037	N.D.	0.05	0.5 (PD) – 1 (PM)
Níquel (Ni) (mg/L)	0.07	14.1	< L.C.	<L.C.	0.199	< L.C.	-----	2 (PD) – 4 (PM)
Plomo (Pb) (mg/L)	0.034	< L.C.	0.052	0.04	0.066	< L.C.	0.025	0.2 (PD) – 0.4 (PM)
Zinc (Zn) (mg/L)	17.7	477	1.62	1.88	13.9	0.183	5	10 (PD) – 20 (PM)
pH	5.92 a 20.5°C	2.75 a 18.7 °C	7.0 a 19 °c	6.5 a 18°C	5.3 a 21°C	8.12 a 17.4°C	6.5-8.5	-----
Conductividad Eléctrica (µs/cm)	3,610 a 25,0°C	31,500 a 25° C	2,550 a 25°C	2,750 a 25°C	3,140 a 25°C	1,309 a 25.0°C	-----	-----
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	4,640	110,000	2,930	2,780	3,750	1,070	1,000	-----
Dureza Total (CaCO3) (mg/L)	2,270	1,990	1,960	2,040	2,480	691	500	-----
Hierro (Fe) (mg/L)	314	4,880	70.4	6.43	44.2	11.2	0.3	-----
Sulfatos (SO4) (mg/L)	3,050	49,200	1,840	1,600	2,480	538	400	-----

C.M.C. = Menor a Cantidad Mínima Cuantificable; L.C. = Menor de Límite de Cuantificación, PD = Promedio Diaria, PM = Promedio Mensual.; N.D. = no determinado

Cuadro 4.24. Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua subterránea tomadas en los pozos de monitoreo al Sureste del SA.

Parámetros analizados en la muestra	Unidad	Punto de muestreo							Límite de cuantificación	Límites permisibles de la calidad de agua	
		PM-1	PM-2	PM-4	PM-5	PM-6	PM-7	PM-8		NOM-127-SSA1-1994	NOM-001-Semarnat-1996
Materia Flotante		ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	NA	-----	ausente
Conductividad Eléctrica	μS/cm	468	479	640	752	821	665	690	NA		
pH		6.43±0.03 a 18°C	7.05±0.03 a 19°C	7.04±0.03 a 19°C	7.23±0.03 a 18°C	6.59±0.03 a 13°C	7.03±0.03 a 19°C	7.03±0.03 a 19°C	NA	6.5-8.5	-----
Temperatura	°C	18	19	19	18	13	19	19	NA	-----	-----
Sulfatos (SO4)	mg/L	93	136	237	174	314	309	154	5	400	-----
Grasas y Aceites	mg/L	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	7	-----	15 (PD) - 25 (PM)
DBQ	mg/L	< LC	< LC	3	< LC	< LC	3	< LC	2	-----	75 (PD) - 150 (PM)
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	32.6	<CMC	18.6	<CMC	<CMC	137	<CMC	5	-----	75 (PD) - 125 (PM)
Sólidos Sedimentables	mg/L	0.3	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	0.3	-----	1 (PD) - 2 (PM)
Arsénico (As)	mg/L	0.009	< LC	0.017	0.013	< LC	0.009	0.006	0.005	0.025	0.1 (PD) - 0.2 (PM)
Cadmio (Cd)	mg/L	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	0.0025	0.005	0.1 (PD) - 0.2 (PM)
Cobre (Cu)	mg/L	< LC	< LC	< LC	< LC	0.055	< LC	< LC	0.05	2	4 (PD) - 6 (PM)
Cianuro Total (CN)	mg/L	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	0.004	0.07	1 (PD) - 2 (PM)
Cromo Total (Cr)	mg/L	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	0.025	0.05	0.5 (PD) - 1 (PM)
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0008	0.0024	<LC	< LC	< LC	<LC	<LC	0.0003	0.001	0.005 (PD) - 0.01 (PM)
Níquel (Ni)	mg/L	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0.05	-----	2 (PD) - 4 (PM)
Plomo (Pb)	mg/L	<LC	<LC	0.011	<LC	<LC	0.011	<LC	0.01	0.025	0.2 (PD) - 0.4 (PM)
Zinc (Zn)	mg/L	<LC	0.061	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0.01	5	10 (PD) - 20 (PM)
Fósforo Total (P)	mg/L	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	1	-----	20 (PD) - 30 (PM)
Hierro (Fe)	mg/L	0.272	0.064	0.089	0.087	0.925	4.86	<LC	0.05	0.3	-----
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	<CMC	1	-----	40 (PD) - 60 (PM)

C.M.C. = Menor a Cantidad Mínima Cuantificable; L.C. = Menor de Límite de Cuantificación, PD = Promedio Diaria, PM = Promedio Mensual.; N.D. = no determinado

IV.3.1.5.8. Disponibilidad de agua subterránea

La recarga total media anual que recibe un acuífero, corresponde a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para el acuífero Río San Pedro se estima una recarga total media anual de 41 Mm³/año. La descarga natural se estimó sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales, el caudal base de los ríos alimentados por el acuífero y las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes.

Se estimó un volumen de 17 Mm³/año. El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos al Registro Público de los Derechos del Agua (REPD), es de 31.5 Mm³/año para el 30 de septiembre del 2008. Estas cifras presentan un balance negativo para la disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Río San Pedro, indicando que no existen volúmenes adicionales para otorgar nuevas concesiones (DOF, 2018) (**Cuadro 4.25**). El mismo cálculo se llevó a cabo para la estimación de la disponibilidad media anual en el acuífero Bacoachi. Con las cantidades de la recarga total media anual de 31.7 Mm³/año, de la descarga natural comprometida de 7.6 Mm³/año y del volumen concesionado de agua subterránea de 28.6 Mm³/año, resultó una falta de disponibilidad para este acuífero de 4.5 Mm³/año (DOF, 2018) (**Cuadro 4.25**).

Para el acuífero Río Bacanuchi se reportaron cantidades de la recarga de 19 Mm³/año, de la descarga natural comprometida 6.1 Mm³/año y del volumen concesionado de agua subterránea de 12.9 Mm³/año, resultando en un déficit de 0.035 Mm³/año, lo que niega otorgar nuevas concesiones para la extracción de agua subterránea en este acuífero (DOF, 2018) (**Cuadro 4.25**).

Para el suministro de agua fresca para Buenavista del Cobre se emplearán concesiones ya otorgadas por CONAGUA para extraer alrededor de 51.23 Mm³/año en pozos que están distribuidos en los acuíferos alrededor de la mina de Cananea. El área que ocupa el SA se encuentra vedada por los decretos de veda publicados en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de septiembre de 1978 para el Meridiano 110 y de 2 de junio de 1967 para la Costa de Hermosillo.

Cuadro 4.25. Disponibilidad de agua subterránea en los acuíferos Río San Pedro, Río Bacoachi y Río Bacanuchi.

Acuífero	R	DNC	VEAS				DMA
			VCAS	VEALA	VAPTYR	VAPRH	
	millones de metros cúbicos anuales						
Río San Pedro	41.0	17.0	31.491	0.000	0.000	0.000	-7.491
Río Bacoachi	31.7	7.6	28.262	0.009	0.368	0.000	-4.539
Río Bacanuchi	19.0	6.1	12.935	0.000	0.000	0.000	-0.035

R: recarga total media anual; **DNC**: descarga natural comprometida; **VEAS**: volumen de extracción de aguas subterráneas; **VCAS**: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; **VEALA**: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; **VAPTYR**: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; **VAPRH**: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; **DMA**: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015

IV.3.2. Aspectos bióticos

IV.3.2.1. Caracterización de la Vegetación

La distribución de la vegetación es una manifestación de las interacciones entre los factores físicos y bióticos de un lugar. De acuerdo con Rzedowsky¹, las comunidades vegetales mantienen una estrecha relación con dos componentes ambientales: la fisiografía y el clima, los cuales determinan las características básicas de la vegetación. En México se presentan dos grandes divisiones biogeográficas, el Reino Holártico (conjunta las comunidades con mayor cantidad de elementos de afinidad septentrional) y el Reino Neotropical (con mayor número de elementos de afinidad meridional); esta clasificación agrupa a rasgos generales las comunidades vegetales del país.

El mismo autor definió 17 Provincias Florísticas que abarcan el territorio mexicano. De acuerdo con esta clasificación, el Sistema Ambiental se ubica en la porción norte de la Provincia Florística denominada Altiplanicie, con extensión geográfica asociada a la región fisiográfica del mismo nombre. Esta provincia se encuentra en la denominada Región Xerofítica Mexicana, la cual se clasifica dentro del Reino Neotropical (ver **Figura 4.38**). La

¹ Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Región Xerofítica Mexicana abarca aproximadamente la mitad del territorio mexicano, se extiende desde los estados de Puebla y Oaxaca hasta algunas porciones de Texas, Nuevo México, Arizona y California en los Estados Unidos de América. Se caracteriza por sus climas áridos y semiáridos, por lo que la vegetación predominante consiste típicamente en matorrales xerófilos, pastizales y bosque espinoso (mezquital).

El Sistema Ambiental (SA) definido para el proyecto, se localiza cerca del límite superior de la provincia florística Sierra Madre Occidental, perteneciente a la Región Mesoamericana de Montaña descrita como una región de transición que presenta atributos de ambos reinos Holártico y Neotropical; por lo que la diversidad florística del SA presenta una condición propia de una zona ecotonal entre ecosistemas semiáridos y templados. Las características florísticas y fisonómicas predominantes están determinadas principalmente por los factores topográficos como la presencia de sierras pequeñas que originan variaciones en la orientación del terreno y cambios en la altitud, así como el pasado geológico y los procesos de pedogénesis.

La Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, escala 1:250,000 publicada por el INEGI, muestra que las comunidades vegetales que se distribuyen en el SA son típicas de la provincia florística mencionada (**Figura 4.39**). En orden ascendente, los tipos de vegetación y uso del suelo en el SA son: vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino (43.56%), sin vegetación aparente (34.33%), pastizal natural (11.92%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pastizal natural (4.85%), bosque de encino (2.56%), vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino (1.85%) y pastizal inducido (0.92%), como se muestra en el **Cuadro 4.26**.

Cuadro 4.26. Uso del suelo y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje en el SA (%)
Bosque de encino	140.0286	2.56
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,382.3767	43.56
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino - encino	101.2448	1.85
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pastizal natural	265.1418	4.85
Pastizal natural	651.9710	11.92
Pastizal inducido	50.4083	0.92
Sin vegetación aparente	1,877.4221	34.33

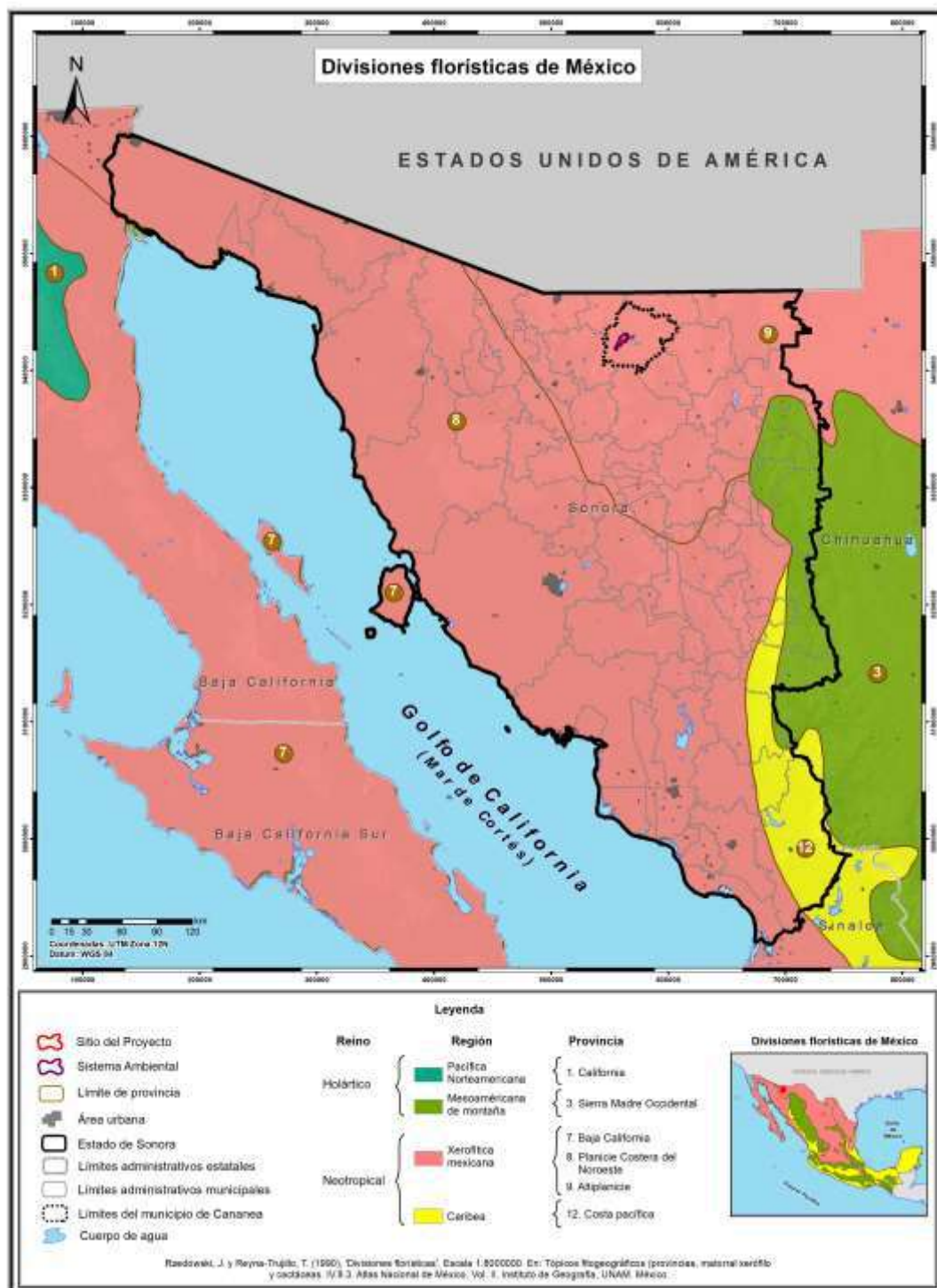


Figura 4.38. Ubicación del SA en la Provincia florística Altiplanicie.

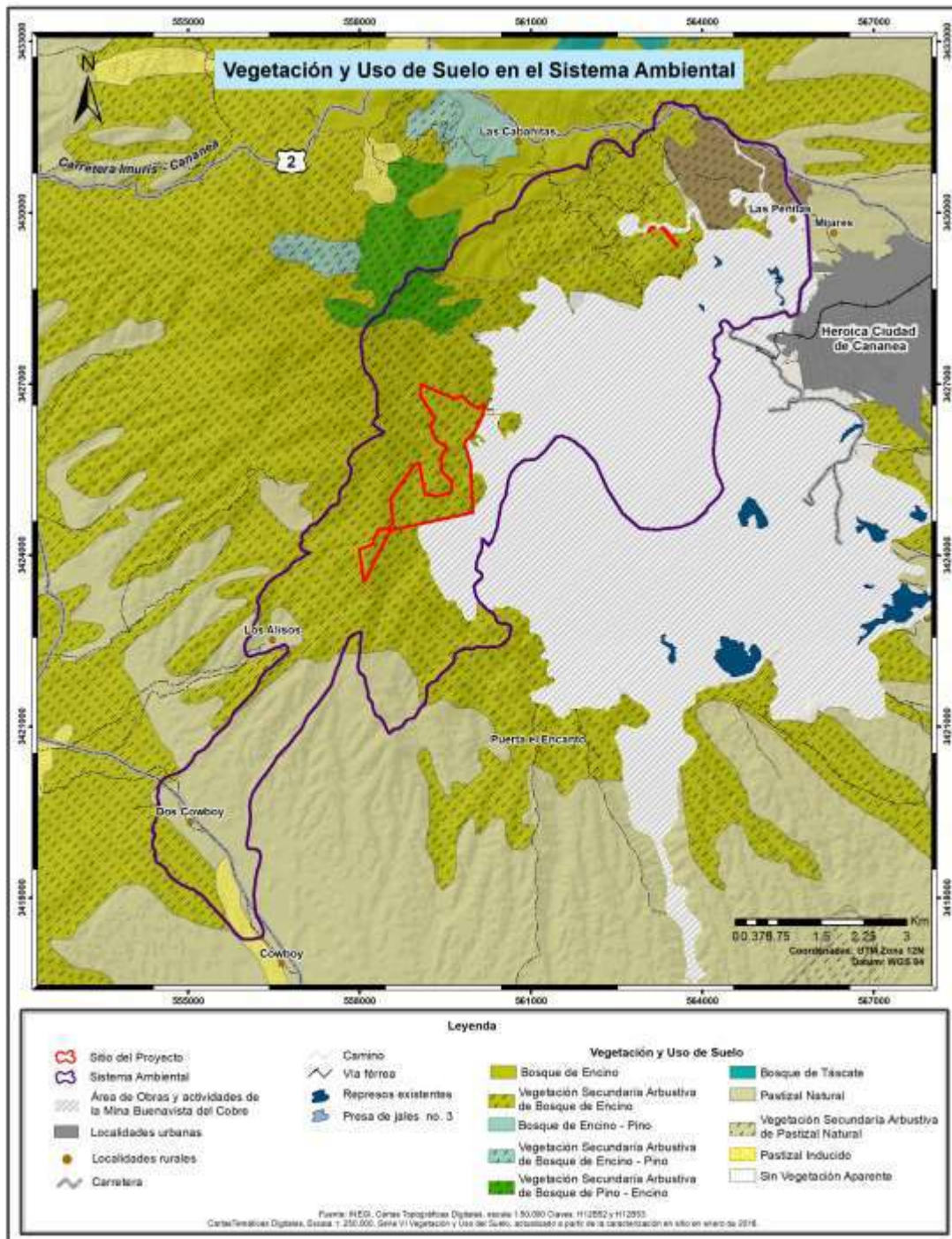


Figura 4.39. Uso del Suelo y tipo de vegetación en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.

IV.3.2.1.1. Perfil de vegetación

El perfil de vegetación es el esquema de una franja que pretende ilustrar el número de estratos, altura, cobertura y dominancia de las especies presentes en una comunidad vegetal. Para la elaboración de los perfiles esquemáticos se emplea la información de los transectos de los muestreos. La información se transfiere a una gráfica, colocando en el eje "X" los individuos y en el "Y" la altitud (m.s.n.m.) (Mendoza, 2013). Los dibujos corresponden a las características de los individuos, es decir, se considera su hábito (árbol, arbusto, hierba, etc.) y dominancia. Además, un perfil de vegetación tiene un soporte topográfico, por lo que permite visualizar la distribución de las comunidades a lo largo de un transecto de longitud variable. La dirección del corte de vegetación puede ser vertical u horizontal.

Mediante la interpretación del contenido digital de Uso del suelo y tipo de vegetación del INEGI y los recorridos de campo, se identificó la presencia de seis comunidades vegetales. Estas son de afinidad neártica y su distribución dentro del SA corresponde a un gradiente altitudinal. Se observa que las comunidades arbóreas como el bosque de encino y la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y encino-pino se encuentran en las laderas de las sierras que se encuentran en el SA. El pastizal natural se desarrolla sobre los lomeríos al oeste del SA. Esta distribución se aprecia claramente en el Perfil de vegetación que se muestra en la **Figura 4.40**.

El perfil de vegetación del SA está compuesto por cuatro tipos de vegetación que se distribuyen de izquierda a derecha: Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, la cual presenta características propias del bosque bajo abierto con dominancia de *Quercus emoryi*, *Q. oblongifolia* y *Juniperus coahuilensis*; posteriormente en los lomeríos y llanuras aluviales situadas al Sur del SA se encuentra el pastizal natural, con apariencia sabanoide donde abundan las gramíneas y árboles como *Prosopis velutina*, *Juniperus coahuilensis* y *Quercus oblongifolia* que abundan en las áreas de drenaje superficial; hacia la Sierra La Elenita, se encuentra nuevamente la comunidad de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, con más elementos neárticos como *Quercus hypoleucoides*, *Pinus cembroides* y *Juniperus deppeana*, propios del piso altitudinal en que se encuentra.

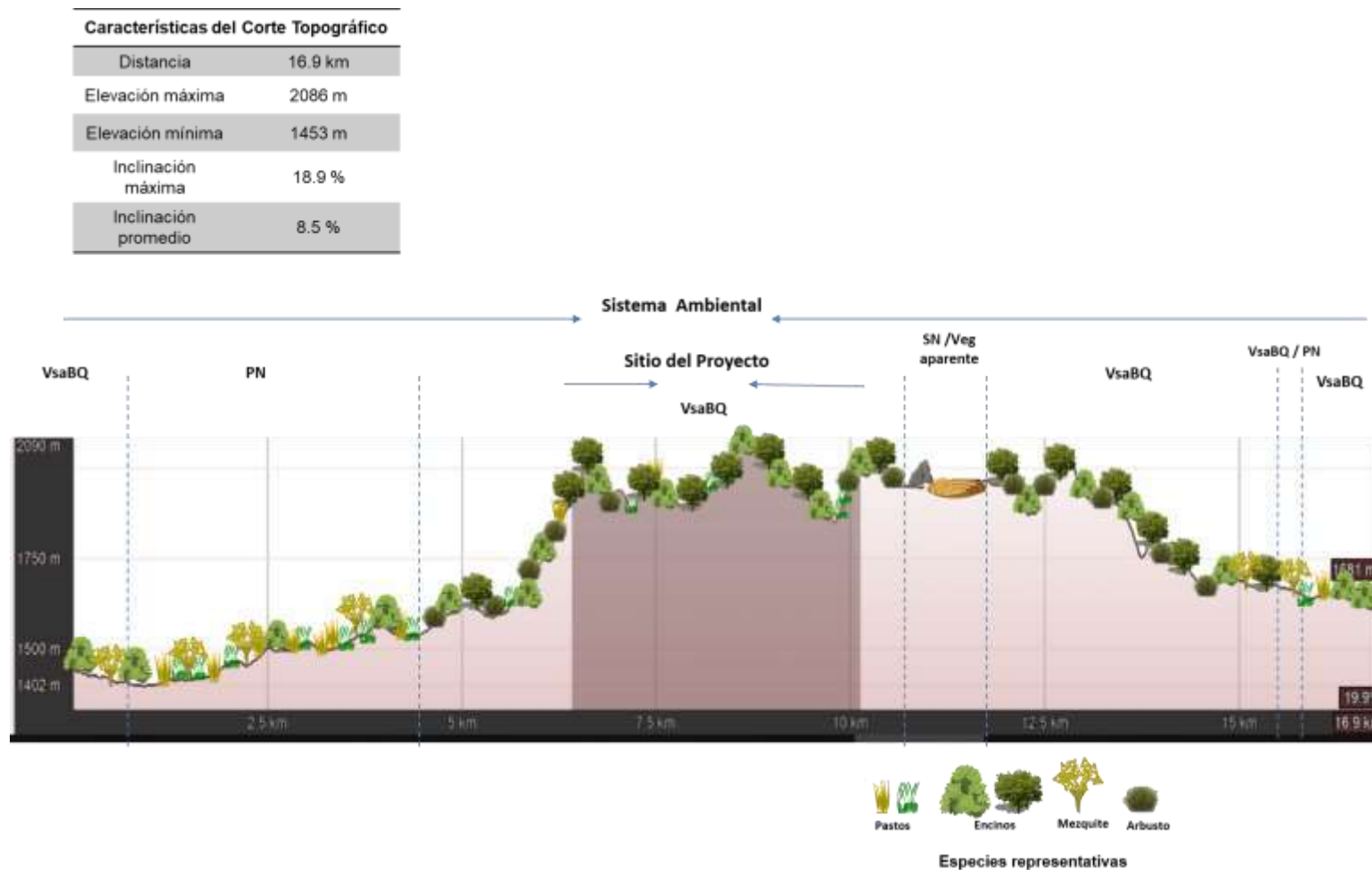


Figura 4.40. Perfil de vegetación en un corte transversal dirección Oeste-Este en el Sistema Ambiental.

A continuación se encuentra el área sin vegetación aparente, la cual señala la ubicación del Complejo Minero Buenavista del Cobre; posteriormente se presenta la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, similar a la anterior y hacia el Este a menor altitud, se desarrolla una franja ecotonal donde se encuentra la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con pastizal natural, aquí predominan especies como *Arctostaphylos pungens*, *Dasyllirion wheeleri*, *Quercus emoryi*, así como especies de la familia Cactaceae y Asparagaceae.

IV.3.2.1.2. Descripción de los Tipos de vegetación que se encuentran en el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto

Como se mencionó anteriormente, las comunidades vegetales del Sistema Ambiental están representadas por la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, el pastizal natural, la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con pastizal natural, el bosque de encino, la vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y el pastizal inducido. A continuación, se describen las características principales de estos conjuntos vegetales.

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino: Esta comunidad de tipo secundaria surge después de la modificación del ecosistema primario de bosque de pino-encino; manteniendo las mismas características florísticas pero una estructura y composición distinta a la de la comunidad primaria. Los bosques de pino-encino se distribuyen principalmente en los sistemas montañosos de México, destacando la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. Se desarrolla en climas templados, semifríos, semicálidos, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre 10 y 28°C y una precipitación anual entre 600 y 2,500 mm. El rango altitudinal va de los 300 a los 2,800 m.s.n.m.

Se caracteriza por que las especies de *Pinus* spp. son el dominante fisonómico, compartiendo el hábitat con *Quercus* spp, las cuales se presentan en menor proporción. Ecológicamente se relacionan con los bosques de encino y encino-pino hacia cotas menores y con los bosques de pino en estratos altitudinales mayores. Son árboles perennifolios y

caducifolios, su floración y fructificación es variables durante todo el año, alcanzan alturas de 8 a 35 metros.

En el Sistema Ambiental se presentan con mayor frecuencia *Pinus leiophylla*, *P. discolor* y *P. cembroides*; estas comunidades presentan encinos y coníferas de afinidad xerófila (táscates) como *Quercus oblongifolia*, *Q. emoryi*, *Q. arizonica*, *Q. hypoleucoides*, *Q. grisea*, *Q. chihuahuensis*, *Arbutus arizonica* y *Juniperus deppeana* con las cuales forman masas arbóreas muy densas. También pueden presentarse otras coníferas y latifoliadas en menor densidad (**Figura 4.41**). En el estrato arbustivo se encuentran pocas especies, destaca *Arctostaphylos pungens* esta especie incrementa su población en zonas perturbadas por incendios, por lo que se le considera una especie indicadora. Por otra parte, el estrato herbáceo es de porte bajo y con gran diversidad, algunos géneros comunes son *Lupinus*, *Castilleja*, *Verbena*, *Frangula*, *Ceanothus*, *Monarda*, *Cirsium*, además de helechos.



Figura 4.41. Comunidad secundaria de bosque de pino-encino al Norte del SA, donde se observan pequeños rodales dominados por Pinus.

Bosque de encino: Los encinares son comunidades arbóreas distribuidas en elevaciones por arriba del desierto y los pastizales, pero a menor elevación que los bosques

de pino-encino y otras coníferas. Los elementos dominantes son árboles de porte mediano (entre 4 y 8 metros de altura) del género *Quercus*; en el SA típicamente *Quercus hypoleucoides* y en menor proporción *Q. emoryi*, *Q. oblongifolia* y *Q. arizonica*, especies de baja elevación que establecen bosques bajos donde forman asociaciones *Quercus-Juniperus* (ver Figuras 4.42 y 4.43). Este tipo de vegetación es típica de sierras medianas en la región Norte del país, específicamente en las faldas de la Sierra Madre Occidental; se desarrolla a partir de los 1,300 m.s.n.m., hasta las partes medias de las montañas (piedemonte), donde forma franjas de ecotono con el bosque de pino, creando asociaciones pino-encino y encino-pino.

En el Norte de Sonora estas comunidades presentan encinos y coníferas de afinidad xerófila (piñoneros y táscates). Los encinos (*Quercus hypoleucoides*, *Q. oblongifolia*, *Q. emoryi*, *Q. arizonica*) son con frecuencia monodominantes, o pueden asociarse entre sí y con piñonero (*Pinus cembroides*, *P. discolor*), pino chino (*P. leiophylla*), encinos blancos (*Q. grisea*, *Q. chihuahuensis*), madroño (*Arbutus arizonica*) y/o táscate (*Juniperus deppeana*).



Figura 4.42. *Quercus hypoleucoides* es la especie representativa del bosque de encino en el SA.



Figura 4.43. Vista del bosque de encino con abundancia de *Arctostaphylos pungens* y al fondo *Juniperus sp.*

Los dominantes fisonómicos del bosque de encino en el Sistema Ambiental son *Q. hypoleucoides*, *Q. oblongifolia*, *Arctostaphylos pungens*, *Juniperus deppeana* y *Pinus leiophylla*. El estrato herbáceo es denso, dominado por gramíneas. El bosque de encino que se desarrolla en el SA representa comunidades de transición entre los bosques de pino-encino y los pastizales y matorrales xerófilos al oriente y al norte de la Sierra Madre Occidental, por lo que incluye con frecuencia elementos xerófilos como *Opuntia*, *Agave* y *Yucca* (González Elizondo et al., 2002).

En el SA, el bosque de encino se encuentra en una franja al Norte con dirección Este-Oeste, la cual tiene conexión paisajística hacia el norte con una comunidad más grande y conservada. Este tipo de vegetación ha sido usado como agostadero por los pobladores de Cananea, se han aprovechado los táscales para postes de cercos por su durabilidad, las ramas y los encinos secos han servido como leña, por lo que no mantiene una condición primaria o conservada.

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. Esta comunidad se ha originado por la perturbación del ecosistema de bosque de encino nativo de la región. Las características fisonómicas corresponden con la descripción de un chaparral secundario, los cuales son matorrales semi densos, cuyos elementos dominantes son arbustos esclerófilos,

perennifolios, como la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) en asociación con *Garrya wrightii* y otros elementos de hojas coriáceas y espinas.

Los elementos dominantes son árboles de porte mediano (entre 4 y 8 metros de altura) del género *Quercus*; en el SA típicamente *Quercus hypoleucoides* y *Q. emoryi*, en menor proporción *Q. oblongifolia* y *Q. arizonica*, los cuales forman asociaciones *Quercus-Juniperus*, presentándose también *Pinus leiophylla* y *P. cembroides*. En el estrato arbustivo se encuentran la manzanita (*Arctostaphylos pungens*), el gatuño (*Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*), el mezquitillo (*Mimosa* sp), la sidra (*Rhus* sp) la yuca (*Yucca* sp), el maguey (*Agave* sp), el serrucho (*Dasyllirion wheeleri*), el ocotillo (*Fouquieria splendens*) y la jarilla (*Dodonaea viscosa*), entre otros elementos de afinidad xerófila; además de una alta abundancia de gramíneas.

La vegetación secundaria de bosque de encino se extiende ampliamente por el piedemonte de las Sierras La Elenita y La Mariquita, por debajo de los bosques de pino-encino, encino-pino y encino; y por arriba de los pastizales y matorrales xerófilos que se encuentran al oriente y al norte del SA (**Figura 4.44**). Se pueden identificar dos tipos de comunidad: una dominada por *Quercus hypoleucoides* y otra dominada por *Q. emoryi*; la primera con distribución en altitudes mayores y pendientes disectadas; y la segunda en cotas menores donde predominan los lomeríos (ver **Figuras 4.45 a 4.47**).

En el SA, el bosque de encino se encuentra en el 43.56% de la superficie total. Se distribuye al Norte, Noreste y Centro, rodeando las Sierras La Mariquita y La Elenita.



Figura 4.44. Vista panorámica dirección NE-SO observándose la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino desarrollada en los lomeríos y piedemonte de la Sierra La Elenita y La Mariquita.



Figura 4.45. La vegetación secundaria de bosque de encino al Este del Sistema Ambiental, los elementos arbóreos dominantes son Juniperus, Arctostaphylos, Garrya y Quercus.



Figura 4.46. Corte vertical de la vegetación secundaria de bosque de encino desarrollado al Este del SA con abundancia de manzanita (*Arctostaphylos pungens*), especie indicadora de disturbio.



Figura 4.47. Corte vertical de la vegetación secundaria del bosque de encino al Oeste del SA, con dominancia de *Q. hypoleucoides* apreciándose un dosel semi abierto y un estrato herbáceo raro.

Pastizal natural. Es una comunidad dominada por especies de gramíneas y graminoides, acompañadas por hierbas y arbustos de leguminosas y compuestas. Su principal área de distribución en América es la zona de transición entre matorrales xerófilos y los diversos tipos de bosque templado y bosques abiertos; en México el área de pastizales más importante se encuentra en la base de la Sierra Madre Occidental, en el Noroeste del país. Los pastizales que se encuentran en el Sistema Ambiental y en general en la Provincia Florística Altiplanicie se han denominado "pastizales de altura" por ser comunidades que se desarrollan sobre planicies y lomeríos en altitudes de hasta 1,700 m s.n.m., donde las temperaturas de congelación son comunes y son un factor determinante para la distribución de la flora. Los árboles y arbustos en esta comunidad son escasos y están representados por los géneros *Rhus*, *Acacia*, *Prosopis*, *Opuntia* y *Mimosa*; principalmente.

La flora de plantas leñosas está casi restringida a los arroyos y áreas de drenaje superficial, presentándose el género *Juniperus* y *Quercus* típicamente, pero en bajas densidades. Entre los géneros de herbáceas que destacan por su abundancia se encuentran *Aristida*, *Bouteloua*, *Digitaria*, *Botriochloa*, *Heteropogon*, *Eragrostis*, *Leptochloa*, *Lycurus*, *Muhlenbergia*, *Panicum*, *Paspalum*, *Schizachyrium*, *Setaria* y *Sporobolus*. Este tipo de pastizal se encuentra por arriba del desierto y los matorrales, está rodeado por bosque abierto de encino y táscate, con los que mantiene una estrecha relación (ver **Figura 4.48**) (Martínez-Yrizar *et al.*, 2010; Van Devender *et al.*, 2005, González-Elizondo *et al.*, 2012).

Los pastizales son ecosistemas muy vulnerables a la fragmentación; la principal razón de esta vulnerabilidad es su uso como terrenos de agostadero, dado que la eliminación del material combustible por el pastoreo ha afectado el régimen natural de los incendios y esto ha permitido el establecimiento de arbustos leñosos como mezquites y uña de gato, modificando su estructura y composición a un estado de vegetación secundaria (**Figura 4.49**). En los últimos años, la superficie de pastizal natural en la región disminuyó; mientras que los parches de mezquital incrementaron en tamaño, número y conectividad (López Saavedra, 2008). Debido a este fenómeno grandes zonas de los pastizales de la región ya se clasifican como Pastizales naturales con vegetación secundaria arbustiva. Este fenómeno avanza progresivamente por la dispersión de las semillas de los mezquites por el ganado.



Figura 4.48. Extensión del pastizal natural sobre los lomeríos al Sur del Sistema Ambiental.



Figura 4.49. Vegetación de pastizal natural en un valle al Sur del SA, donde se observa la invasión de mezquite en áreas sobrepastoreadas.

Sin vegetación aparente. En el Sistema Ambiental se encuentra una gran superficie desprovista de vegetación (34.33%). Estas áreas pertenecen al Complejo Minero Buenavista del Cobre (**Figura 4.50**), han sido desmontadas para el aprovechamiento de minerales y materiales pétreos, con previa autorización en materia de Impacto Ambiental y Cambio de Uso de Suelo.



Figura 4.50. El Complejo Minero Buenavista del Cobre, visto desde el Poniente del Sistema Ambiental.

En el Sitio del Proyecto se presenta la **vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino**. Las características fisonómicas y ecológicas en esta área son similares a las encontradas a nivel del Sistema Ambiental, siendo *Quercus hypoleucoides*, *Juniperus deppeana* y *Pinus cembroides* los dominantes fisonómicos. Otras especies presentes son *Q. emoryi*, *Q. oblongifolia*, *Arctostaphylos pungens*, *Garrya wrightii*, *Yucca baccata* y *Nolina microcarpa*; además de una gran diversidad de especies de gramíneas.

De manera general, la vegetación mantiene elementos de la vegetación original pese a encontrarse en un proceso de degradación.

IV.3.2.1.3. Listados florísticos del Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto

De acuerdo con la bibliografía (Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino *et al.*, 2005) y estudios florísticos realizados con anterioridad en el Área del Sistema Ambiental, se tiene registro de 113 especies de flora con distribución en el SA. Estas pertenecen a 36 familias botánicas y 79 géneros; 24 de ellas son de porte arbóreo, 39 arbustivas, dos enredaderas y 48 herbáceas como se muestra en el **Cuadro 4.27** y en el **Anexo 4.6**.

Cuadro 4.27. Especies de flora que se encuentran en el Sistema Ambiental (según Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino *et al.*, 2005).

Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma vital
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite	Herbácea
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>	<i>Rhus aromatica</i>	Saladito	Arbustiva
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>	<i>Rhus virens</i> var. <i>Choriophylla</i>	Sidra	Arbustiva
Apocynaceae	<i>Asclepias</i>	<i>Asclepias nummularia</i>	Asclepia	Herbácea
Asparagaceae	<i>Agave</i>	<i>Agave parryi</i> var. <i>huachucensis</i>	Maguey	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Agave</i>	<i>Agave palmeri</i>	Agave	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Agave</i>	<i>Agave parryi</i>	Agave	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Dasyllirion</i>	<i>Dasyllirion wheeleri</i>	Serrucho	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Nolina</i>	<i>Nolina microcarpa</i>	Palma sacahuista	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Yucca</i>	<i>Yucca baccata</i>	Yuca	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Yucca</i>	<i>Yucca elata</i>	Yuca	Arbustiva
Asteraceae	<i>Ambrosia</i>	<i>Ambrosia confertiflora</i>	Estafiate	Arbustiva
Asteraceae	<i>Artemisia</i>	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Artemisa	Herbácea
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jarilla	Arbustiva
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis sarothroides</i>	Romerillo	Arbustiva
Asteraceae	<i>Cirsium</i>	<i>Cirsium arizonicum</i>	ND	Herbácea
Asteraceae	<i>Ericameria</i>	<i>Ericameria nauseosa</i>	Hierba del hambre	Herbácea
Asteraceae	<i>Erigeron</i>	<i>Erigeron</i> sp.	ND	Herbácea
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i>	<i>Pseudognaphalium</i> sp	Gordolobo	Herbácea
Asteraceae	<i>Roldana</i>	<i>Roldana hartwegii</i>	ND	Herbácea
Bignoniaceae	<i>Chilopsis</i>	<i>Chilopsis linearis</i>	Mimbres	Arbórea
Cactaceae	<i>Coryphantha</i>	<i>Coryphantha recurvata</i>	Biznaga partida de espinas curvas	Arbustiva
Cactaceae	<i>Cylindropuntia</i>	<i>Cylindropuntia spinosior</i>	Tasajillo	Arbustiva
Cactaceae	<i>Cylindropuntia</i>	<i>Cylindropuntia versicolor</i>	Cardenche	Arbustiva

Cuadro 4.27. Especies de flora que se encuentran en el Sistema Ambiental (según Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino et al., 2005).

Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma vital
Cactaceae	<i>Echinocereus</i>	<i>Echinocereus fendleri</i>	Alicoche	Arbustiva
Cactaceae	<i>Echinocereus</i>	<i>Echinocereus rigidissimus</i>	Viejito rosa	Arbustiva
Cactaceae	<i>Escobaria</i>	<i>Escobaria vivipara</i>	Estrella de la tarde	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia gosseliniana</i>	Nopal violeta	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia macrocentra</i>	Nopal violáceo	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia macrorhiza</i>	Nopal raizudo	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia phaeacantha</i>	Nopal	Arbustiva
Cannabaceae	<i>Celtis</i>	<i>Celtis reticulata</i>	Palo blanco	Arbórea
Amaranthaceae	<i>Atriplex</i>	<i>Atriplex barclayana</i>	Atriplex	Arbustiva
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>Ipomoea</i> sp.	Cualmecate	Herbácea
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita</i>	<i>Cucurbita digitata</i>	Calabacilla	Enredadera
Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	<i>Juniperus coahuilensis</i>	Huata	Arbórea
Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Arbórea
Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	<i>Juniperus monosperma</i>	Sabino	Arbórea
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus esculentus</i>	Chufa	Arbustiva
Ericaceae	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus arizonica</i>	Madroño norteño	Arbórea
Ericaceae	<i>Arctostaphylos</i>	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita	Arbustiva
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus</i>	<i>Cnidoscolus angustidens</i>	Mala mujer	Herbácea
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia angustissima</i>	Guajillo	Arbórea
Fabaceae	<i>Calliandra</i>	<i>Calliandra eriophylla</i>	Cósahui del norte	Arbustiva
Fabaceae	<i>Eysenhardtia</i>	<i>Eysenhardtia orthocarpa</i>	Palo dulce	Arbustiva
Fabaceae	<i>Havardia</i>	<i>Havardia mexicana</i>	Palo chino	Arbustiva
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i> sp.	ND	Herbácea
Fabaceae	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> var. <i>biuncifera</i>	Gatuño	Arbustiva
Fabaceae	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa dysocarpa</i>	Mezquitillo	Arbustiva
Fabaceae	<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	Arbórea
Fabaceae	<i>Vachellia</i>	<i>Vachellia constricta</i>	Vinorama	Arbustiva
Fabaceae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia pulchella</i>	ND	Herbácea
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus arizonica</i>	Encino blanco	Arbórea
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus emoryi</i>	Bellota	Arbórea
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus hypoleucoides</i>	Encino colorado	Arbórea
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus oblongifolia</i>	Bellota de cochi	Arbórea
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria</i>	<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	Arbustiva
Garryaceae	<i>Garrya</i>	<i>Garrya wrightii</i>	Garria	Arbustiva

Cuadro 4.27. Especies de flora que se encuentran en el Sistema Ambiental (según Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino et al., 2005).

Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma vital
Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia</i>	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Corona de cristo	Arbustiva
Lamiaceae	<i>Monarda</i>	<i>Monarda citriodora</i> ssp. <i>austromontana</i>	Orégano	Herbácea
Malvaceae	<i>Gossypium</i>	<i>Gossypium thurberi</i>	Algodoncillo	Arbustiva
Oleaceae	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus velutina</i>	Fresno	Arbórea
Orobanchaceae	<i>Castilleja</i>	<i>Castilleja tenuifolia</i>	ND	Herbácea
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus arizonica</i>	Pino de Arizona	Arbórea
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero	Arbórea
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus discolor</i>	Pino piñonero	Arbórea
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus engelmannii</i>	Pino apache	Arbórea
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i>	Pino chimonque	Arbórea
Platanaceae	<i>Platanus</i>	<i>Platanus racemosa</i>	Sicomoro	Arbórea
Platanaceae	<i>Platanus</i>	<i>Platanus wrightii</i>	Aliso	Arbórea
Poaceae	<i>Andropogon</i>	<i>Andropogon citratus</i>	Zacate tallo azul	Herbácea
Poaceae	<i>Andropogon</i>	<i>Andropogon tener</i>	Popotillo delgado	Herbácea
Poaceae	<i>Aristida</i>	<i>Aristida shiediana</i>	Tres barbas vagabundo	Herbácea
Poaceae	<i>Aristida</i>	<i>Aristida ternipes</i>	Zacate araña	Herbácea
Poaceae	<i>Bothriochloa</i>	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Popotillo	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua chondrosioides</i>	Navajita morada	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Zacate banderilla	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua eriopoda</i>	Navajita negra	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajilla	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Navajita velluda	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua repens</i>	Navajilla delgada	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua scorpioides</i>	Navajita alacrán	Herbácea
Poaceae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus anomalus</i>	ND	Herbácea
Poaceae	<i>Chloris</i>	<i>Chloris virgata</i>	Zacate lagunero	Herbácea
Poaceae	<i>Digitaria</i>	<i>Digitaria californica</i>	Punta blanca	Herbácea
Poaceae	<i>Elyonorus</i>	<i>Elyonorus muticus</i>	Zacate lanudo	Herbácea
Poaceae	<i>Eragrostis</i>	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	Herbácea
Poaceae	<i>Heteropogon</i>	<i>Heteropogon contortus</i>	Zacate colorado	Herbácea
Poaceae	<i>Hilaria</i>	<i>Hilaria belangeri</i>	Zacate chino	Herbácea
Poaceae	<i>Hilaria</i>	<i>Hilaria mutica</i>	Zacate toboso	Herbácea
Poaceae	<i>Leptochloa</i>	<i>Leptochloa dubia</i>	Zacate gigante	Herbácea
Poaceae	<i>Lycurus</i>	<i>Lycurus phleoides</i>	Zacate lobo	Herbácea
Poaceae	<i>Muhlenbergia</i>	<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	Zacate toro	Herbácea

Cuadro 4.27. Especies de flora que se encuentran en el Sistema Ambiental (según Shreve y Wiggins, 1964; Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1997; Lomolino et al., 2005).

Familia	Género	Especie	Nombre común	Forma vital
Poaceae	<i>Muhlenbergia</i>	<i>Muhlenbergia montana</i>	Liendrilla de la montaña	Herbácea
Poaceae	<i>Poa</i>	<i>Poa fendleriana</i>	Zacate azul borreguero	Herbácea
Poaceae	<i>Schizachyrium</i>	<i>Schizachyrium cirratum</i>	Popotillo texano	Herbácea
Poaceae	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus airoides</i>	Zacatón alcalino	Herbácea
Poaceae	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus cryptandrus</i>	Zacatón desgranador	Herbácea
Pteridaceae	<i>Myriopteris</i>	<i>Myriopteris lindheimeri</i>	Helecho	Herbácea
Ranunculaceae	<i>Delphinium</i>	<i>Delphinium sp.</i>	ND	Herbácea
Rhamnaceae	<i>Ceanothus</i>	<i>Ceanothus fendleri</i>	Corona de indio	Herbácea
Rhamnaceae	<i>Frangula</i>	<i>Frangula betulifolia</i>	ND	Arbustiva
Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	Arbórea
Rosaceae	<i>Purshia</i>	<i>Purshia mexicana</i>	ND	Arbustiva
Rubiaceae	<i>Bouvardia</i>	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Herbácea
Salicaceae	<i>Populus</i>	<i>Populus fremontii</i>	Alamo	Arbórea
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Salix gooddingii</i>	Sauz	Arbórea
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Salix taxifolia</i>	Sauz negro	Arbórea
Sapindaceae	<i>Dodonaea</i>	<i>Dodonaea viscosa</i>	Tarachi	Arbustiva
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i>	Tomatillo espinoso	Herbácea
Verbenaceae	<i>Verbena</i>	<i>Verbena carolina</i>	Verbena	Herbácea
Vitaceae	<i>Vitis</i>	<i>Vitis arizonica</i>	Uva cimarrona	Enredadera

ND: No Documentado.

De las especies que tienen distribución natural en el Sistema Ambiental, se estima un registro de 72 para el Sitio del Proyecto. Estas especies se clasifican en 27 familias botánicas y 57 géneros (**Cuadro 4.28**):

Cuadro 4.28. Especies de flora encontradas en el Sitio del Proyecto (214.4390 ha).

Familia	Especie	Nombre común	Forma vital
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite	Herbácea
Anacardiaceae	<i>Rhus aromatica</i>	Saladito	Arbustiva
Anacardiaceae	<i>Rhus virens var. Choriophylla</i>	Sidra	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Agave parryi var. huachucensis</i>	Maguey	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Dasyllirion wheeleri</i>	Serrucho	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Nolina microcarpa</i>	Palma sacahuista	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Yucca baccata</i>	Yuca	Arbustiva

Cuadro 4.28. Especies de flora encontradas en el Sitio del Proyecto (214.4390 ha).

Familia	Especie	Nombre común	Forma vital
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Artemisa	Herbácea
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jarilla	Arbustiva
Asteraceae	<i>Baccharis sarothroides</i>	Romerillo	Arbustiva
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium sp</i>	Gordolobo	Herbácea
Asteraceae	<i>Roldana hartwegii</i>	ND	Herbácea
Cactaceae	<i>Cylindropuntia spinosior</i>	Tasajillo	Arbustiva
Cactaceae	<i>Echinocereus rigidissimus</i>	Viejito rosa	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia macrocentra</i>	Nopal violáceo	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia phaeacantha</i>	Nopal	Arbustiva
Amaranthaceae	<i>Atriplex barclayana</i>	Atriplex	Arbustiva
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>	Cualmecate	Herbácea
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Táscate	Árborea
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	Chufa	Arbustiva
Ericaceae	<i>Arbutus arizonica</i>	Madroño norteño	Árborea
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita	Arbustiva
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus angustidens</i>	Mala mujer	Herbácea
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	Guajillo	Árborea
Fabaceae	<i>Calliandra eriophylla</i>	Cósahui del norte	Arbustiva
Fabaceae	<i>Lupinus sp.</i>	ND	Herbácea
Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera</i>	Gatuño	Arbustiva
Fabaceae	<i>Mimosa dysocarpa</i>	Mezquitillo	Arbustiva
Fabaceae	<i>Prosopis velutina</i>	Mezquite	Árborea
Fabaceae	<i>Vachellia constricta</i>	Vinorama	Arbustiva
Fabaceae	<i>Vicia pulchella</i>	ND	Herbácea
Fagaceae	<i>Quercus arizonica</i>	Encino blanco	Árborea
Fagaceae	<i>Quercus emoryi</i>	Bellota	Árborea
Fagaceae	<i>Quercus hypoleucoides</i>	Encino colorado	Árborea
Fagaceae	<i>Quercus oblongifolia</i>	Bellota de cochi	Árborea
Garryaceae	<i>Garrya wrightii</i>	Garra	Arbustiva
Lamiaceae	<i>Monarda citriodora ssp. austromontana</i>	Orégano	Herbácea
Malvaceae	<i>Gossypium thurberi</i>	Algodoncillo	Arbustiva
Oleaceae	<i>Fraxinus velutina</i>	Fresno	Árborea
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuifolia</i>	ND	Herbácea
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero	Árborea
Poaceae	<i>Andropogon tener</i>	Popotillo delgado	Herbácea
Poaceae	<i>Aristida shiedeana</i>	Tres barbas vagabundo	Herbácea

Cuadro 4.28. Especies de flora encontradas en el Sitio del Proyecto (214.4390 ha).

Familia	Especie	Nombre común	Forma vital
Poaceae	<i>Aristida ternipes</i>	Zacate araña	Herbácea
Poaceae	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Popotillo	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua chondrosioides</i>	Navajita morada	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Zacate banderilla	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua eriopoda</i>	Navajita negra	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajilla	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Navajita velluda	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua repens</i>	Navajilla delgada	Herbácea
Poaceae	<i>Bouteloua scorpioides</i>	Navajita alacrán	Herbácea
Poaceae	<i>Chloris virgata</i>	Zacate lagunero	Herbácea
Poaceae	<i>Digitaria californica</i>	Punta blanca	Herbácea
Poaceae	<i>Elyonorus muticus</i>	Zacate lanudo	Herbácea
Poaceae	<i>Eragrostis intermedia</i>	Zacate llanero	Herbácea
Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i>	Zacate colorado	Herbácea
Poaceae	<i>Hilaria belangeri</i>	Zacate chino	Herbácea
Poaceae	<i>Hilaria mutica</i>	Zacate toboso	Herbácea
Poaceae	<i>Leptochloa dubia</i>	Zacate gigante	Herbácea
Poaceae	<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	Zacate toro	Herbácea
Poaceae	<i>Schizachyrium cirratum</i>	Popotillo texano	Herbácea
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	Zacatón alcalino	Herbácea
Poaceae	<i>Sporobolus cryptandrus</i>	Zacatón desgranador	Herbácea
Pteridaceae	<i>Myriopteris lindheimeri</i>	Helecho	Herbácea
Ranunculaceae	<i>Delphinium sp.</i>	ND	Herbácea
Rhamnaceae	<i>Frangula betulifolia</i>	ND	Arbustiva
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	Arbórea
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Herbácea
Salicaceae	<i>Populus fremontii</i>	Alamo	Arbórea
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i>	Verbena	Herbácea
Vitaceae	<i>Vitis arizonica</i>	Uva cimarrona	Enredadera

ND: No Documentado.

IV.3.2.1.4. Formas vitales

La flora de México presenta una gran diversidad de tipos morfológicos de plantas, conocidos como formas biológicas o formas vitales. Estas formas biológicas (árboles, arbustos, trepadoras, etc.) pueden ser un indicador del acoplamiento de la planta al medio en que viven (Rzedowski, 1978) o bien, la diversidad de formas vitales es un indicador del estado del ecosistema (clímax).

En el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto se encuentran especies de porte arbóreo, arbustivo, herbáceas (incluyendo helechos) y enredaderas. Por las características del ecosistema, las plantas herbáceas son las más abundantes, seguidas de los arbustos y los árboles. En las **Figuras 4.51 y 4.52** se aprecia la agrupación de las especies según su hábito, tanto a nivel del SA como del Sitio del Proyecto:

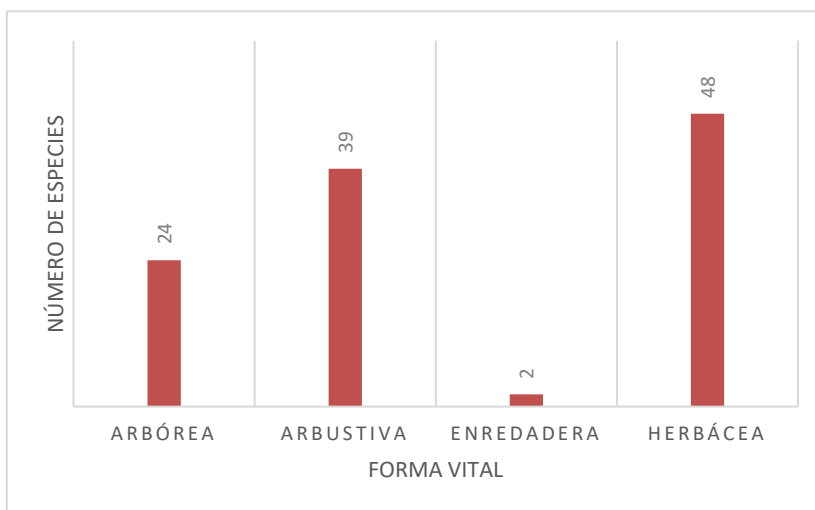


Figura 4.51. Forma vital de las especies de flora con distribución en el Sistema Ambiental.

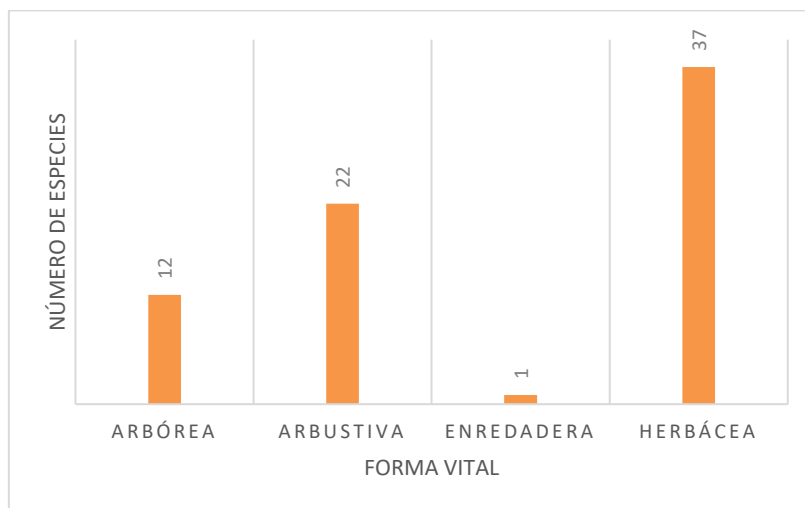


Figura 4.52. Forma vital de las especies de flora reportadas en el Sitio del Proyecto.

IV.3.2.1.5. Características estructurales de la vegetación

De las 113 especies reportadas de manera bibliográfica en el Sistema Ambiental, se registró mediante un muestreo en campo un total de 52 especies, las cuales se distribuyen en 22 familias botánicas, donde predomina la familia Poaceae con 23 especies, seguida de Fagaceae con 3 especies y Ericaceae y Fabaceae con dos especies cada una. Estas se distribuyen en cuatro formas vitales, 7 arbóreas, 9 arbustivas, 1 enredadera y 35 herbáceas.

El registro de estas especies se realizó mediante el levantamiento en Sitio de 8 puntos de muestreo, sus coordenadas se muestran en el **Cuadro 4.29** y **Anexo 4.6**. En el **Anexo 4.7** se explica la metodología para la caracterización de la vegetación:

Cuadro 4.29. Sitios de muestreo en el Sistema Ambiental.

Sitio	UTM - X	UTM - Y
PMV-SA1	560014	3429423
PMV-SA2	561158	3430376
PMV-SA3	562894	3430702
PMV-SA4	561256	3429325
PMV-SA5	562470	3428864
PMV-SA6	563264	3429585
PMV-SA7	558351	3424878

Cuadro 4.29. Sitios de muestreo en el Sistema Ambiental.

Sitio	UTM - X	UTM - Y
PMV-SA8	559010	3427077

El análisis de los parámetros estructurales de la vegetación (densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, cuya suma da el Valor de importancia) y la estimación de los índices de diversidad (diversidad de Simpson y Shannon) se muestran en el **Cuadro 4.30**.

Cuadro 4.30. Características estructurales e índices de diversidad de la vegetación en el Sistema Ambiental, Área de Influencia y Sitio del Proyecto.

Familia	Especie	Forma vital	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de importancia	pi (Abundancia relativa)	pi^2 (Índice de SIMPSON)	H' (Índice de SHANNON)
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Arbórea	0.0059	0.0275	0.0059	0.0393	0.0059	0.0000	-0.0303
Ericaceae	<i>Arbutus arizonica</i>	Arbórea	0.0043	0.0183	0.0043	0.0269	0.0043	0.0000	-0.0234
Fagaceae	<i>Quercus hypoleucoides</i>	Arbórea	0.0301	0.0459	0.0301	0.1060	0.0301	0.0009	-0.1054
Fagaceae	<i>Quercus oblongifolia</i>	Arbórea	0.0306	0.0642	0.0306	0.1254	0.0306	0.0009	-0.1067
Fagaceae	<i>Quercus emoryi</i>	Arbórea	0.0113	0.0367	0.0113	0.0592	0.0113	0.0001	-0.0506
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>	Arbórea	0.0134	0.0459	0.0134	0.0727	0.0134	0.0002	-0.0579
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Arbórea	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Anacardiaceae	<i>Rhus aromatica</i>	Arbustiva	0.0199	0.0642	0.0199	0.1039	0.0199	0.0004	-0.0778
Asparagaceae	<i>Dasylirion wheeleri</i>	Arbustiva	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Asparagaceae	<i>Yucca baccata</i>	Arbustiva	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Asparagaceae	<i>Nolina microcarpa</i>	Arbustiva	0.0038	0.0183	0.0038	0.0259	0.0038	0.0000	-0.0210
Cactaceae	<i>Echinocereus rigidissimus</i>	Arbustiva	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Arbustiva	0.0623	0.0459	0.0623	0.1704	0.0623	0.0039	-0.1729
Fabaceae	<i>Mimosa dysocarpa</i>	Arbustiva	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Garryaceae	<i>Garrya wrightii</i>	Arbustiva	0.0043	0.0183	0.0043	0.0269	0.0043	0.0000	-0.0234
Rhamnaceae	<i>Frangula betulifolia</i>	Arbustiva	0.0016	0.0183	0.0016	0.0216	0.0016	0.0000	-0.0104
Vitaceae	<i>Vitis arizonica</i>	Enredadera	0.0027	0.0092	0.0027	0.0145	0.0027	0.0000	-0.0159
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i>	Herbácea	0.0027	0.0183	0.0027	0.0237	0.0027	0.0000	-0.0159
Asteraceae	<i>Erigeron</i> sp.	Herbácea	0.0059	0.0092	0.0059	0.0210	0.0059	0.0000	-0.0303
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i> sp	Herbácea	0.0123	0.0183	0.0123	0.0430	0.0123	0.0002	-0.0543
Asteraceae	<i>Roldana hartwegii</i>	Herbácea	0.0005	0.0092	0.0005	0.0102	0.0005	0.0000	-0.0040
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Herbácea	0.0011	0.0092	0.0011	0.0113	0.0011	0.0000	-0.0073
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	Herbácea	0.0003	0.0092	0.0003	0.0098	0.0003	0.0000	-0.0026
Fabaceae	<i>Vicia pulchella</i>	Herbácea	0.0011	0.0092	0.0011	0.0113	0.0011	0.0000	-0.0073
Lamiaceae	<i>Monarda citriodora</i> ssp. <i>austromontana</i>	Herbácea	0.0016	0.0183	0.0016	0.0216	0.0016	0.0000	-0.0104
Poaceae	<i>Andropogon citratus</i>	Herbácea	0.0950	0.0459	0.0950	0.2359	0.0950	0.0090	-0.2237
Poaceae	<i>Aristida ternipes</i>	Herbácea	0.0612	0.0275	0.0612	0.1499	0.0612	0.0037	-0.1710
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Herbácea	0.0177	0.0183	0.0177	0.0538	0.0177	0.0003	-0.0715
Poaceae	<i>Bouteloua gracilis</i>	Herbácea	0.0311	0.0183	0.0311	0.0806	0.0311	0.0010	-0.1080
Poaceae	<i>Eragrostis intermedia</i>	Herbácea	0.0966	0.0092	0.0966	0.2025	0.0966	0.0093	-0.2258

Cuadro 4.30. Características estructurales e índices de diversidad de la vegetación en el Sistema Ambiental, Área de Influencia y Sitio del Proyecto.

Familia	Especie	Forma vital	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de importancia	pi (Abundancia relativa)	pi ² (Índice de SIMPSON)	H' (Índice de SHANNON)
Poaceae	<i>Digitaria californica</i>	Herbácea	0.0370	0.0183	0.0370	0.0924	0.0370	0.0014	-0.1221
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Herbácea	0.0231	0.0092	0.0231	0.0553	0.0231	0.0005	-0.0870
Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i>	Herbácea	0.0242	0.0183	0.0242	0.0667	0.0242	0.0006	-0.0899
Poaceae	<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	Herbácea	0.0607	0.0183	0.0607	0.1397	0.0607	0.0037	-0.1700
Poaceae	<i>Sporobolus cryptandrus</i>	Herbácea	0.0494	0.0275	0.0494	0.1263	0.0494	0.0024	-0.1486
Poaceae	<i>Andropogon tener</i>	Herbácea	0.0064	0.0092	0.0064	0.0221	0.0064	0.0000	-0.0325
Poaceae	<i>Aristida shiediana</i>	Herbácea	0.0086	0.0092	0.0086	0.0264	0.0086	0.0001	-0.0409
Poaceae	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Herbácea	0.0070	0.0092	0.0070	0.0231	0.0070	0.0000	-0.0347
Poaceae	<i>Bouteloua chondrosioides</i>	Herbácea	0.0081	0.0092	0.0081	0.0253	0.0081	0.0001	-0.0388
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Herbácea	0.0274	0.0183	0.0274	0.0731	0.0274	0.0007	-0.0985
Poaceae	<i>Bouteloua eriopoda</i>	Herbácea	0.0295	0.0183	0.0295	0.0774	0.0295	0.0009	-0.1040
Poaceae	<i>Bouteloua repens</i>	Herbácea	0.0236	0.0092	0.0236	0.0564	0.0236	0.0006	-0.0885
Poaceae	<i>Bouteloua scirpioides</i>	Herbácea	0.0333	0.0183	0.0333	0.0849	0.0333	0.0011	-0.1133
Poaceae	<i>Chloris virgata</i>	Herbácea	0.0129	0.0092	0.0129	0.0349	0.0129	0.0002	-0.0561
Poaceae	<i>Elyonorus muticus</i>	Herbácea	0.0118	0.0092	0.0118	0.0328	0.0118	0.0001	-0.0524
Poaceae	<i>Hilaria belangeri</i>	Herbácea	0.0247	0.0183	0.0247	0.0677	0.0247	0.0006	-0.0914
Poaceae	<i>Schizachyrium cirratum</i>	Herbácea	0.0263	0.0183	0.0263	0.0710	0.0263	0.0007	-0.0957
Poaceae	<i>Sporobolus airoides</i>	Herbácea	0.0081	0.0183	0.0081	0.0345	0.0081	0.0001	-0.0388
Pteridaceae	<i>Myriopteris lindheimeri</i>	Herbácea	0.0483	0.0183	0.0483	0.1150	0.0483	0.0023	-0.1464
Ranunculaceae	<i>Delphinium sp.</i>	Herbácea	0.0027	0.0092	0.0027	0.0145	0.0027	0.0000	-0.0159
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Herbácea	0.0059	0.0183	0.0059	0.0302	0.0059	0.0000	-0.0303
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i>	Herbácea	0.0011	0.0092	0.0011	0.0113	0.0011	0.0000	-0.0073
			1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	1.0000	0.0463	-3.3510
				Diversidad:		0.9537			

Las especies con mayor VIR en el estrato arbóreo son *Quercus hypoleucoides* (0.160), *Q. oblongifolia* (0.125), *Q. emoryi* (0.059) y *Pinus cembroides* (0.072). En el estrato arbustivo destacan *Arctostaphylos pungens* (0.170) y *Rhus aromatica* (0.103). En el estrato herbáceo destacan *Andropogon citratus* (0.235), *Aristida ternipes* (0.149), *Bouteloua curtipendula* (0.055), *Bouteloua gracilis* (0.0806), *Eragrostis intermedia* (0.202), *Digitaria californica* (0.092), *Bouteloua hirsuta* (0.055), *Heteropogon contortus* (0.066), *Muhlenbergia emersleyi* (0.139), *Sporobolus cryptandrus* (0.126), *Bouteloua eriopoda* (0.079), *Bouteloua repens* (0.057), *Bouteloua scorpioides* (0.087), *Hilaria berlandieri* (0.069), *Schizachyrium cirratum* (0.072) y *Myriopteris lindheimeri* (0.118).

IV.3.2.1.6. Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, tiene como objetivo identificar a las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo dentro de la República Mexicana, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones. De acuerdo con la revisión bibliográfica y los recorridos de campo realizados en el Sistema Ambiental, no se encontraron individuos de las especies de flora silvestre listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IV.3.2.1.7. Especies de interés biológico

A continuación, se presentan las especies de interés biológico que se identificaron para el sitio del Proyecto y se describe su importancia para los ecosistemas que se encuentran en el Sistema Ambiental y Sitio del Proyecto:

Sotol o Maguey (*Agave parryi*). Su flor es utilizada como alimento para aves e insectos melíferos, el tallo y tronco como fuente de líquido en época de extrema sequía, funciona como percha natural para aves, sitio de anidación para aves, roedores y pequeños reptiles, planta nodriza para especies vegetales menores, planta colonizadora, presenta una raíz fibrosa que retiene suelo y puede ser precursora de islas de vegetación.

Dátil (*Yucca elata*). Fruto como alimento para aves y pequeños mamíferos, percha para aves, sitio protegido para anidación de aves, roedores y pequeños reptiles, planta nodriza para especies vegetales menores, puede ser precursora de islas de vegetación.

El táscate o sabino (*Juniperus depeana*) desempeña un papel importante en los bosques de encino, después de las diferentes especies de encino, es una de las que presenta mayor valor de importancia, por su densidad; es hogar de algunas especies de aves y también sirve de percha, ya que es la tercera especie dominante, con 2.9 m de altura promedio.

Los zacates pertenecientes a la Familia Poaceae, en general desempeñan la función de retener suelos; esta familia aparece como complejo de especies en las zonas de pastizal natural, formando un mosaico entre sus diferentes especies. Cada especie tiene estructuras radicales diferentes de acuerdo a su profundidad, longitudes verticales y horizontales. La parte aérea de estas plantas impide que la lluvia golpee el suelo directamente y su raíz retiene la humedad, lo que favorece el proceso de infiltración. Además, el uso de las gramíneas es más conocido por ser excelente forraje para el ganado, por lo que se consideran también especies de importancia económica a nivel local.

La familia Fagaceae, dominada por encinos, se ha adaptado al clima de la zona durante varios miles de años. La semilla no presenta endospermo y en los cotiledones se acumulan gran cantidad de reservas energéticas, por lo que muchos de ellos son comestibles, tanto para mamíferos (jabalí, ardillas, conejos y roedores), como para el ganado y para habitantes de la región. Sus hojas son deciduas, lo que introduce en el sistema una capa de material vegetal que al descomponerse recicla nutrientes, mejora el suelo y sirve como protección para la germinación de semillas de diferentes especies.

A la Familia Fabaceae en general se le considera importante desde el punto de vista biológico por varias características, entre ellas, la propiedad de fijar nitrógeno debido a la naturaleza de las leguminosas para entrar en simbiosis con las bacterias en el suelo; sus vainas y semillas sirven de alimento a mamíferos, la copa de la planta es usada por las aves para anidar, como sombreaderos para el ganado y sus raíces profundas son capaces de extraer agua en sitios donde otras especies no pueden acceder.

IV.3.2.1.8. Especies utilizadas en la Región

Las especies vegetales cultivadas y silvestres tienen diversas utilidades para las poblaciones adyacentes que dan como resultado una relación única que se compone de dos conjuntos de elementos: por un lado, el bagaje cultural y social, aunado a los gustos y preferencias personales, y por el otro, el medio físico que rodea a las personas. Esta combinación es por lo tanto tan particular, como cada sitio. En el contexto de la región Noroeste de México, son escasos los estudios sobre herbolaria; destaca el realizado por Bañuelos (1996) con mujeres del Sur de Sonora, que documentó el uso de 92 especies vegetales para el tratamiento de 53 padecimientos. Además, están los usos tradicionales directos como son el pastoreo, leña, construcción y alimento. A continuación, se describen algunos de los usos registrados para las especies presentes en el Sitio del Proyecto.

En la región se consume y comercializa la bellota del encino bellotero (*Quercus emoryi*), normalmente de manera tostada y únicamente durante la época de producción, por no poderse almacenar por largos periodos. La corteza del madroño (*Arbutus arizonica*) se ha utilizado en medicina natural como diurético.

Después de la minería, la principal actividad económica tradicional es la ganadería, practicándose en todos los tipos de vegetación. Por este motivo, toman especial importancia la familia Poaceae, como forraje para el ganado; sin embargo, el sobrepastoreo en el pastizal natural ha provocado la invasión del mezquite y los procesos de erosión hídrica y eólica.

El ecosistema de bosque ha sido una importante fuente de materia prima para la población local, se usa la madera de los pinos para la construcción, los arbustos y árboles pequeños para postes, las ramas como leña y hasta las hojas de encino como forraje para el ganado en la temporada seca.

IV.3.2.2. Fauna

IV.3.2.2.1. Antecedentes

México debido a su situación geográfica, representa un ecotono entre dos grandes regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, y cuenta por esa condición con una riqueza de flora y fauna muy basta, incluyéndose entre los países de mayor biodiversidad. En México contamos con alrededor de 449 especies de mamíferos (Hall 1981, McNeely *et al.* 1990), 1,424 especies de aves (Eisenmann 1955), unas 282 especies de anfibios y alrededor de 717 especies de reptiles (McNeely *et al.* 1990, Smith y Taylor 1966).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicada el día 28 de enero de 1988 (SEMARNAT 1988), define a la fauna silvestre como sigue: "Las especies animales terrestres, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural, cuyas poblaciones habitan temporal o permanentemente en el territorio nacional y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentren bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptible de captura y apropiación".

Recientemente el 3 de julio de 2000, se publica la Ley General de Vida silvestre (SEMARNAT 2000) en donde ya no se define el término Fauna Silvestre, en su lugar se da la definición de Vida Silvestre como: "Los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución natural y que se desarrollan libremente en su hábitat, incluye sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como los ferales".

El estado de Sonora se encuentra ubicado en el noroeste de México en la frontera con Estados Unidos. Tiene una extensión de 184 934 km², lo que lo hace el segundo más grande del país, y ocupa cerca de 9.2% del territorio nacional. Colinda al oeste con el estado de Baja California y el Golfo de California, al sur con el estado de Sinaloa, al este con Chihuahua y al norte con Arizona y Nuevo México. Una buena parte de su superficie está cubierta por matorrales desérticos, razón por la cual se le considera como una región árida. Sin embargo, el sur del estado sustenta selvas caducifolias y la Sierra Madre Occidental posee bosques de pino-encino, lo que genera una diversidad ecosistémica considerable. El estado, también

presenta una gran diversidad biológica. Por su ubicación geográfica presenta los climas tropical y subtropical. Se hallan representados los seis biomas característicos de la región: 1) desierto, 2) franja árida y semiárida de las planicies centrales, 3) franja tropical y subtropical, 4) sierra alta, 5) ecosistemas deltaicos, y 6) ecosistemas marino-costero, con subsistemas del desierto sonorense y chihuahuense, matorral xerófilo espinoso, selva tropical caducifolia, bosques de encino-pino, y pastizales.

Sonora es considerado como una provincia mega diversa, en cuanto a la riqueza y diversidad de su flora y fauna; tanto acuática como terrestre. Se contabilizan más de 6000 especies marinas, representando los moluscos 45% y los crustáceos el 22%; de las cuales, el 10% son endémicas. Aproximadamente 7,597 especies terrestres, entre hongos, líquenes, plantas vasculares (angiospermas y gimnospermas), moluscos, artrópodos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos; siendo éstos últimos 6,498 especies nativas, 319 especies exóticas, 20 especies extintas, y 247 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por lo anterior y en la **Figura 4.53**, se presentan de manera general algunos ecosistemas que se presentan en el Sistema Ambiental, tales como bosque de encino y bosque de encino-pino.



Figura 4.53. Ecosistemas presentes en el Sistema Ambiental: a) bosque de encino distribuido al oeste del Sistema; b) y Bosque de encino-pino distribuido en la parte sur.

IV.3.2.2.2. Descripción de las provincias bióticas en la que se ubica el Sistema Ambiental (SA)

Nuestro país se divide en dos grandes regiones zoogeográficas, tales como: i) la región neártica y ii) la región neotropical, como se puede apreciar en la **Figura 4.54**. La primera comprende básicamente áreas templado frías y áridas subtropicales de América del Norte, en Canadá, los Estados Unidos de América (excluyendo el sur de la península de Florida) y el norte de México. Y la segunda comprende los trópicos americanos, en el sur de México, América Central, las Antillas, el sur de la península de Florida y la mayor parte de América del Sur.

A mediados del siglo XX, la clasificación biogeográfica de México fue retomada por diferentes zoólogos, entre los que destacan Smith (1941), quien propuso una clasificación de provincias bióticas de México con base en la distribución de especies de lagartijas del género *Sceloporus*; Dice (1943), a partir de la distribución de aves; Goldman y Moore (1945) con base en micro mamíferos, y Stuart (1964) con base en la distribución de diferentes grupos de vertebrados.

De manera particular, el Sistema Ambiental del Proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre", se encuentra ubicado dentro de las regiones Bióticas Número 1, denominada "Altiplano Norte (Chihuahuense)" y Número 2 "Sierra Madre Occidental". La primera se caracteriza por ubicarse entre zonas serranas cuya altitud varía de 1000 a 2000 msnm, con presencia de cuencas endorreicas. La segunda se caracteriza por ser una cordillera formada por actividad volcánica del mioceno, con presencia de clima subhúmedo, así como de bosque pino, de encino, bosques mixtos y pastizales.

En la **Figura 4.55**, se presenta de manera esquemática la regionalización Biótica con la ubicación general en el Sistema Ambiental y del sitio del proyecto.

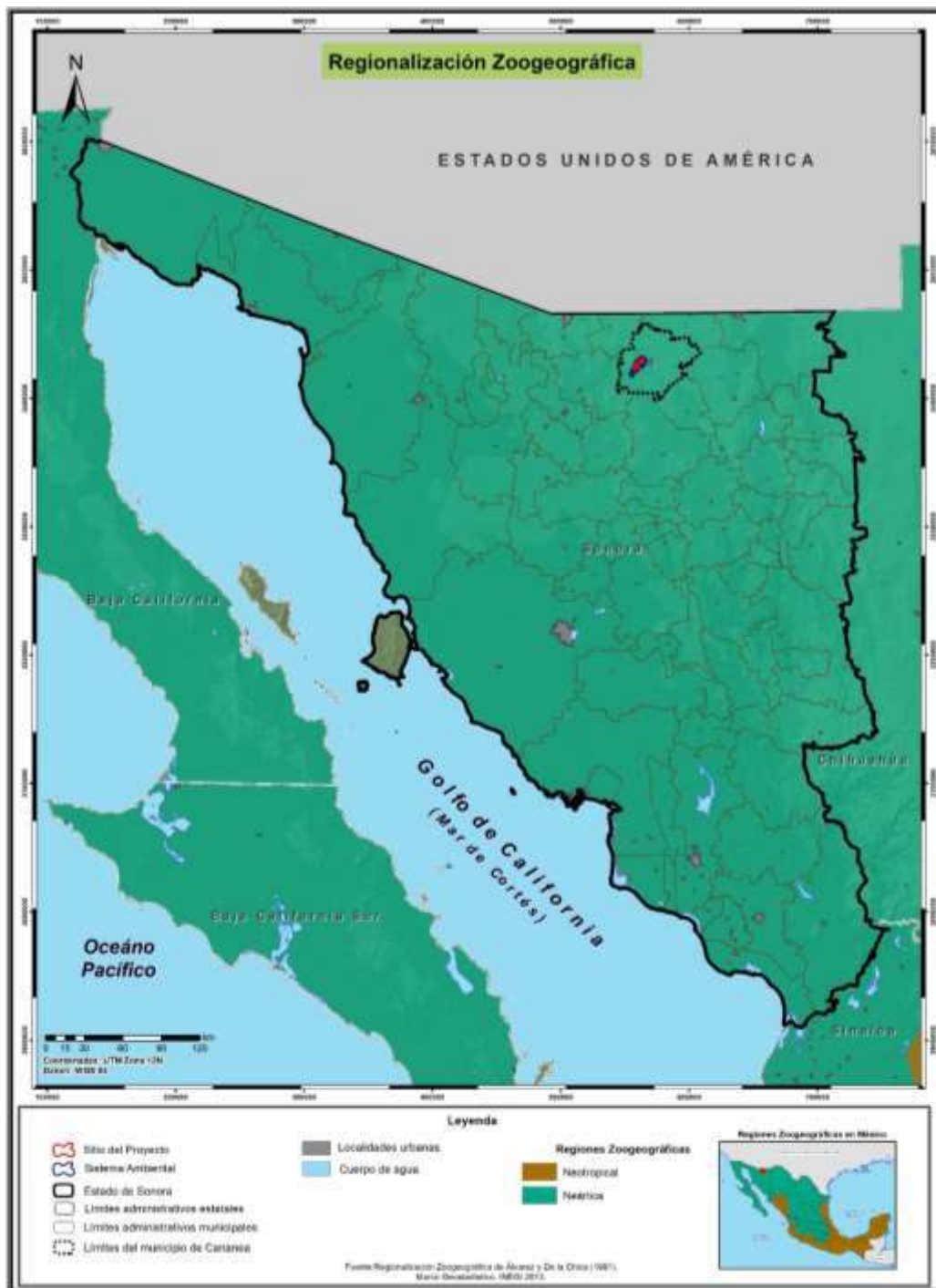


Figura 4.54. Ubicación general del Sistema Ambiental y sitio del Proyecto con la ubicación zoogeográfica a nivel nacional.

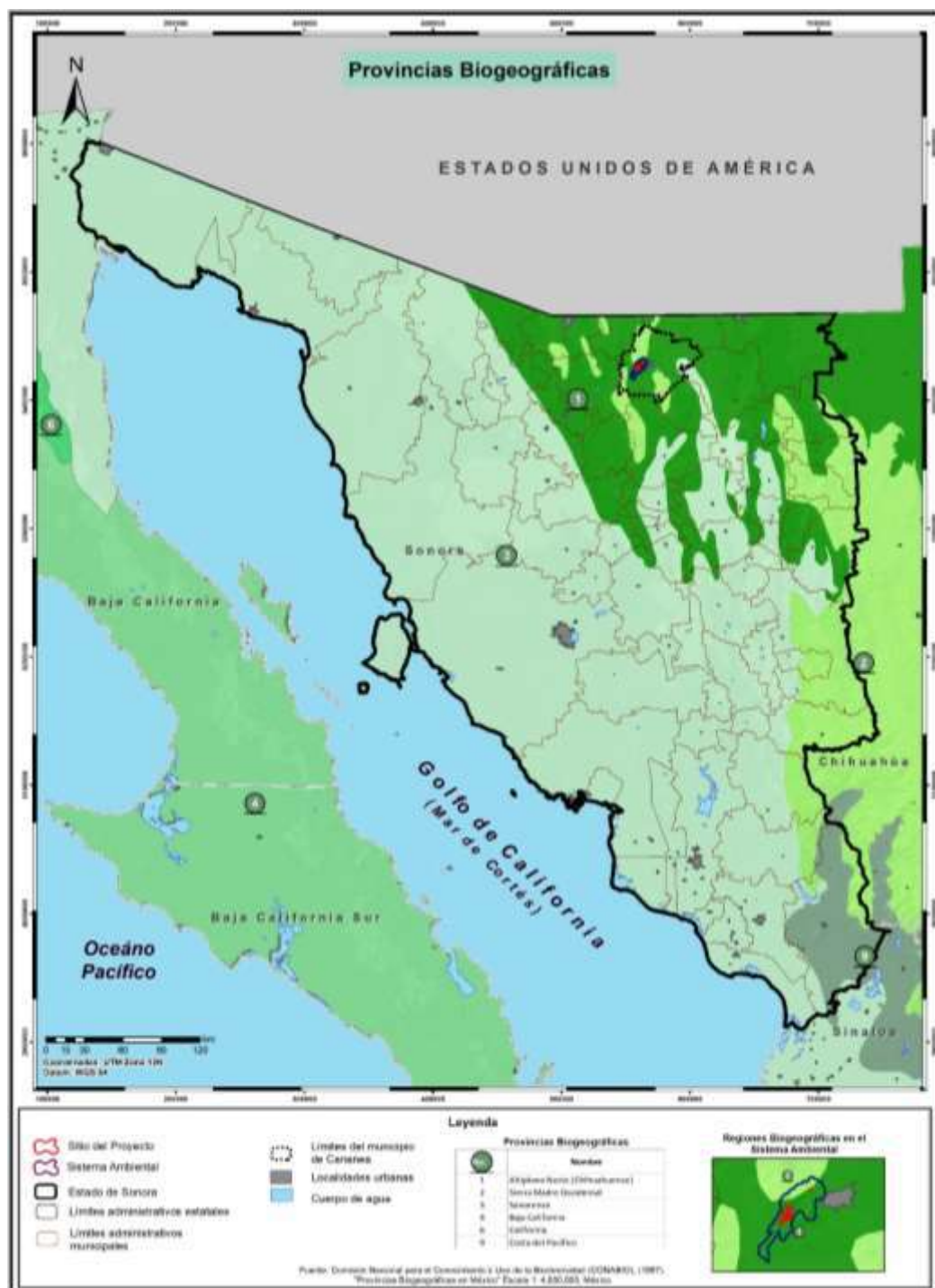


Figura 4.55. Regionalización Biótica establecida por Stuart en 1964, en la se establece para todo el país. En la imagen se observa la ubicación general del Sistema.

IV.3.2.2.3. Descripción de los registros faunísticos a nivel estatal y/o municipal

Herpetofauna

La herpetofauna de Sonora refleja el contraste de diversos aspectos físicos, climáticos y bióticos del estado. Más de la mitad del territorio conforma al denominado Desierto Sonorense (8 887 128 hectáreas). Del total de la herpetofauna, 32% está asociada al Desierto Sonorense, 28% a las regiones tropicales del sur y 19% al clima templado de la Sierra Madre Occidental y su archipiélago norte de las islas montañosas.

Según Brown y Lowe (1980) y Brown (1994) Sonora está conformado por al menos once comunidades bióticas que van desde las hiperáridas en la subdivisión del Valle Bajo del Río Colorado en el Desierto Sonorense a nivel del mar hasta los bosques mixtos de coníferas a los 2 500 msnm (Coníferas de las Montañas Rocallosas) (Martin et al., 1998). La gran diversidad biológica que existe en muchas de estas comunidades refleja su herencia tropical. Esta diversidad se incrementa por la convergencia biogeográfica del cálido (o caliente) desierto subtropical con las tierras bajas tropicales de América a 30° latitud N. Además de esto, las grandes elevaciones del relieve de Sonora brindan a la fauna de las montañas del sur templado una profunda conexión con las comunidades desérticas y tropicales. Los datos de la distribución de los anfibios y los reptiles a lo largo del límite templado-tropical cerca de los 28-29° latitud N de Sonora reflejan la transición de las especies neárticas y neotropicales. Existen 52 especies que alcanzan dentro del estado su límite de distribución norte y 13 que alcanzan su límite de distribución sur.

La herpetofauna de Sonora que se conoce hasta hoy incluye 186 especies nativas divididas en 85 géneros y 32 familias. Ésta se encuentra constituida por 35 especies de anfibios y 151 especies de reptiles que colonizaron hábitats terrestres y de agua dulce, incluidas cinco tortugas marinas y una víbora marina. Los endemismos están representados por cinco especies continentales (*Aspidoscelis opatae*, *Crotaphytus dickersonae*, *Phrynosoma ditmarsii*, *Trachemys yaquia*, *Xantusia jaycolei*) y ocho que habitan islas (*Aspidoscelis bacata*, *Aspidoscelis martyris*, *Ctenosaura conspicuosa*, *Ctenosaura nolascoensis*, *Uta nolascoensis*, *Uta palmeri*, *Coluber slevini* y *Crotalus estebanensis*).

En el estado también habitan dos especies no nativas de anfibios y cinco especies no nativas de reptiles. Una de las especies nativas ha sido erradicada: *Crocodylus acutus*. Este único miembro del orden Crocodilia conocido en Sonora fue visto por última vez en el estado en un estuario cerca de Guaymas en 1973 (Navarro, 2003; Nabhan, 2003). Varios registros históricos de esta especie provienen de los alrededores de la Isla del Tiburón y de Punta Sargento (Mead y Báez, 2003).

En comparación con la herpetofauna documentada en los estados vecinos, Sonora presenta una alta diversidad en anuros, lagartijas y tortugas. La comparación de la diversidad de Sonora con la del estado de Sinaloa es imprecisa si se toman en cuenta los cambios en la sistemática señalados en la revisión de Hardy y McDiarmid (1969); un compendio de la herpetofauna de Sinaloa que utiliza la clasificación taxonómica actual estima un aumento en la diversidad de la herpetofauna en ese estado.

Sonora cuenta con 86 especies de reptiles y anfibios sujetos a protección federal y con siete especies que se encuentran protegidas en Estados Unidos bajo la Ley de Especies en Peligro. Algunas especies que están bajo protección en México parecen estar lo suficientemente estables por lo que deberían eliminarse de la lista. Por otro lado, varias especies que no figuran en la lista deberían recibir protección.

Avifauna

La avifauna conocida de Sonora incluye 556 especies, que representan 52% de las 1070 que se han registrado en México (Howell y Webb, 1995). Estas especies pertenecen a 73 familias de 20 órdenes. Siguiendo los criterios de Russell y Monson (1998), se consideraron 25 especies como «hipotéticas» para el estado. Las familias más numerosas son Parulidae (chipes, 43 especies), Emberizidae (gorriones, zacatoneros y rascadores, 37 especies), Anatidae (cisnes, gansos y patos, 36 especies), Tyrannidae (mosqueros, 36 especies), Laridae (gaviotas, charranes y rayadores, 28 especies), Scolopacidae (playeros y falaropos, 28 especies) y Accipitridae (gavilanes, águilas y aguilillas, 22 especies).

De acuerdo con su estatus estacional, 227 especies (40.8%) son «residentes permanentes», 46 (8.3%) son «residentes de verano» que se reproducen en la región pero

que pasan el invierno en otra área y 233 (41.9%) son migratorias que pasan el invierno en Sonora. Después de la época reproductiva en el norte, algunas poblaciones migran de sus territorios de verano y llegan a unirse a las poblaciones residentes en el sur de su rango de distribución; hemos definido a este grupo como «migrantes parciales». La complejidad de estos movimientos migratorios dificulta distinguir a las poblaciones migrantes de las residentes sin el uso de marcas, herramientas moleculares o isótopos estables. Cincuenta especies (9%) de las registradas en Sonora se consideran «migrantes parciales»; la mayoría de estas especies pertenecen al grupo de los «migrantes de distancia corta», que incluye a miembros de las familias Emberizidae, Icteridae (tordos y bolseros), Parulidae y Accipitridae, entre otras familias.

Doce especies acuáticas se consideran como accidentales en Sonora, con sólo uno o dos registros conocidos que extienden su rango normal de distribución hacia el sur o norte. Treinta y seis especies migratorias son «accidentales», ya que se han registrado en Sonora menos de cinco veces, lejos de su rango de distribución normal. Dieciocho de ellas son chipes que se reproducen en la región boreal y en el sureste de Estados Unidos y pasan el invierno en el sur de México y Centroamérica (Kelly y Hutto, 2005).

Con respecto a sus hábitos, 162 especies de aves de Sonora son acuáticas, 380 terrestres y catorce principalmente aéreas (golondrinas y vencejos). Entre las especies acuáticas, 78 son marinas (10 pelágicas, 63 costeras y 5 ocupan ocasionalmente el agua dulce del interior), sesenta especies son esencialmente de agua dulce (16 habitan exclusivamente agua dulce del interior, 8 son de estero y 36 de estero y del interior) y 24 especies usan indistintamente tanto aguas de la costa como del interior. De las 380 especies terrestres, 29 se distribuyen a baja altitud (generalmente menos de 1 100 metros, por debajo del límite del bosque de encino), 69 se distribuyen en montañas con altitudes superiores a los 1 100 metros y 282 tienen una distribución más amplia en el gradiente altitudinal. De las especies de montaña, 28 muestran migraciones altitudinales con movimientos invernales hacia tierras bajas; estos movimientos altitudinales les pueden ayudar a evitar las bajas temperaturas o a vivir temporalmente en lugares con mayor disponibilidad de alimento (Howell y Webb, 1995); la mayoría de estas especies se han registrado principalmente en ambientes riparios.

En el estado se han establecido varias especies exóticas, que en su mayoría se han adaptado a los ambientes humanos. Tales son los casos de la paloma doméstica (*Columba livia*), la tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) (E. Gómez-Limón, A. Flesch y O. Hinojosa, 2006, obs. pers.), el estornino europeo (*Sturnus vulgaris*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*).

Mastofauna

La fauna de mamíferos terrestres en el estado de Sonora comprende 126 especies. Este total excluye a las especies presentes en las islas del Golfo de California y sólo contempla las de presencia comprobada, es decir, aquellas de las que existe por lo menos un ejemplar colectado y depositado en una colección mastozoológica. Si se añaden las especies de posible ocurrencia (35), la cifra se eleva a ciento sesenta y uno (Caire 1978 y 1997; Hall, 1981; Álvarez-Castañeda y Patton, 1999 y 2000; Ceballos y Oliva, 2005).

El listado incluye 22 especies monotípicas (especies sin subespecies reconocidas) y 104 politípicas (especies con subespecies descritas), con 158 subespecies, para un total de 180 taxones para el estado. Según las cifras de Ceballos y Oliva (2005), Sonora ocupa el octavo lugar, junto con Michoacán (128 especies), en cuanto al número de especies de mamíferos terrestres en México. Esta riqueza de especies es prácticamente similar a la de Chihuahua (126 especies), superior a la de Sinaloa (108) y Baja California (108) y menor a la de Arizona (138) y Nuevo México (139), estados vecinos de Sonora (Ceballos y Oliva, 2005; Findley et al., 1975; Hoffmeister, 1986).

En cuanto a los órdenes, en Sonora no hay monos (Primates) ni tapires (Perissodactyla). En relación con las familias, además de los monos (Atelidae) y los tapires (Tapiridae), en el estado no hay tlacuaches lanudos (Caluromyinae), osos hormigueros (Mirmecophagidae), topos (Talpidae), algunos murciélagos tropicales (Thyropteridae, Noctilionidae), agutís (Cuniculidae) ni guaqueques (Dasyproctidae). En Sonora está presente casi la mitad (49%) de todos los géneros presentes en el país y un poco más de la cuarta parte (27%) del total de mamíferos terrestres de México.

El grupo mejor representado en Sonora es el de los carnívoros (78%), seguido por el de los artiodáctilos (56%). El grupo más pobremente representado es el de los insectívoros (6%). El estado cuenta con más de tres cuartas partes de los carnívoros, con más de la mitad del total de especies de artiodáctilos y con alrededor de un tercio del total de especies de lagomorfos presentes en el país. Una cuarta parte de las especies de armadillos y marsupiales de México están representados en Sonora.

El grupo más diverso de los mamíferos terrestres en el estado de Sonora pertenecen al orden Rodentia (43.6%). Le siguen el Chiroptera (30.2%) y el Carnívora (14.2%); el resto de los órdenes combinados suman el 12% restante.

Sólo existen dos especies de insectívoros en el estado, ambas musarañas monotípicas, pero es muy posible la presencia de otras tres especies, también musarañas, en los límites con Chihuahua.

Los murciélagos son el segundo grupo con mayor número de especies en Sonora (38), así como el primero en riqueza en familias (7) y en géneros (22). La familia Vespertilionidae es la más diversa en especies (17) y subespecies (14). Un total de 15 especies de murciélagos tienen en el estado su distribución más nortea.

En el orden Carnívora, Sonora cuenta con las tres especies de cánidos existentes en México y con cinco de las seis de felinos. La nutria de río neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) tiene su límite de distribución aquí en el estado (Gallo-Reynoso, 1996 y 1997).

El orden Artiodactyla está representado por cinco de las nueve especies existentes en México. Esto constituye más de la mitad del total de especies de artiodáctilos para el país.

El orden Rodentia es el grupo con el mayor número de especies en el estado (55). La mayor riqueza de especies se concentra en la familia Muridae (26), seguida por la familia Heteromyidae (15). En Sonora existe uno de los dos únicos complejos (colonias interconectadas) de perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) en México (Castillo-Gómez 2005, Castillo-Gómez et al., 2005).

Los lagomorfos constituyen sólo 4% de los mamíferos del estado, pero comprenden alrededor de un tercio del total de especies de liebres y conejos en el país. Sonora cuenta con tres de las cinco especies de liebres de México.

Sonora presenta treinta especies de mamíferos terrestres bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo cual constituye 24% del total. No obstante, ocho corresponden a subespecies insulares, lo que reduce a 18% la proporción de mamíferos continentales en alguna categoría de riesgo. Cabe mencionar que, si bien algunas especies presentes en Sonora aparecen mencionadas en la Norma Ecológica, la(s) subespecie(s) protegida(s) no se encuentra(n) en el estado.

IV.3.2.2.4. Metodología y trabajo de campo para el registro de especies.

Previo al trabajo de campo, para cada uno de los grupos de vertebrados se realizó un listado potencial de las especies reportadas bibliográficamente que han sido registradas cercanas o en el interior del Sistema Ambiental (SA), así como para el sitio del proyecto, para ello se revisaron trabajos publicados en revistas científicas, guías de campo, bases de datos de colecciones científicas y listados que se han generado en la zona de estudios ambientales autorizados o en proceso de autorización.

Una vez generado el listado potencial de especies con posible presencia en el Sistema y sitio del proyecto, se llevó a cabo la selección de los sitios de muestreo, donde se consideraron diversos aspectos como: accesibilidad al sitio tomando en cuenta tanto los aspectos fisiográficos como sociales, el tipo de vegetación, confiriendo prioridad a las zonas mejor conservadas (con ayuda de imágenes satelitales). De esta manera se llevó a cabo la ejecución de las técnicas de registro por encuentros visuales (REV), la cual es útil para medir la composición de especies, abundancia, las asociaciones de hábitat y el nivel de actividad de las mismas (Lips&Reaser, 1999).

El muestreo de los grupos de vertebrados se llevó a cabo mediante la implementación de 6 sitios de muestreo para el Sistema Ambiental y sitio del proyecto (**Cuadro 4.31 y 4.32**). Cabe destacar que cada sitio de muestreo representa un punto central, sin embargo, el muestreo está compuesto por una serie de técnicas y metodologías que cubren extensas áreas

de muestreo, por lo que la coordenada que se presenta indica una referencia del sitio de muestreo (ver **Anexo 4.8** metodológico en extenso).

Cuadro 4.31. Puntos de muestreo en el Sistema Ambiental.

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS			TIPO DE VEGETACIÓN
	E	N	ALTITUD	
SA1	559188	3423157	1864	VSABE
SA2	558431	3423026	1699	VSABE/PN
SA3	558682	3427647	2315	VSABE/VSABP-E
SA4	560869	3429702	1837	VSABE/BE
SA5	563939	3430661	1629	VSABE/PN
SA6	565415	3430087	1587	VSABE/PN

Tipo de vegetación: VSABE=Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino; VSABE/PN= Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con Pastizal Natural.

Cuadro 4.32. Puntos de muestreo en el sitio del proyecto.

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS			TIPO DE VEGETACIÓN
	E	N	ALTITUD	
PS1	558277.02	3424091.12	1979	VSABE
PS2	558897.06	3424771.09	1908	VSABE
PS3	559757.15	3425370.22	1918	VSABE
PS4	559634.22	3426484.16	1934	VSABE
PS5	563085.85	3429725.90	1713	VSABE
PS6	563428.91	3429583.07	1710	VSABE

Tipo de vegetación: VSABE=Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino.

En la **Figura 4.56**, se puede apreciar la ubicación espacial de cada uno de los puntos de muestreo en el Sistema Ambiental y sitio del proyecto, donde se llevó a cabo el registro de especies faunísticas, cabe destacar que el muestreo está compuesto por una serie de técnicas y metodologías que cubren extensas áreas de muestreo, por lo que la coordenada que se presenta indica una referencia del sitio de muestreo.

La metodología de muestreo para el registro de fauna silvestre consistió en la observación, registro, captura y liberación de vertebrados, por lo que en el **Anexo 4.8**, se incluye de manera extensa la Metodología y trabajo de campo ejecutados.

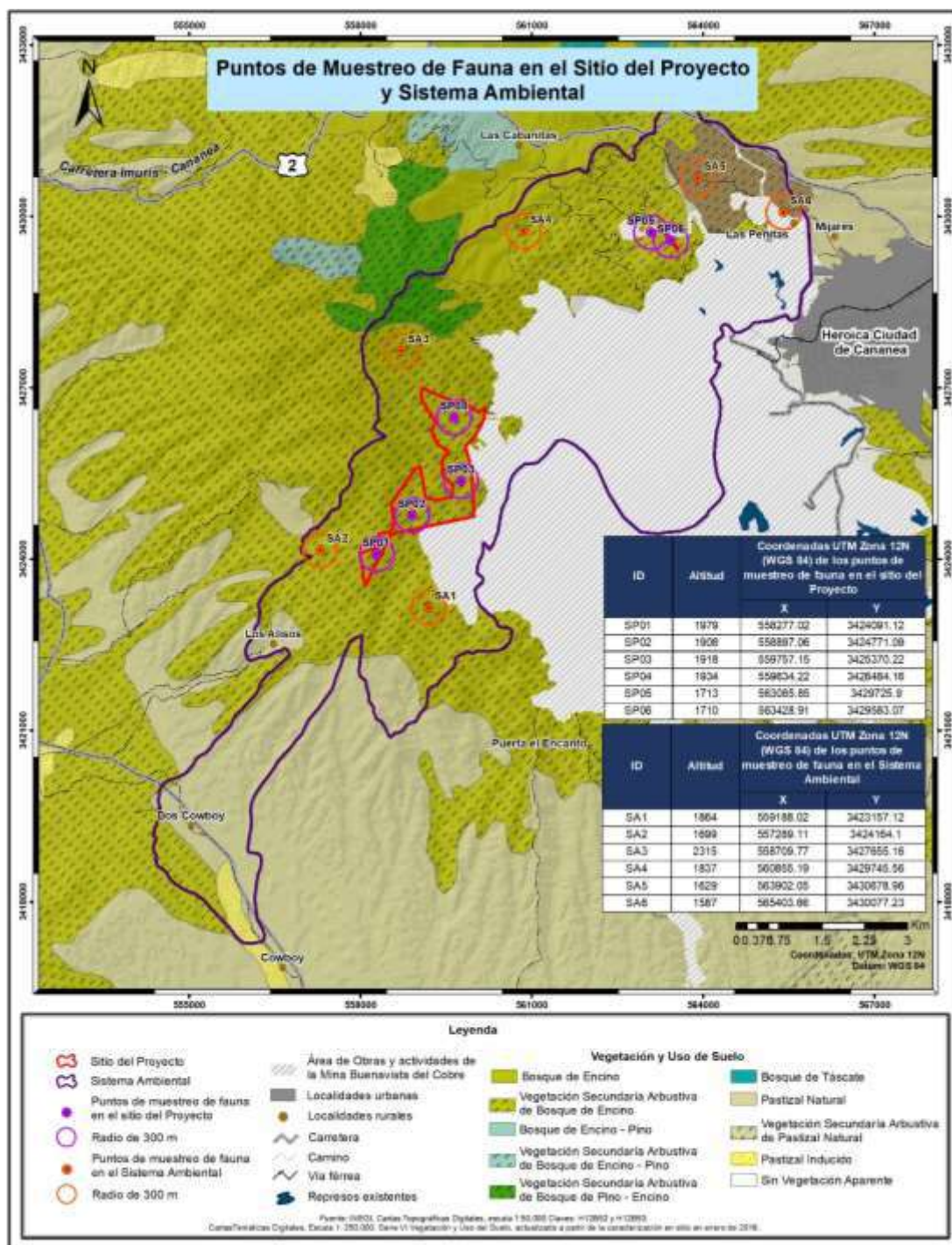


Figura 4.56. Ubicación espacial de los puntos de muestreo realizados durante el trabajo de campo dentro del Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.

IV.3.2.2.5. Análisis de datos de campo registrados en el Sistema Ambiental

Composición y estructura

Para los 6 puntos de muestreo establecidos en el Sistema Ambiental, se reporta un total de riqueza de: 3 especies de anfibios (un orden y dos familias), 19 especies reptiles (un orden y cinco familias); 56 especies de aves (11 órdenes y 22 familias); 28 especies de mamíferos (seis órdenes y 13 familias).

En la **Figura 4.57**, se muestra una gráfica con la riqueza de especies para cada grupo faunístico registrado dentro del Sistema Ambiental.

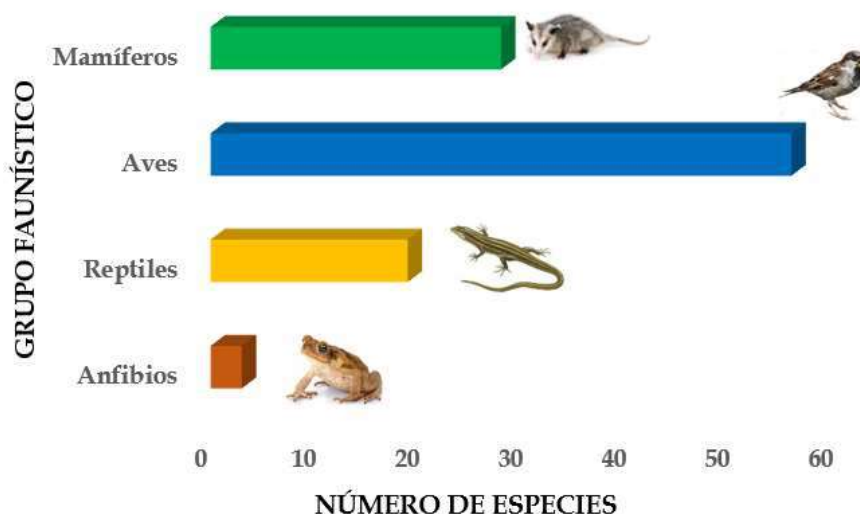


Figura 4.57. Especies totales por grupo faunístico registradas para el Sistema Ambiental.

De las 106 especies registradas en el Sistema Ambiental, se tiene una abundancia absoluta para el grupo de anfibios de 6 individuos, los reptiles con 57 individuos, las aves con 216 individuos y por último el grupo de los mamíferos con 98 individuos, lo que sumado da un total de 377 individuos, tal como se puede apreciar en la **Figura 4.58**. En el **Anexo 4.9**, se incluye el listado de las especies registradas a nivel Sistema Ambiental por sitio o punto de muestreo, así como con índices de diversidad por grupo.



Figura 4.58. Abundancia absoluta de individuos por grupo faunístico registrado en el Sistema Ambiental.

Una vez analizados todos los registros de la fauna silvestre obtenidos de manera directa e indirecta por Punto de Muestreo (PC) y tipo de vegetación, se tiene que a nivel Sistema Ambiental, se distribuyen dos tipos de vegetación, de las cuales la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSABE) cuenta con una mayor cobertura, seguido de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con Pastizal Natural (VSABE/PN).

El punto de muestreo que presento mayor diversidad fue el PC3 con 77 especies y 52 individuos, mientras que el presente menor diversidad fue el PC6 con 30 especies y 42 individuos (**Figura 4.59**). En el análisis por tipo de vegetación arrojó que la VSABE presentó mayor diversidad con 95 especies y 268 individuos; mientras que la VSABE/PN presentó 45 especies y 109 individuos (**Figura 4.60**).

La diversidad biológica es la gran variedad de seres vivos que hay en un área particular, es una propiedad que se puede cuantificar de muchas maneras diferentes. Hay dos factores principales que se tienen en cuenta al medir la diversidad: la riqueza y la equitatividad.

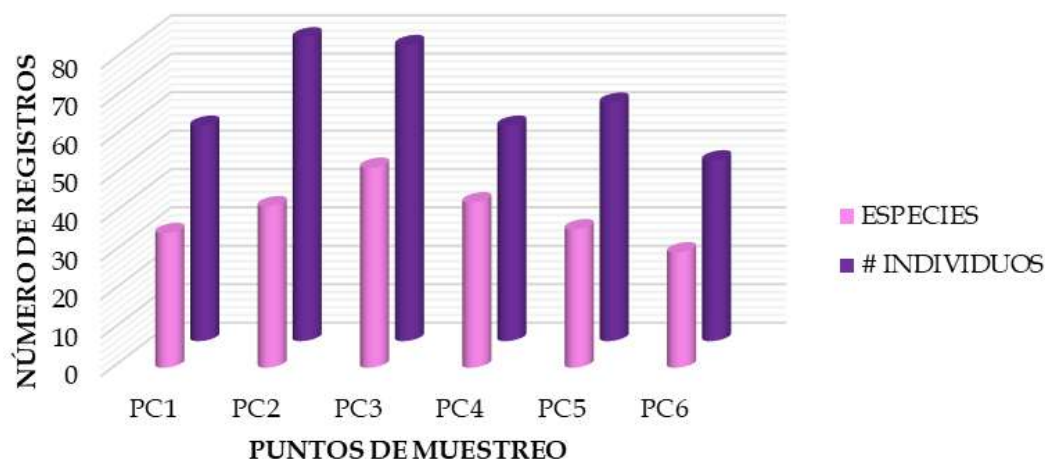


Figura 4.59. Diversidad y Abundancia absoluta por punto de muestreo para el Sistema Ambiental.

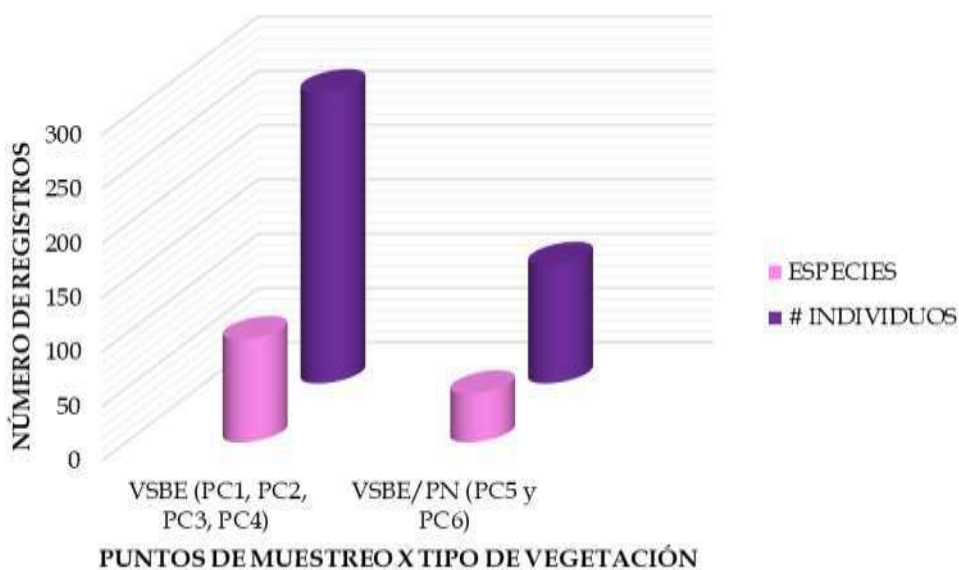


Figura 4.60. Diversidad y Abundancia absoluta por tipo de vegetación para el Sistema Ambiental.

La riqueza es una medida de la cantidad de organismos diferentes presentes en un área particular; es decir, la cantidad de especies presentes en un hábitat.

Sin embargo, la diversidad no solo depende de la riqueza de especies, sino también de la abundancia de cada especie. La equitatividad compara la similitud entre los tamaños poblacionales de cada una de las especies presentes.

Se realizó el análisis por índices de diversidad para determinar cómo está la riqueza de especies, dominancia y equitatividad entre todos los grupos de vertebrados terrestres (Cuadro 4.33).

Cuadro 4.33. Índices de diversidad calculados para cada grupo faunístico en el Sistema Ambiental.

GRUPO FAUNÍSTICO	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (n_i/N)^2$	DOMINANCIA	EQUITATIVIDAD DE PIELOU $J' = H' / (\log_2 H'_{\max})$	$H'_{\max} = \ln(S)$	NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES
ANFIBIOS	1.011	0.3889	0.6111	0.1205	1.0986	2.7494
REPTILES	2.606	0.09388	0.9061	0.8868	2.9444	13.5409
AVES	3.683	0.03464	0.9654	0.9362	4.0253	39.7794
MAMÍFEROS	2.49	0.1258	0.8742	0.7578	3.3322	12.0593

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

El grupo faunístico que presento mayor diversidad fueron las aves, donde de acuerdo a lo anterior descrito presenta una alta diversidad, mientras que el grupo que presento menor diversidad fueron los anfibios con una baja diversidad.

El índice de Simpson es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango del índice de Simpson va de 0 a 1, así:

- Cuanto más se acerca el valor de D a 1, menor es la diversidad del hábitat.
- Cuanto más se acerca el valor de D a 0, mayor es la diversidad del hábitat.

Es decir, cuanto mayor es el valor de D , menor es la diversidad. Esto no es fácil de interpretar de manera intuitiva y podría generar confusión, razón por la cual se llegó al consenso de restar el valor de D a 1, quedando de la siguiente manera: $1 - D$

En este caso, el valor del índice también oscila entre 0 y 1, pero ahora, cuanto mayor es el valor, mayor es la diversidad de la muestra.

El grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad con 0.034 y una dominancia de 0.9654 por lo que se considera una diversidad media-alta y hay mayor probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a diferentes especies. Mientras que el grupo de los anfibios presento una menor diversidad con 0.3889 y una dominancia de 0.6111.

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Para las aves el índice de equidad de Pielou fue de 0.9362, por lo que casi todas las especies son igualmente abundantes, mientras que para los anfibios fue de 0.1205 lo que indica que las especies son muy diferentes en abundancias y esto es, porque solo se registraron tres especies.

La diversidad máxima ($H_{max} = \ln S$) se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes. **Las aves fue el grupo que presento mayor cantidad de especies y mayor diversidad con un total de 4.0253.**

Los números efectivos de las especies miden la diversidad que tendría una comunidad integrada por x especies igualmente comunes. **Las aves fue el grupo que presento el mayor número efectivo de especies con 39.77, sin embargo, de acuerdo al total de especies totales registradas no todas son igualmente comunes. Mientras que para los anfibios y reptiles más del 80% del número efectivo de especies son igualmente comunes.**

En conclusión, el grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad y menor dominancia, sin embargo, los anfibios y reptiles presentaron la mayoría de sus especies igualmente comunes.

En el **Anexo 4.10**, se presenta el registro fotográfico de las condiciones generales que presentaron cada uno de los puntos de muestreo establecidos para el registro faunístico a nivel Sistema Ambiental.

A continuación, se analizan los datos obtenidos en campo para uno de los grupos faunísticos:

a) ANFIBIOS

Para este grupo, se registraron un total de tres especies y seis individuos, siendo *Anaxyrus cognatus* (sapo de la gran planicie) el más abundante con 0.5 de abundancia relativa, seguido de *Anaxyrus punctatus* (sapo manchas rojas) con 0.333. La familia mejor representada fue la Bufonidae. Respecto a su distribución biogeográfica 2 de ellas presentan distribución Neártica, mientras que solo una (*Lithobates magnaocularis*), presenta distribución tanto Neártica como Neotropical (Neártica/Neotropical).

Posteriormente, se analizaron los datos por tipo de vegetación, cabe mencionar que el grupo de los anfibios se distribuye en aquellos sitios donde la humedad en el sustrato es alta por la presencia de escurrimientos, por lo que este grupo faunístico no se registró en todos los puntos de muestreo. Los Puntos de Muestreo en donde se registraron anfibios fueron el PC1, PC3, PC4 y el PC5. De estos en el PC5, fue el sitio en donde se registraron 2 especies y 2 individuos, en donde prevalece Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con Pastizal Natural, seguida del Punto PC4, en donde se registró una especie y 2 individuos y se

distribuye Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino. Cabe destacar que el sitio de registro de anfibios está vinculado a los escurrimientos temporales y/o permanentes, así como a sitios con alta humedad y a cuerpos de agua artificiales para el almacenamiento de agua y que fungen como bebederos para el ganado que aún existe en la zona. El PM con menor número de especies registradas, fue el PC1 y el PC3 con una especie y un individuo respectivamente y en el cual se distribuye Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino.

En la **Figura 4.61 y 4.62**, se presenta la riqueza específica y abundancia absoluta por Punto de Muestreo y por tipo de vegetación de las especies de anfibios registradas en los Puntos de Muestreo del Sistema Ambiental.

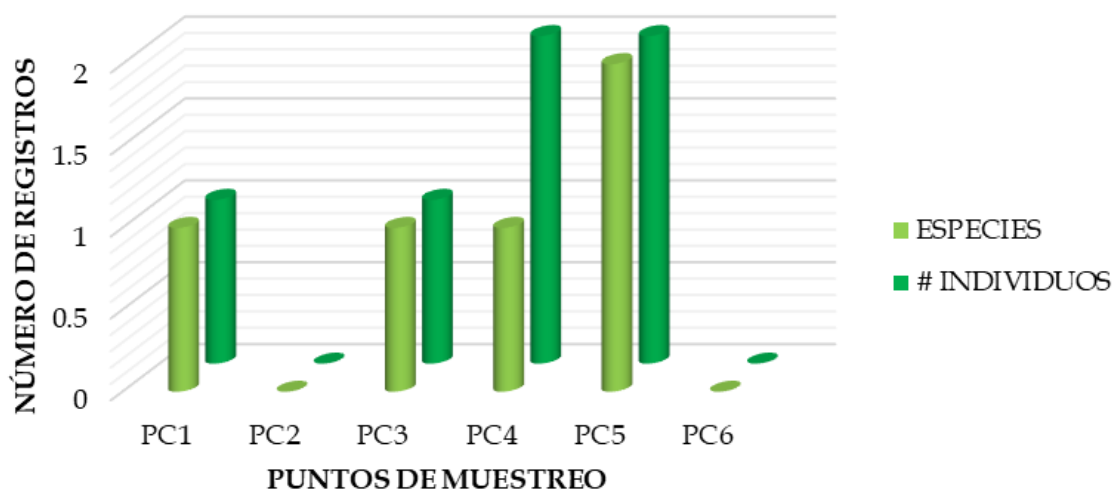


Figura 4.61. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de anfibios presentes en el Sistema Ambiental.

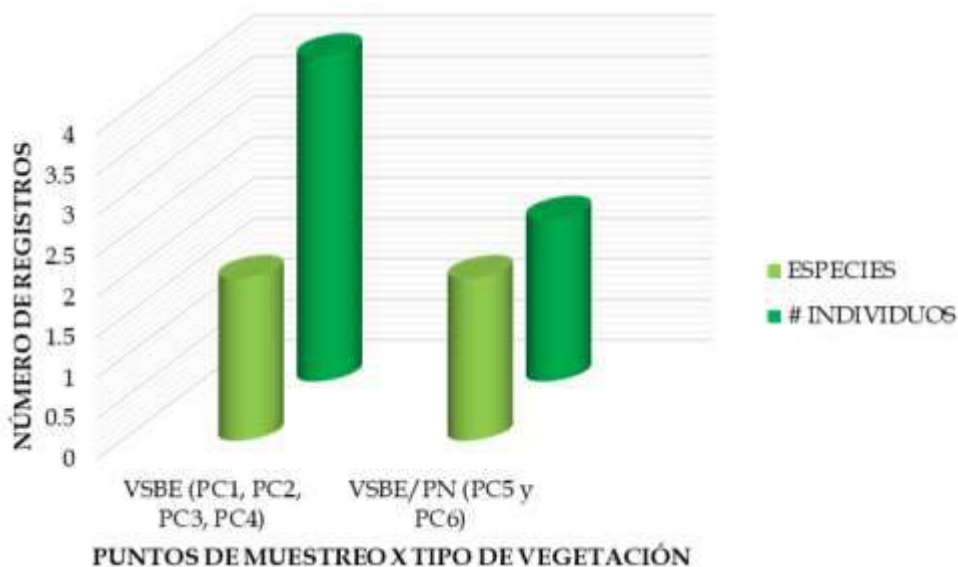


Figura 4.62. Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de anfibios presentes en el Sistema Ambiental.

En el **Cuadro 4.34**, se presenta el listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental, dando un total de 3 especies. De estas especies solo la rana leopardo del noreste (*Lithobates magnaocularis*) es endémica. Cabe destacar que ninguna de las especies registradas se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Todas las especies registradas presenta categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está incluida dentro de los apéndices del CITES.

Cuadro 4.34. Listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA NI	ABUNDANCIA RELATIVA PI= NI/N	ÍNDICE DE SHANNON H' = - $\sum (PI \ln PI)$	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON D = $\sum (ni/N)^2$	H' max= Ln(S)
Anura	Bufonidae	<i>Anaxyrus cognatus</i>	Sapo de la gran planicie	-	-	LC	-	NA	E	I	R	3	0.500000000	0.34657359	0.250000000	-	1.098612289
Anura	Bufonidae	<i>Anaxyrus punctatus</i>	Sapo manchas rojas	-	-	LC	-	NA	E	I	R	2	0.333333333	0.366204096	0.111111111	-	-
Anura	Ranidae	<i>Lithobates magnaocularis</i>	Rana leopardo del noreste	E	-	LC	-	NA/NT	I/E	I	R	1	0.166666667	0.298626578	0.027777778	-	-
TOTALES												6	-	1.011404265	0.388888889	0.611111111	-

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES: I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C- cetrería, Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, Ñ: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

b) REPTILES

Para este grupo, se registraron un total de 19 especies con 57 individuos, siendo las especies más abundantes *Sceloporus clarkii* (lagartija espinosa de Clarks) con una abundancia relativa de 0.1578, seguido de *Sceloporus magister* (lagartija espinosa del desierto) con 0.1403. La familia mejor representada fue la Phrynosomatidae con 8 especies, seguida de la familia Colubridae con 7 especies. Respecto a su distribución biogeográfica el 68 % de ellas presentan distribución Neártica mientras que el 32% presenta distribución Neártica/Neotropical, como se aprecia en la **Figura 4.63**.

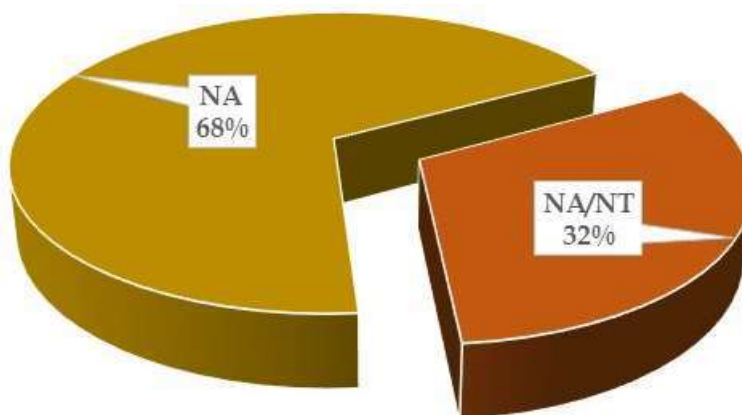


Figura 4.63. Distribución geográfica de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.

En cuanto al análisis de registro de las especies de este grupo por sitio, se tiene que el PM PC2 que presenta Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino arrojó un registro de 9 especies y 12 individuos, seguido del PC3 y el PC5, en donde se registraron 7 y 6 especies con 12 y 11 individuos respectivamente mismas que presentan Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino, solo este último con Pastizal Natural.

De manera global el tipo de vegetación con presencia de más individuos fue la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino. Así mismo el tipo de vegetación con menor número de especies registradas y menor número de individuos fue la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con Pastizal Natural con 9 especies y 19

individuos. En las **Figuras 4.64 y 4.65**, se presenta la riqueza específica y abundancia absoluta por Punto de Muestreo y por tipo de vegetación de las especies de reptiles registradas por métodos directos e indirectos en el Sistema Ambiental.

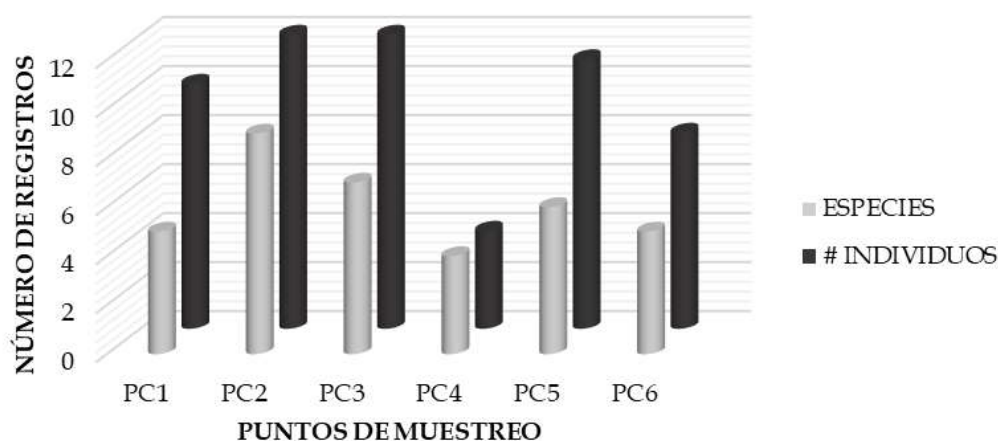


Figura 4.64. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.

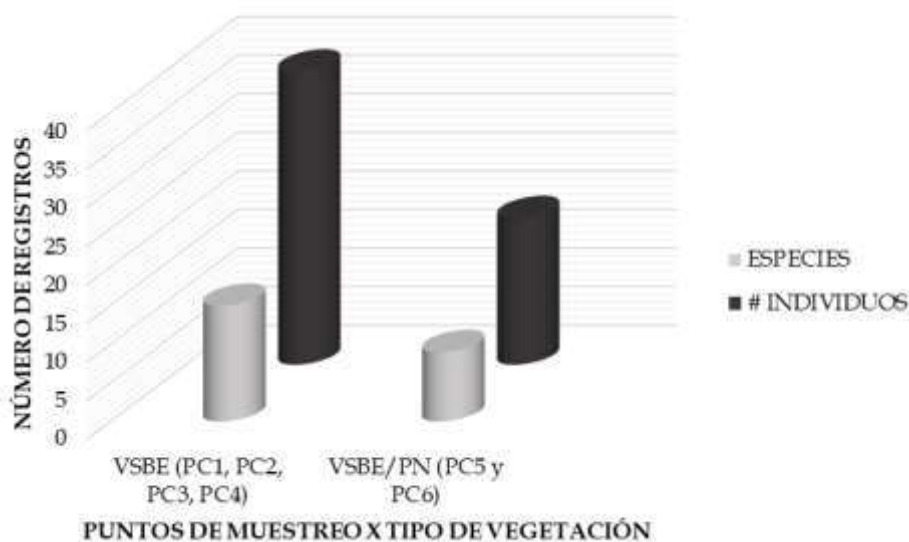


Figura 4.65. Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de reptiles presentes en el Sistema Ambiental.

En el **Cuadro 4.35**, se presenta el listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental, dando un total de 19 especies. Ninguna de las especies registradas es endémica, sin embargo 4 especies presentan alguna categoría de riesgo en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal es el caso de: *Crotalus molossus*, que presenta categoría de Protección especial (Pr) y *Masticophis flagellum*, *Thamnophis cyrtopsis*, y *Lampropeltis triangulum*, que presentan categoría de Amenazada (A). Casi todas las especies registradas presenta categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN, así mismo ninguna de las especies registradas se encuentra incluida o listada en ningún Anexo II de los apéndices del CITES.

Cuadro 4.35. Listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-058-SE/AMNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA n_i	ABUNDANCIA RELATIVA $p_i = n_i/n$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (n_i(n_i-1))^2$	$H'_{\max} = \ln(S)$
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus clarkii</i>	Lagartija escamosa de Clarks	-	-	LC	-	NA	E	I	R	9	0.157894737	0.29144632	0.024930748	-	2.944438979
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	Lagartija espinosa del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I	R	8	0.140350877	0.275594348	0.019698369	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus jarrovi</i>	Lagartija escamosa	-	-	LC	-	NA	E	I	R	7	0.122807018	0.257543646	0.015081564	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus virgatus</i>	Lagartija espinosa rayada	-	-	LC	-	NA	I	I	R	3	0.052631579	0.154970473	0.002770083	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus lemosespinali</i>	Lagartija escamosa Chihuahuense	-	-	DD	-	NA	E	I	R	2	0.035087719	0.117540494	0.001231148	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus ornatus</i>	Lagartija de árbol norteña	-	-	LC	-	NA	E	I	R	7	0.122807018	0.257543646	0.015081564	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma solare</i>	Camaleón real	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Holbrookia elegans</i>	Lagartija sorda elegante	-	-	LC	-	NA	I	E	R	2	0.035087719	0.117540494	0.001231148	-	-
Squamata	Scincidae	<i>Plestiodon callicephalus</i>	Eslizón de la Sierra Madre Occidental	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Teiidae	<i>Aspidozelis sonora</i>	Huico manchado de Sonora	-	-	LC	-	NA	I	I	R	5	0.087719298	0.213474856	0.007694675	-	-
Squamata	Teiidae	<i>Aspidozelis uniparens</i>	Huico del pastizal del desierto	-	-	LC	-	NA	I	I	R	2	0.035087719	0.117540494	0.001231148	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Arizona elegans</i>	Culebra correllona	-	-	LC	-	NA	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra rayada de agua	-	A	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falso coralillo real	-	A	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Pituophis catenifer</i>	Serpiente de Gopher	-	-	LC	-	NA	I/E	C	R	2	0.035087719	0.117540494	0.001231148	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Masticophis bilineatus</i>	Culebra chirrionera Sonorense	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Masticophis flagellum</i>	Chicotera	-	A	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	Culebra palo, bejuquillo	-	-	-	-	NA/NT	E	C	R	1	0.01754386	0.070930724	0.000307787	-	-

Cuadro 4.35. Listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA n_i	ABUNDANCIA RELATIVA $p_i = n_i/N$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (n_i(N)^2)$	$H'_{\max} = \ln(S)$
Squamata	Viperidae	<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de montaña	-	Pr	LC	-	NA/NT	E/O	C	R	2	0.035087719	0.117540494	0.001231148	-	-
TOTALES												57	-	2.605721551	0.093875038	0.906124962	

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr-sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES: I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, Ñ: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

c) AVES

Se registraron un total de 56 especies con 216 individuos, siendo la especie más abundantes *Cathartes aura* (zopilote aura), con una abundancia relativa de 0.0925 seguido de *Corvus corax* (cuervo común) con 0.0694. Las familias mejor representadas fueron Tyrannidae (tiranos), Picidae (carpinteros), Passerellidae (zacatoneros) y Accipitridae (rapaces diurnos). Respecto a su distribución geográfica el 32% presenta una distribución Neártica (NA), es decir, que solo se distribuye en el Norte del país, mientras que el 68% se distribuye en ambos hemisferios (Neártica y Neotropical-NA/NT), como se presenta en la **Figura 4.66**.

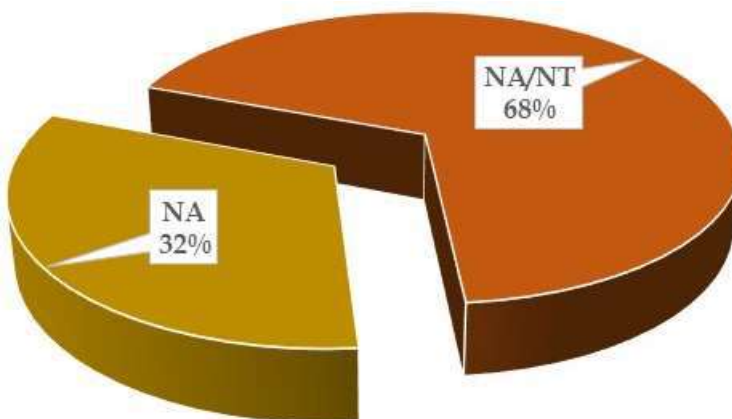


Figura 4.66. Distribución geográfica de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.

Se analizaron los datos por tipo de vegetación donde el PC3 ubicado en Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino fue el que presento mayor cantidad de especies y mayor cantidad de individuos con 27 especies y 49 individuos, seguido del punto PC2 en donde se distribuye la misma vegetación y en donde se registraron 21 especies y 45 individuos. El tipo de vegetación con menor número de especies fue la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con fragmentos de Pastizal Natural, en donde se registraron un total de 26 especies y 63 individuos.

Cabe destacar que el tipo de vegetación que cubre gran parte de la superficie del Sistema Ambiental corresponde a Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino y en la cual se ubica en cuatro sitios de muestreo (PC1, PC2, PC3, PC4), obteniendo un total de 51 especies y 153 individuos, lo cual se puede interpretar como un sitio con alta diversidad de especies y con gran abundancia de individuos, tal es el caso de la presencia de parvadas de paloma de collar (*Streptopelia decaocto*), zopilotes aura (*Cathartes aura*), azulejos garganta azul (*Sialia mexicana*), entre otros.

En la **Figura 4.67** y **4.68**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo y por tipo de vegetación de las especies de aves registradas en el Sistema Ambiental.

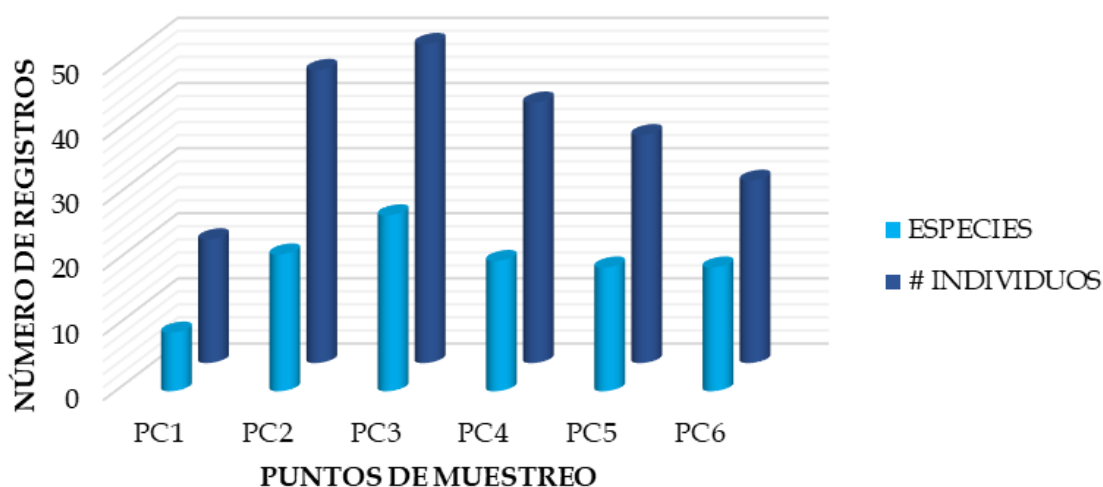


Figura 4.67. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.

En el **Cuadro 4.36**, se presenta el listado de aves registradas en el trabajo de campo en el Sistema Ambiental, dando un total de 56 especies; una de ellas con distribución cuasiendémica (*Dryobates arizonae*), aquellas cuya distribución se extiende ligeramente a países vecinos fuera de los límites políticos de México por continuidad ecológica u orográfica; dos especies registradas son semiendémicas (*Lampornis clemenciae* y *Empidonax wrightii*), aquellas que se restringen a México solamente durante una parte de su ciclo anual; una especie invasora o exótica (*Streptopelia decaocto*), aquellas especies que no se distribuían

con anterioridad en el país pero debido a las perturbaciones antrópicas e introducción no controlada pudieron adaptarse.



Figura 4.68. Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de aves presentes en el Sistema Ambiental.

Del total de especies registradas, cuatro especies se encuentran con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal es el caso de: *Accipiter cooperii*, *Buteo albonotatus*, *Buteo regalis* y *Cyrtonyx montezumae*, con categoría de sujeta a protección especial (Pr). Todas las especies registradas presentan categoría Least Concern y por último 4 especies se encuentran en el apéndice II del CITES, entre las que se encuentran: (*Lampornis clemenciae*, *Selasphorus rufus*, *Falco sparverius* y *Bubo virginianus*).

Cuadro 4.36. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	CM-059-SEMARNAT-20	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/N	DÍCE DE SHANNON H' = -Σ(pi ln pi)	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON D = 1/Σ(pi²)	H' max= Ln(S)
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	-	NA/NT	E,C	C	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	4.025351691
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo regalis</i>	Aguiluilla real	-	Pr	LC	-	NA	E	C	M	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguiluilla cola roja	-	-	LC	-	NA/NT	E,C	C	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguiluilla Aura	-	Pr	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>	Aguiluilla gris	-	-	LC	-	NA/NT	E,C	C	RR	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	SE	-	LC	II	NA/NT	E	I,N	RR	5	0.023148148	0.087172234	0.000535837	-	-
Apodiformes	Trochilidae	<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	NA/NT	E	I,N	MP	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	-	-	LC	-	NA/NT	E	Ñ	R	20	0.092592593	0.220328346	0.008573388	-	-
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	-	-	LC	-	NA/NT	E	Ñ	R	5	0.023148148	0.087172234	0.000535837	-	-
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles minor</i>	Chotacabras zumbón	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	-	-	LC	-	NA/NT	E,Co	F,G	R	4	0.018518519	0.073870075	0.000342936	-	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	-	-	LC	-	NA/NT	E,Co	G	R	11	0.050925926	0.151625993	0.00259345	-	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita cola larga	-	-	LC	-	NA/NT	E	G	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de collar turca	Exo	-	LC	-	NA/NT	E	I,G,F	I	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño	-	-	LC	-	NA	E	I,C	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo americano	-	-	LC	II	NA/NT	E,C	I,C	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Galliformes	Odontophoridae	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	-	Pr	LC	-	NA/NT	E,Co	I,H,G	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla squamata</i>	Codorniz escamosa	-	-	LC	-	NA	E,Co	I,G	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	15	0.069444444	0.185224181	0.004822531	-	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Aphelocoma wollweberi</i>	Chara pecho gris	-	-	LC	-	NA	E	O	R	11	0.050925926	0.151625993	0.00259345	-	-

Cuadro 4.36. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	CM-059-SEMARNAT-20	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/n	ÍNDICE DE SHANNON H' = -Σ(pi ln pi)	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON D= 1/Σ(pi²)	H' max= Ln(S)
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara copetona	-	-	LC	-	NA/NT	E, Co	O	R	7	0.032407407	0.111136934	0.00105024	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	13	0.060185185	0.169140174	0.003622257	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas rayado común	-	-	LC	-	NA / NT	E	I	MP	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas bajacolina	SE	-	LC	-	NA / NT	E	I	M	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	Papamoscas del oeste	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Salta pared común	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	8	0.037037037	0.122068032	0.001371742	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín saltapared cola oscura	-	-	LC	-	NA	E	I	R	7	0.032407407	0.111136934	0.00105024	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I,F,G	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	-	-	LC	-	NA	E	I	R	7	0.032407407	0.111136934	0.00105024	-	-
Passeriformes	Remizidae	<i>Auriparus flaviceps</i>	Baloncillo	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Passeriformes	Poliophtidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita azul gris	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	4	0.018518519	0.073870075	0.000342936	-	-
Passeriformes	Poliophtidae	<i>Poliophtila melanura</i>	Perlita del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal rojo	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	I,F,G	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	H,F,G	R	6	0.027777778	0.099542193	0.000771605	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	H,F,G	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteno	-	-	LC	-	NA	E	I,F	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	-	-	LC	-	NA/NT	E	I,G	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Junco hyemalis</i>	Junco ojos negros	-	-	LC	-	NA	E	I,G	M	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-

Cuadro 4.36. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/N	DÍCE DE SHANNON H' = -Σ(pi Ln pi)	DOMINANCIA	ÍNDICE DE SIMPSON D=1/Σ(pi²)	H' max= Ln(S)
Passeriformes	Paridae	<i>Baeolophus wollweberi</i>	Carbonero embridado	-	-	LC	-	NA/NT	E, Co	I	R	4	0.018518519	0.073870075	0.000342936	-	-
Passeriformes	Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo matraquita	-	-	LC	-	NA	E	I	M	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejas blancas	-	-	LC	-	NA/NT	E	I, G	RR	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Melospiza fusca</i>	Rascador viejita	-	-	LC	-	NA	E	I, G	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero Dominicano	-	-	LC	-	NA/NT	E	I, G	R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Fringillidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	-	-	LC	-	NA/NT	E, O	H, F, G	R	4	0.018518519	0.073870075	0.000342936	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Amphispiza bilineata</i>	Zacatonero garganta negra	-	-	LC	-	NA	E		R	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Passeriformes	Ptiliognatidae	<i>Phainopepla nitens</i>	Capulinero negro	-	-	LC	-	NA	E	I, F	RR	2	0.009259259	0.043353067	8.57339E-05	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates villosus</i>	Carpintero albinegro mayor	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	3	0.013888889	0.059398141	0.000192901	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero mexicano	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	4	0.018518519	0.073870075	0.000342936	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero belltero	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes uropygialis</i>	Carpintero del desierto	-	-	LC	-	NA	E	O	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates arizonae</i>	Carpintero de Arizona	CE	-	LC	-	NA	E	I	R	6	0.027777778	0.099542193	0.000771605	-	-
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	-	-	LC	II	NA/NT	E, C	C	R	1	0.00462963	0.024885548	2.14335E-05	-	-
TOTALES												216	-	3.683349768	0.034636488	0.965363512	-

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES: I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I- insectívoro, G- granívoro, C- carnívoro, N- carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I- invasora.

RUTA MIGRATORIA

La migración como fenómeno natural es afectada por factores bióticos y abióticos. Las variaciones en el clima, la conducta o la experiencia de cada individuo pueden alterar los patrones de migración de una temporada a otra. Por ello, aunque es difícil establecer a ciencia cierta la ruta exacta que seguirá un ave o una población en su migración, algunas siguen patrones generales o rutas migratorias.

Aunque el Sistema Ambiental, no forma parte de alguna ruta migratoria del Pacífico específica, tal como se aprecia en la **Figura 4.69**, ya que la mayoría de las aves prefieren pasar pegadas a la serranía de la Sierra Madre Oriental ya que dicha orografía les brinda protección de los vientos fuertes de las planicies, cabe la posibilidad que ciertas especies desvíen su trayectoria en busca de sitios de descanso y/o alimentación, por lo que se pudiera observar de manera ocasional su presencia dentro del Sistema Ambiental.

Se han hecho propuestas nacionales e internacionales para la conservación de las aves migratorias y unas de ellas son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), propuestas por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International (CONABIO, 2013), además de las Áreas Naturales Protegidas, tanto a nivel local, municipal y estatal.

De manera particular el Sistema Ambiental se encuentra ubicada dentro de la AICA no. 126 denominada "Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental", la cual cuenta con una superficie total de 2, 289,950.0 ha y se distribuye en los municipios de Cananea y San Pedro.



Figura 4.69. Principales rutas migratorias descritas para las aves de Norteamérica. Fuente: Lincoln et al. (1998).

Ésta AICA, incluye un conjunto de sierras de diferente tamaño que necesitan estar conectadas creando un corredor importante y un puente entre las zonas consideradas AICAs del sur de las sierras y con las islas del norte en las Chiricahuas, Arizona (Sky Islands). Este complejo de islas son peldaños entre sierras de mayor longitud que permiten que haya un flujo continuo. Es a través de las islas del norte que algunas especies como *Pachyramphus aglaiae* y *Euptilotis neoxenus*, entre otras, llegan hasta las pequeñas sierritas en Arizona.

Respecto a las especies de aves que presentan algún tipo de migración son un total de 33 especies, de las cuales: 26 son migratorias de invierno y 7 de ellas son migratorias de paso, es decir, su destino final es Suramérica, pero en México descansan y se alimentan. En el **Cuadro 4.37**, se presentan las especies migratorias registradas en el Sistema Ambiental.

Cuadro 4.37. Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el Sistema Ambiental.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni
<i>Buteo regalis</i>	Aguiluilla real	-	Pr	LC	-	M	1
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	MP	2
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas rayado común	-	-	LC	-	MP	1
<i>Empidonax hewrightii</i>	Papamoscas bajacolina	-	-	Lc	-	MP	2
<i>Junco hyemalis</i>	Junco ojos negros	-	-	Lc	-	M	2
<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo matraquita	-	-	LC	-	M	1

NOM-059 =NOM-059-SEMARNAT-2010: A= Amenazada, P=En Peligro de Extinción, Pr= Sujeta a Protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES: Apéndice I (Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluídas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas). ESTACIONALIDAD: R= Residente, M= Migratorio solo en época de reproducción, MP= Migración transitoria o solo de paso y RR= Residente en temporada reproductiva.

d) MAMÍFEROS

Para este grupo, se registraron un total de 28 especies con 98 individuos, siendo la especie más abundante *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), con una abundancia relativa de 0.2857. Las familias mejor representadas fueron la Vespertilionidae y la Leporidae con 8 y 4 especies respectivamente. En cuanto a la distribución geográfica el 10% presenta una distribución Neártica (NA), es decir, que solo se distribuye en el Norte del país, mientras que el 90% se distribuye en ambos hemisferios como el Neártico y Neotropical (NA/NT), como se puede apreciar en la **Figura 4.70**.

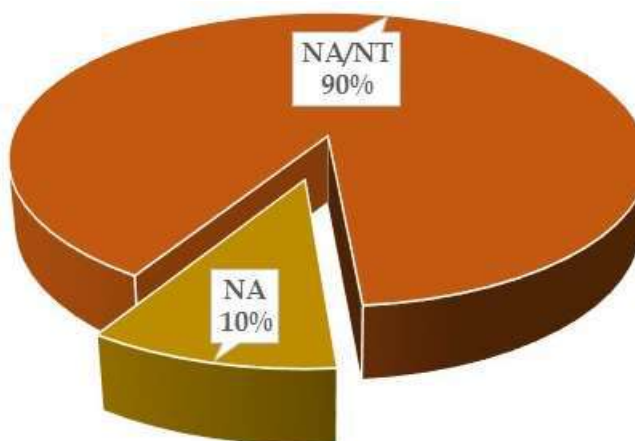


Figura 4.70. Distribución geográfica de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.

Para el grupo de los mamíferos, se analizaron los datos por tipo de vegetación donde el Punto de Muestreo PC1 fue el que presento mayor diversidad con 20 especies y 26 individuos, mientras que el punto con menor diversidad fue el PC6 con 6 especies y 11 individuos. Cabe destacar que el tipo de vegetación que cubre gran parte de la superficie del Sistema Ambiental corresponde a la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino, y en la cual se implementaron cuatro sitios de muestreo, tal es el caso del PC1, PC2, PC3 y PC4, obteniendo un total de 27 especies y 73 individuos, lo cual se puede interpretar como un sitio con alta diversidad de especies. De la misma forma en el tipo de Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con fragmentos de Pastizal Natural se establecieron dos sitios de muestreo el PC5 y el PC6, en donde se registraron 8 especies y 25 individuos.

En la **Figura 4.71** y **4.72**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo y por tipo de vegetación de las especies de mamíferos registrados en el Sistema Ambiental.

En el **Cuadro 4.38**, se presenta el listado de mamíferos registrados en el Sistema Ambiental, dando un total de 28 especies, de las cuales no se registraron especies es endémicas y tampoco especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Del total de registros, todas las especies presentan categoría Least Concern de la lista roja de la IUCN y solo una especie registradas en el Sistema, se encuentra incluida en algún apéndice del CITES, tal es el caso del puma o león de montaña (*Puma concolor*) que se incluye en el Apéndice II.

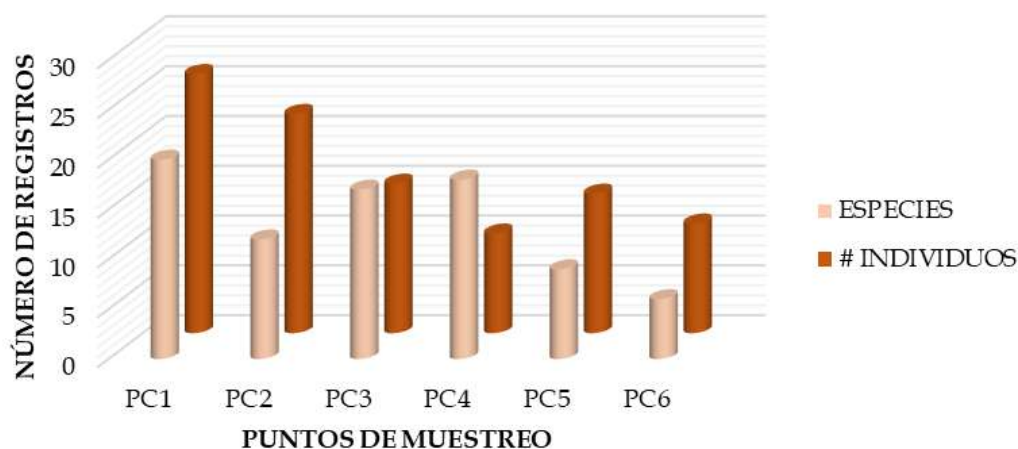


Figura 4.71. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.

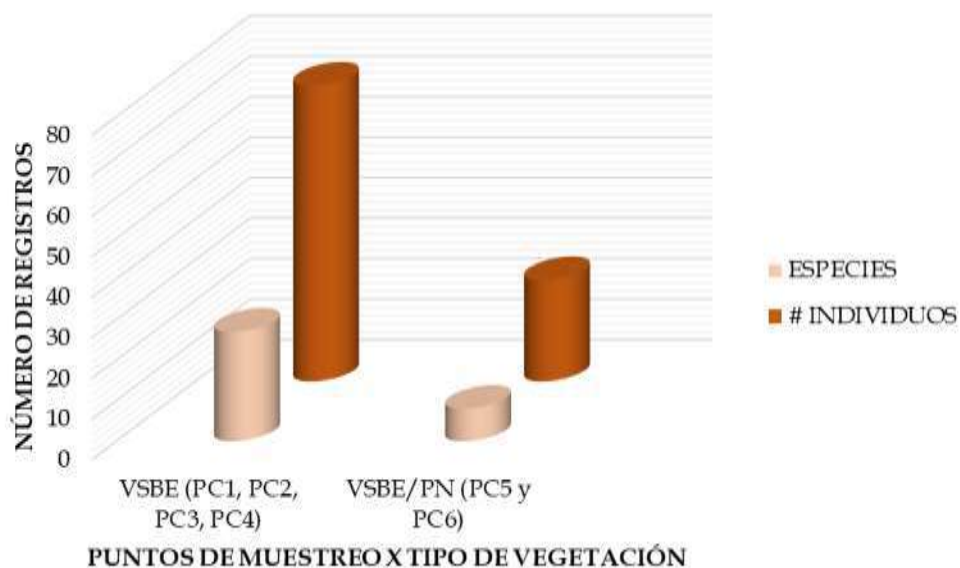


Figura 4.72. Riqueza específica y abundancia absoluta por tipo de vegetación de las especies de mamíferos presentes en el Sistema Ambiental.

Cuadro 4.38. Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNA-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/N	ÍNDICE DE SHANNON H' = - Σ(pi Ln pi)	DOMINANCIA	IDICE DE SIMPSON D= Σ(1/ni)	H' max= Ln(S)
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	-	-	LC	-	NA/NT	E/CO	H	R	28	0.285714286	0.357932277	0.081632653	-	3.33220451
Rodentia	Cricetidae	<i>Neotoma mexicana</i>	Rata cambalachera	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus merriami</i>	Ratón de Merriam	-	-	LC	-	NA	E/I	G	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón de patas blancas	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	5	0.051020408	0.151812733	0.002603082	-	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus difficilis</i>	Raton norteamericano	-	-	LC	-	NA	E/I	G	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus alleni</i>	Liebre antilope	-	-	LC	-	NA/NT	E	H	R	3	0.030612245	0.106725159	0.00093711	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	-	-	LC	-	NA/NT	E	H	R	5	0.051020408	0.151812733	0.002603082	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto	-	-	LC	-	NA/NT	E/I	H	R	10	0.102040816	0.232896162	0.010412328	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	-	-	LC	-	NA/NT	E	H	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	3	0.030612245	0.106725159	0.00093711	-	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	4	0.040816327	0.130558086	0.001665973	-	-
Carnivora	Canidae	<i>Procyon cinereoargenteus</i>	Zorra Gris	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	8	0.081632653	0.20453273	0.00666389	-	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteco	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	5	0.051020408	0.151812733	0.002603082	-	-
Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis mephitis</i>	Zorrillo	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	1	0.010204082	0.046785382	0.000104123	-	-
Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	-	-	LC	I	NA/NT	E	C	R	1	0.010204082	0.046785382	0.000104123	-	-
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	-	-	LC	-	NA/NT	E	I/H	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	2	0.020408163	0.079424904	0.000416493	-	-
Rodentia	Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón	-	-	LC	-	NA/NT	E	G	R	11	0.112244898	0.245487697	0.012598917	-	-
Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago de cola libre de Brasil	-	-	LC	-	NA/NT	E, Ec	I	M	-	-	-	-	-	-

Cuadro 4.38. Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el Sistema Ambiental.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/N	ÍNDICE DE SHANNON H' = - ∑(pi Lnpi)	DOMINANCIA	IDICE DE SIMPSON D= ∑(ni/N)	H' max= Ln(S)
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis californicus</i>	Miotis californiano	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis thysanodes</i>	Miotis bordado	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis volans</i>	Miotis pata larga	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis yumanensis</i>	Miotis de Yuma	-	-	LC	-	NA/NT	E, Ec	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago orejón de Townsend	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago moreno nortño	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillii</i>	Murciélago cola peluda de Blossevil	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus cinereus</i>	Murciélago cola peluda canoso	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	M	-	-	-	-	-	-
TOTALES												98	-	2.489840561	0.125780925	0.874219075	-

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; **NOM-059-SEMARNAT-2010:** E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; **IUCN:** Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; **CITES:** I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; **IMPORTANCIA:** Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; **GREMIO TRÓFICO:** O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, N: nectarívoro, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; **ESTACIONALIDAD:** M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora. * El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo, en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

MURCIELAGOS

En este apartado se integran los datos registrados por el detector ultrasónico para murciélagos Song Meter SM3-BAT y el software Kaleidoscope Pro con la base de sonidos de ecolocación perteneciente a los Murciélagos del Norte América–Versión 2.1.0. Cabe destacar que con el tipo de información generada por este método, no se puede saber el número de individuos para cada especie, ya que la información arrojada proporciona la identificación de la especie, así como los datos de registro, sin embargo cada vez que se toma un registro o lectura desconocemos si es la ecolocación del mismo individuo o de otro, ya que por el movimiento de los murciélagos es común que pasen varias veces por el mismo sitio en busca de alimento.

Para el Sistema Ambiental, se registraron un total de 9 especies, tal es el caso del murciélago moreno norteño (*Eptesicus fuscus*), el murciélago cola peluda de Blossevil (*Lasiurus blossevilli*), el murciélago cola peluda canoso (*Lasiurus cinereus*), el murciélago miotis californiano (*Myotis californicus*), el murciélago miotis de Yuma (*Myotis yumanensis*), el murciélago miotis bordado (*Myotis thysanodes*), el murciélago miotis pata larga (*Myotis volans*), el murciélago orejón de Townsend (*Corynorhinus townsendii*) y el murciélago cola libre de Brasil (*Tadarida brasiliensis*).

Ninguna de las especies registradas es endémica de la República Mexicana, ni se encuentra en categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o apéndices del CITES y se encuentra listado en la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN) con la categoría LC (Least Concern-Preocupación menor) para todas las especies.

Seis de las especies registradas ocurren tanto en la región Neártica como Neotropical y tres especies tienen distribución compartida con la región Neártica y la zona de transición. Siete de las especies de murciélagos registrados realizan movimientos locales o regionales por lo que son denominados migratorios (Medellín *et al.*, 2009), con excepción de *Corynorhinus townsendii* (murciélago orejón de Townsend) que no realiza ningún tipo de migración. Sin embargo, puesto que algunos movimientos son generalmente cortos y no necesariamente en

sentido latitudinal, otros autores (Fleming y Eby, 2003) los consideran especies sedentarias, como es el caso de *Myotis californicus* y *Eptesicus fuscus*.

Su gremio trófico es insectívoro, ayudan a controlar las poblaciones de insectos y mantener la homeostasis, por lo que su importancia ecológica es fundamental para el buen funcionamiento de los ecosistemas.

El equipo ultrasónico registro un total de 887 grabaciones totales o archivos de sonido de los muestreos efectuados en el Sistema, de los cuales se obtuvo que 331 archivos se identificaron a nivel específico lo que representa el 37%, mientras que el 30% (269 archivos) no se logró identificar y otro 33% (287 archivos) se descartó por contener mucho ruido ambiental. En la **Figura 4.73**, se incluye el porcentaje de archivos de sonido identificados a nivel específico.

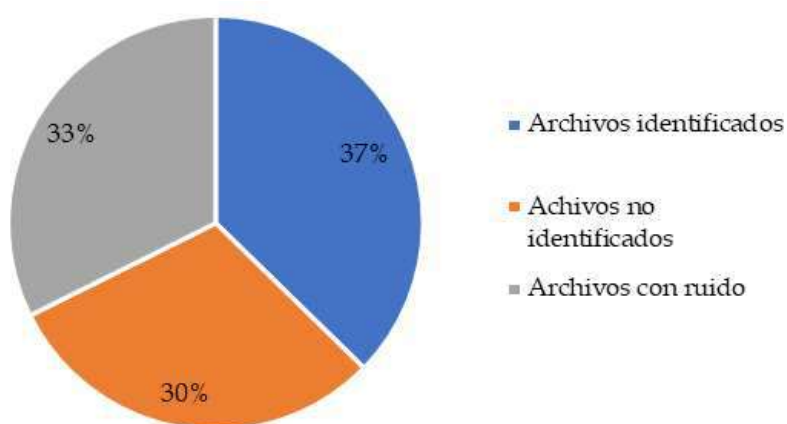


Figura 4.73. Número de archivos útiles y no útiles para identificación a nivel específico del registro de murciélagos dentro del Sistema.

Durante la ejecución de muestreos dentro del Sistema, se obtuvo el registro de murciélagos en los puntos de muestreo PC1, PC3 y PC4 con 331 archivos de sonido útiles para su identificación a nivel de especie, lo cual arrojó una riqueza de 9 especies, tal como se aprecia en la **Figura 4.74**. Cabe destacar que, si bien dentro del Sistema existen sitios con buenas condiciones de conservación, es evidente la ejecución de actividades antrópicas en la región por lo cual existe un ahuyentamiento natural de la fauna. Además, hay que considerar

que los murciélagos registrados son de hábitos migratorios (9 especies), por lo que su presencia de ocurrencia se da solo en una parte del año.

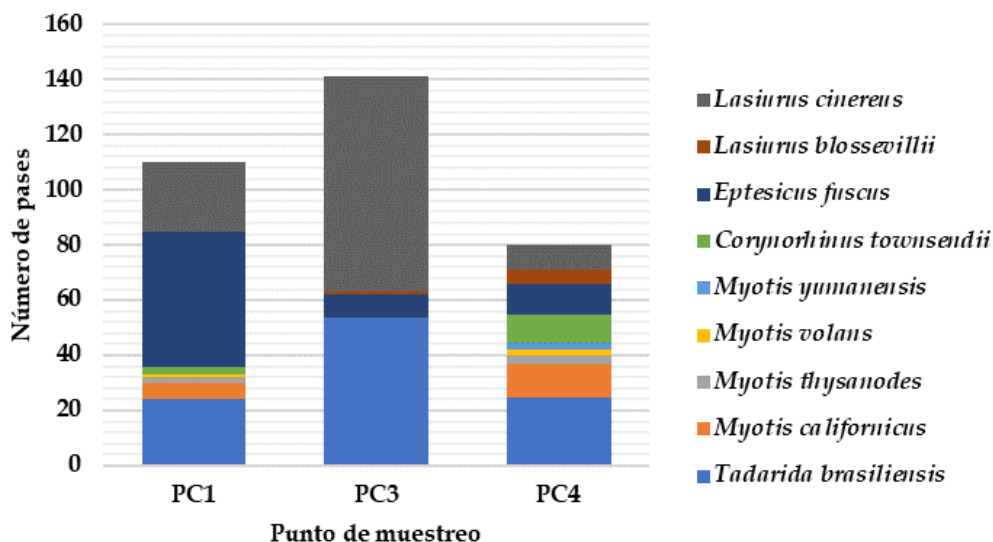


Figura 4.74. Actividad de las especies de murciélagos registradas por punto de muestreo.

Durante los muestreos y con el registro de las 9 especies dentro del Sistema, estas presentaron un horario de actividad de 22:00 a 04:00 horas específicamente, pues antes o después del intervalo mencionado no se observa actividad alguna, siendo *Tadarida brasiliensis*, *Eptesicus fuscus* y *Lasiurus cinereus* las especies más activas. Mientras que las especies que presentaron un menor número de pases de manera continua fue: *Myotis californicus*, *Myotis thysanodes*, *Myotis volans*, *Myotis yumanensis*, *Corynorhinus townsendii* y *Lasiurus blossevillii*, exhiben escasa actividad, tal como se puede apreciar en la **Figura 4.75** y **4.76**.

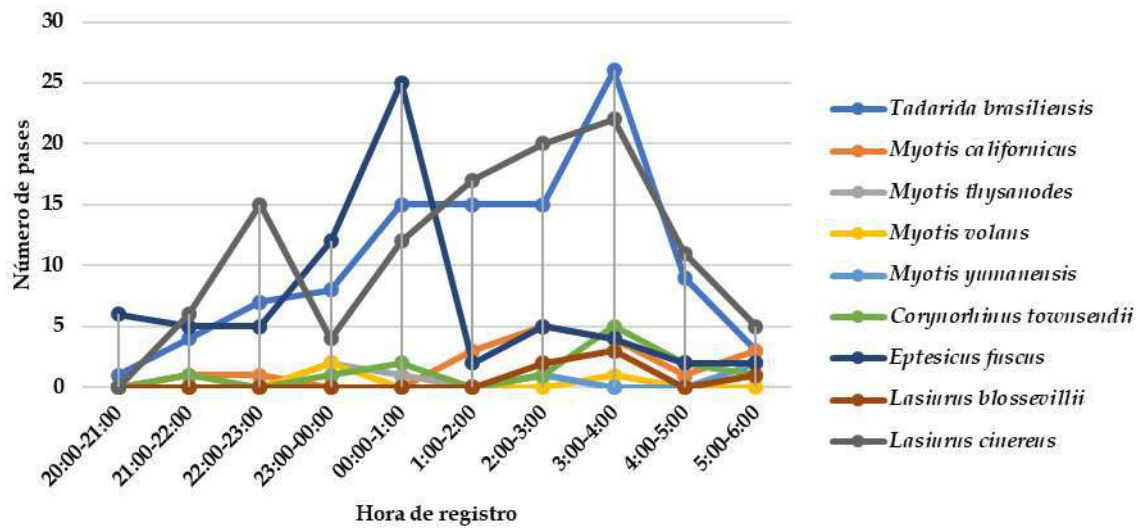


Figura 4.75. Picos de actividad de la quiroptero fauna registrada dentro del Sistema.

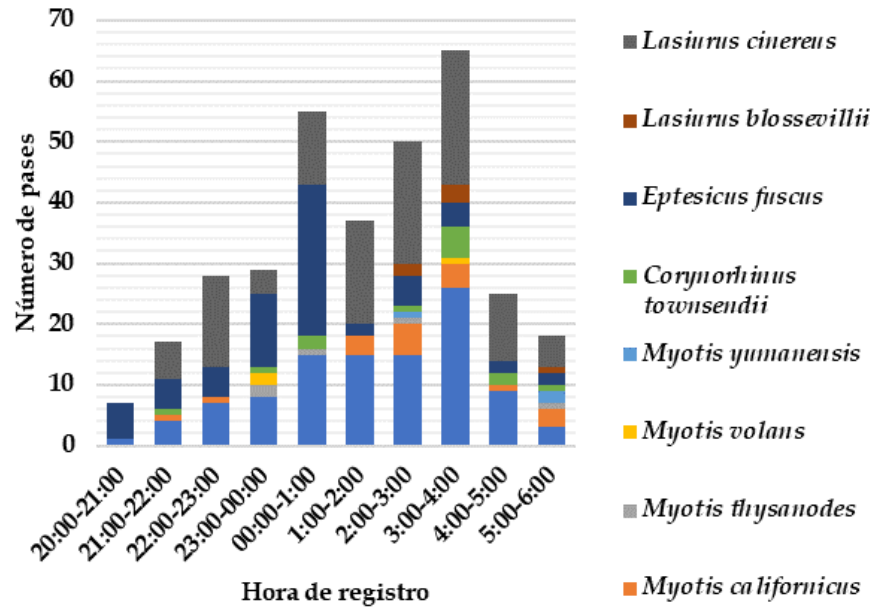


Figura 4.76. Picos de actividad de la quiroptero fauna registrada dentro del Sistema.

En el **Anexo 4.11**, se incluye el registro fotográfico de las especies registradas por muestreos directos presentes en el Sistema Ambiental.

IV.3.2.2.6. Especies endémicas y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN resgistradas en el Sistema Ambiental.

De acuerdo al número total de especies faunísticas registradas dentro del Sistema Ambiental, se tiene que 8 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 4 son reptiles y 4 son aves. En el **Cuadro 4.39**, se pueden observar los registros con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemidad, si se encuentran listadas en la IUCN, CITES y su abundancia.

Cuadro 4.39. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES, su endemismo y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	EDEMIDAD	NOM-059-SEMARNAT 2010	IUCN	CITES	ABUNDANCIA	DISTRIBUCIÓN
ANFIBIOS							
<i>Lithobates magnaocularis</i>	Rana leopardo del Noreste	E	-	LC	-	1	Son, Chi, Sin, Dur, Nay, Mich y Jal.
REPTILES							
<i>Masticophis flagellum</i>	Chicotera	-	A	LC	-	1	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra rayada de agua		A	LC		1	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis
<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falso coralillo real		A	LC		1	Son, Chi, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis, Cam, Yuc, Qroo
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	-	Pr	LC	-	2	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis
AVES							
<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC	-	3	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis
<i>Buteo albonotatus</i>	Aguiluilla aura	-	Pr	LC	-	1	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis

Cuadro 4.39. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES, su endemismo y el número total de registros por especie dentro del Sistema Ambiental.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT 2010	IUCN	CITES	ABUNDANCIA	DISTRIBUCIÓN
<i>Buteo regalis</i>	Aguiluilla real	-	Pr	LC	-	1	BCN, Son, Chi, Coa, Dgo, NL, Tam, Jal, Zac, Agu, Hgo, CDMX, EM, Pue, Mic
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	SE	-	LC	II	5	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Agu, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	2	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Agu, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	-	-	LC	II	2	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Agu, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chis
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz Moctezuma	-	Pr	LC	-	3	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dur, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chi, Pue, CDMX, Tla, EM, Col
<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas bajacolina	SE	-	LC	-	2	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Agu, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax
<i>Dryobates arizonae</i>	Carpintero de Arizona	CE	-	LC	-	6	Son, Chi, Sin, Dur, Zac, Nay, Mich, Gua y Jal.
<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	-	-	LC	II	1	Todos los estados de la República Mexicana
MAMÍFEROS							
<i>Puma concolor</i>	Puma	-	-	LC	II	1	Todos los estados de la República Mexicana

NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; **IUCN:** Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; **CITES:** I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III. **DISTRIBUCIÓN:** BCN (Baja California Norte), BCS (Baja California Sur), Son (Sonora), Chi (Chihuahua), Coa (Coahuila), NL (Nuevo León), Tam (Tamaulipas), SLP (San Luis Potosí), Zac (Zacatecas), Dgo (Durango), Sin (Sinaloa), Ver (Veracruz), Gua (Guanajuato), Jal (Jalisco), Nay (Nayarit), Hgo (Hidalgo), Qro (Querétaro), Mic (Michoacán), Oax (Oaxaca), Chis (Chiapas), Tab (Tabasco), Yuc (Yucatán), Pue (Puebla), CDMX (Ciudad de México), Tla (Tlaxcala), Col (Colima), Agu (Aguascalientes), Cam (Campeche), Qroo (Quintana Roo).

Las demás especies de anfibios registrados, presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

En cuanto al grupo de los reptiles, las especies que no están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

En referencia al grupo de las aves y mamíferos, las especies que no se listan en la tabla anterior, presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y no se incluyen en ninguno de los apéndices del CITES.

Es importante resaltar que tanto las especies endémicas, semi endémicas, como aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN, tiene una distribución muy amplia a lo largo de la República Mexicana, por lo que la implementación del Proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre", no comprometerá sus poblaciones. Por lo que aún y cuando las especies no se registraron en el sitio del proyecto, en caso de registrarse individuos de estas especies durante las actividades del proyecto, se deberá de proceder a la implementación de actividades de rescate.

IV.3.2.2.7. Especies indicadoras, de aprovechamientos y sus gremios tróficos presentes en el Sistema Ambiental

Denominamos calidad ambiental o ecológica a la valoración que damos a un espacio natural en función de un estado de referencia, el cual se equipara a la máxima naturalidad, entendiéndose ésta como la que ha sufrido una nula o escasa alteración humana.

Es decir, el estado de referencia es el que se conoce o se estima como el que existía antes de la aparición del hombre sobre la Tierra o el que pueda existir en zonas no exploradas o, como mínimo, no alteradas por la especie humana. Al estado de referencia se le adjudica el valor máximo de calidad ambiental. Mientras que a un espacio con total alteración donde no se conserva ningún aspecto o valor natural original se le asigna el valor mínimo de calidad ambiental. Entre medio de ambos se establecen diferentes niveles de calidad, en función de su grado de naturalidad o de alteración.

Las especies bioindicadoras son organismos sensibles a cambios funcionales o estructurales de los ambientes en los que viven. Los que no resisten las pequeñas alteraciones se consideran especies muy sensibles y su presencia indica la máxima calidad ambiental (nivel muy bueno).

En cambio, los organismos que toleran grandes perturbaciones de su hábitat o bien que se desarrollan en ambientes muy alterados, se utilizan para bioindicar los niveles bajos o muy bajos de calidad ambiental (nivel malo o muy malo)

Entre ambos niveles extremos se encuentran las especies con requerimientos ambientales medios o con tolerancias moderadas a la alteración del ambiente (niveles malo, moderado o bueno).

Normalmente se conocen las especies características de cada hábitat natural, incluso en los niveles de máxima calidad. También se han identificado las que viven en condiciones de perturbación moderada y, por supuesto, los más conocidos son los que se encuentran en ambientes alterados o muy alterados, si todavía pueden soportar algún tipo de vida.

En el presente trabajo se han identificado para cada grupo faunístico y se han seleccionado las especies características de los ambientes observados y sus distintos grados de sensibilidad o tolerancia a las perturbaciones, de manera que, en base a ellos, se han establecido unos indicadores de calidad ecológica de manera general para el Sistema Ambiental.

Anfibios

Los anfibios son un grupo cuyo aprovechamiento en el mercado mundial abarca varios sectores productivos. Desde la industria de la cosmetología en la producción de ceras y reactivos que son extraídos de su piel y carne; la peletería, donde la piel es utilizada para hacer carteras, cintos y otros artículos; en la medicina, donde algunos elementos secretados por su piel se utilizan como antibióticos, alucinógenos, calmantes del dolor, entre otros (Lips *et al.*, 2001). Actualmente, el comercio de este grupo como mascotas es uno de los más rentables en ese mercado (Young *et al.*, 2004).

El uso de los anfibios como un recurso en México es amplio. Antes de la llegada de los españoles, nuestros antepasados indígenas incluían dentro de sus dietas algunos anuros como las ranas leopardo (*Lithobates spp.*) (Lee, 1996; Cedeño-Vázquez *et al.*, 2006; Calderón-Mandujano, 2006 ECOSUR). Para el Sistema se registró *Lithobates magnaocularis*; la cual no tiene aprovechamiento humano reportado para la zona. Dicha especie cuenta con una distribución amplia y es indicadora de la buena calidad del hábitat, sin embargo, se ve fácilmente afectada por las actividades antrópicas, tales como ganadería, agricultura, etc., así como la contaminación de los cuerpos de agua, lo cual restringe la presencia de esta especie a áreas específicas.

Los demás anfibios registrados en el Sistema (*Anaxyrus punctatus*, *Anaxyrus cognatus*), son especies indicadores de una buena calidad del hábitat. Los anfibios son conocidos como un eslabón importante en la cadena trófica (proceso de transferencia de energía alimenticia a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente). Son principalmente insectívoros, con lo cual ayudan en el control de zancudos y otros insectos que transmiten enfermedades a los seres humanos. Necesitan de la tierra y del agua para desarrollarse. Respiran por la piel, por lo tanto, son buenos indicadores de la contaminación del medio ambiente.

Reptiles

Los reptiles es otro grupo cuyo mercado a nivel mundial es de gran importancia y variada. Principalmente la extracción de piel de serpientes y cocodrilos para la elaboración de accesorios y la venta de ejemplares con finalidad de ornato que van desde lagartijas, serpientes, tortugas y hasta cocodrilos.

En el caso del proyecto este grupo representa el principal indicador de calidad ambiental, ya que se identificaron cuatro especies de reptiles incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tanto los anfibios como los reptiles desempeñan un papel muy importante en todos los ecosistemas, son indicadores de calidad ambiental y de aguas, de contaminantes, controlan plagas, sirven de alimentación a otras muchas especies, en el caso del proyecto estos dos grupos cuentan con el menor número de registros, lo cual indica la calidad media en

el Sistema Ambiental, sin embargo, los sitios donde se identificaron estas especies (PC1, PC2, PC3, PC5) presentaron buena calidad ambiental.

Aves

Para la avifauna, se registraron varias especies que presentan sólo un tipo de gremio, los cuales incluyen las especies carnívoras, carroñeras, granívoras, omnívoras, piscívoras e insectívoras, este último es el gremio con más especies, en su mayoría del orden de los Passeriformes. Las especies que presentan de dos o más gremios conforman un total de 21. Las únicas especies registradas (5 especies) con gremio omnívoro son aquellas pertenecientes a la familia Corvidae, Passerellidae y Picidae, éstos últimos son tolerantes a grandes perturbaciones de su hábitat por lo que sus patrones de alimentación pudieron modificarse a lo largo del tiempo.

Otro grupo de gran importancia de la calidad del hábitat son las aves rapaces, debido a que están en la parte superior de la red trófica. Los ratones, ratas de campo, conejos, ardillas y otros roedores, pueden incrementar las poblaciones de estas aves al presentarse gran cantidad de alimento o en muchos casos favorecer la tolerancia a perturbaciones de su hábitat y con ello favorecer el incremento de individuos. Las aves de presa ayudan a equilibrar el tamaño de estas poblaciones, el aumento de este grupo en número de individuos es indicador de que alguna otra especie lo hizo también.

Las rapaces han sido llamados “barómetros ecológicos”, que significa simplemente que nos ayudan a conocer lo saludable que es un hábitat. Las aves de rapiña son extremadamente sensibles a muchos cambios ambientales en un ecosistema. Incluso puede detectar productos químicos y los niveles de contaminantes que pueden dar a la gente un sistema de alerta temprana de las amenazas inminentes en el aire.

Los pesticidas y otros productos químicos pueden acumularse en nuestro medio ambiente y se transmiten a los animales. Esto puede reducir las poblaciones de rapaces, debido a la ingestión de presas llenas de toxinas, lo que a su vez da señales a los científicos de que existe un posible problema.

Dado que muchos de los alimentos de las aves de rapiña más pequeñas son los insectos y las más grandes se alimentan de roedores, muchos agricultores realmente las aprecian. Los gusanos cortadores, así como conejos y ratones de campo son capaces de destruir campos enteros de cultivos si se dejan reproducirse libremente. El control de plagas a través de este método se llama control biológico. Si un agricultor puede controlar las plagas por la depredación natural, no tiene necesidad de utilizar pesticidas o insecticidas, lo que ayuda a proteger el medio ambiente.

Las aves rapaces que se observaron en el Sistema Ambiental fueron un total de 7 especies, entre las cuales tenemos a *Accipiter cooperii* (gavilán de Cooper), *Buteo regalis* (aguililla real), *Buteo jamaicensis* (aguililla cola roja), *Buteo albonotatus* (aguililla aura), *Buteo plagiatus* (aguililla gris), *Falco sparverius* (cernícalo americano) y *Bubo virginianus* (búho cornudo).

Se registraron en el mismo grupo de aves rapaces dos especies de zopilotes las cuales al alimentarse exclusivamente de carroña son indicadoras de la calidad del hábitat, ya que son tolerantes a grandes perturbaciones en su ambiente; las especies que se observaron fueron *Cathartes aura* (zopilote aura) y *Coragyps atratus* (zopilote común).

Mamíferos

Para los mamíferos muchas de las especies reconocidas en el área de estudio además de poseer un rol ecológico presentan importancia comercial ya que son apreciados por su carne y/o piel en especial los del orden Carnivora y Artiodactyla, como es el caso de *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Procyon lotor* (mapache), *Pecari tajacu* (pecarí), *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), *Nasua narica* (coatí), *Bassariscus astutus* (cacomixtle norteño), *Canis latrans* (coyote), *Mephitis macroura* (zorrillo) y *Puma concolor* (puma), algunos con importancia cinegética. Son cazados por sus ornamentos como símbolo de trofeos.

Los murciélagos registrados dentro del Sistema, son insectívoros y de ahí radica su importancia ya que son controladores de plagas en este caso de los insectos que afectan cultivos, ganados e inclusive al hombre (*Tadarida brasiliensis*, *Corynorhinus townsendii*, *Myotis californicus*, *Myotis yumanensis*, *Myotis thysanodes*, *Myotis volans*, *Eptesicus fuscus*, *Lasiurus*

blossevillii y *Lasiurus cinereus*). Su función biológica es fundamental para el mantenimiento de la salud de los ecosistemas en donde vive y contribuye al bienestar genético de muchas especies de utilidad económica.

En el **Anexo 4.12**, se incluyen las cartas faunísticas de las especies registradas por muestreos directos en el Sistema Ambiental.

IV.3.2.2.8. Temporada hábil de aprovechamiento de especies en el estado de Sonora.

Las épocas hábiles de aprovechamiento extractivo sustentable para el desarrollo de la actividad cinegética de especies de aves y mamíferos silvestres en áreas de distribución específica, son fechas que la Secretaría establece como referente para los técnicos responsables de la operación de las UMAs, esto de conformidad con lo dispuesto en el artículo 94 de la Ley General de Vida Silvestre y 112 de su Reglamento; son las épocas en las que se podrá efectuar el aprovechamiento y quedarán establecidas de manera explícita en las tasas de aprovechamiento. En el **Cuadro 4.40**, se presenta la temporada hábil de aprovechamiento en Sonora.

Cuadro 4.40. Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el estado de Sonora del periodo 2018-2019

GRUPO	ESPECIES	INICIA	TERMINA
AVES	Agachona común (<i>Gallinago delicata</i>) (antes <i>Gallinago gallinago</i>)	Ultimo viernes de octubre de 2018	Cuarto domingo de febrero de 2019
AVES	Brantas (<i>Branta nigricans</i> , <i>Branta canadensis</i>)	Ultimo viernes de octubre de 2018	Cuarto domingo de febrero de 2019
AVES	Codornices (<i>Lophortyx douglasii</i> , <i>Callipepla gambelii</i>)	Primer viernes de septiembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
AVES	Faisán de collar (<i>Phasianus colchicus</i>)	Primer viernes de septiembre de 2018	Cuarto domingo de marzo de 2019
AVES	Gallareta (<i>Fulica americana</i>)	Ultimo viernes de octubre de 2018	Cuarto domingo de marzo de 2019
AVES	Gansos (<i>Anser albifrons</i>)	Ultimo Viernes de octubre de 2018	Cuarto domingo de febrero de 2019
AVES	Gansos blancos (<i>Chen caerulescens</i>) y ganso ross (<i>Chen rosii</i>)	Ultimo Viernes de octubre de 2018	Cuarto domingo de febrero de 2019
AVES	Grulla gris (<i>Grus canadensis</i>)	Ultimo viernes de octubre de 2018	Segundo domingo de febrero de 2019

Cuadro 4.40. Temporada hábil de aprovechamiento de aves y mamíferos silvestres en el estado de Sonora del periodo 2018-2019

GRUPO	ESPECIES	INICIA	TERMINA
AVES	Guajolote silvestre (<i>Meleagris gallopavo</i>)	Último viernes de marzo de 2018	Último domingo de mayo de 2019
AVES	Paloma alas blancas (<i>Zenaida asiatica</i>)	Primer viernes de septiembre de 2018	Segundo domingo de marzo de 2019
AVES	Huilota (<i>Zenaida macroura</i>)	Primer viernes de septiembre de 2018	Segundo domingo de marzo de 2019
AVES	Paloma morada (<i>Patagioenas flavirostris</i>) (antes <i>Columba flavirostris</i>)	Segundo viernes de octubre de 2018	Tercer domingo de febrero de 2019
AVES	Patos y cercetas (<i>Anas acuta</i> , <i>Anas americana</i> , <i>Anas clypeata</i> , <i>Anas crecca</i> , <i>Anas cyanoptera</i> , <i>Anas discors</i> , <i>Anas platyrhynchos</i> , <i>Anas strepera</i> , <i>Anas diazii</i> , <i>Bucephala albeola</i> , <i>Oxyura jamaicensis</i>)	Último viernes de octubre de 2018	Segundo domingo de marzo de 2019
MAMIFEROS	Borrego cimarrón (<i>Ovis canadensis mexicana</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Cuarto domingo de marzo de 2019
MAMIFEROS	Coyote (<i>Canis latrans</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Liebre antílope (<i>Lepus alleni</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Liebre de cola negra (<i>Lepus californicus</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Conejo castellano (<i>Sylvilagus floridanus</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Conejo del desierto (<i>Sylvilagus audubonii</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Mapache y tejón o coati (<i>Procyon lotor</i> ; <i>Nasua narica</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Pecarí de collar (<i>Pecari tajacu</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Gato montés (<i>Lynx rufus</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Venado bura (<i>Odocoileus hemionus</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019
MAMIFEROS	Venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>)	Primer viernes de diciembre de 2018	Primer domingo de febrero de 2019

En el Sistema Ambiental se avistaron especies presentes en la lista de aprovechamiento por SEMARNAT, tales como: *Zenaida asiatica* (paloma alas blancas) y la *Zenaida macroura* (huilota). En cuanto a los mamíferos se obtuvieron registros de *Canis latrans* (coyote), *Lepus alleni* (conejo antílope), *Lepus californicus* (liebre cola negra), *Sylvilagus*

audubonii (conejo del desierto), *Sylvilagus floridanus* (conejo serrano), *Procyon lotor* (mapache), *Pecari tajacu* (pecarí de collar), *Puma concolor* (puma), *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca) y *Nasua narica* (tejón).

Dentro del Sistema Ambiental, no se registró la presencia de ninguna Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre o Unidad de Manejo Ambiental (UMA), ya que la totalidad del polígono es propiedad de Buenavista del Cobre.

IV.3.2.2.9. Corredores biológicos y rutas de desplazamiento de las especies registradas para el Sistema Ambiental.

La fragmentación que se observa en ciertos sitios del Sistema Ambiental, es originada por la transformación del paisaje, producto de las actividades humanas que se han y están llevando a cabo actualmente en la zona. Las consecuencias del proceso de fragmentación, desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y de este modo impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua, que responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos.

Sin embargo, aun observando la fragmentación del hábitat en el Sistema Ambiental, durante los recorridos en campo, se pudo observar que existen rutas de desplazamiento de fauna silvestre, las cuales presentan conectividad de fragmentos de vegetación que presentan condiciones óptimas de conservación, principalmente en áreas de cañadas. Dichas rutas de desplazamiento están conformadas por los cordones de vegetación existentes, así como por los escurrimientos temporales (cañadas). Con base en el reconocimiento de campo de la zona y del registro faunístico de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), se puede afirmar que algunas especies faunísticas tienen preferencia por rutas de desplazamiento que les proporcionan seguridad, ya que reduce la exposición de éstas a los depredadores, especialmente de mamíferos medianos.

Es importante indicar que la presencia de corredores hacia el oeste, sur y norte del Sistema Ambiental, es más evidente en las partes altas de los cerros y en las zonas de cañadas por áreas arbóreas poco transitadas por los pobladores locales y por el personal que labora en Buenavista del Cobre, además la presencia de fragmentos con cobertura vegetal es

evidente, aún y cuando también existen zonas abiertas carentes de vegetación y con presencia de parches de pastizales naturales con especies arbóreas aisladas. Actualmente el uso de suelo y vegetación para esta zona corresponde en su mayoría a Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino y Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con fragmentos de Pastizal Natural, con presencia de ganadería extensiva en algunas zonas, lo cual es evidente por la presencia de corrales y bordos, sin embargo, en la actualidad dicha actividad es reducida.

En base a la identificación de los corredores biológicos identificados durante el trabajo de campo y después del análisis de las imágenes de satélite, se puede concluir que estos son más evidentes en la porción oeste, sur y norte del Sistema y no se verán afectadas de manera significativa por la implementación del proyecto (**Figura 4.77**).

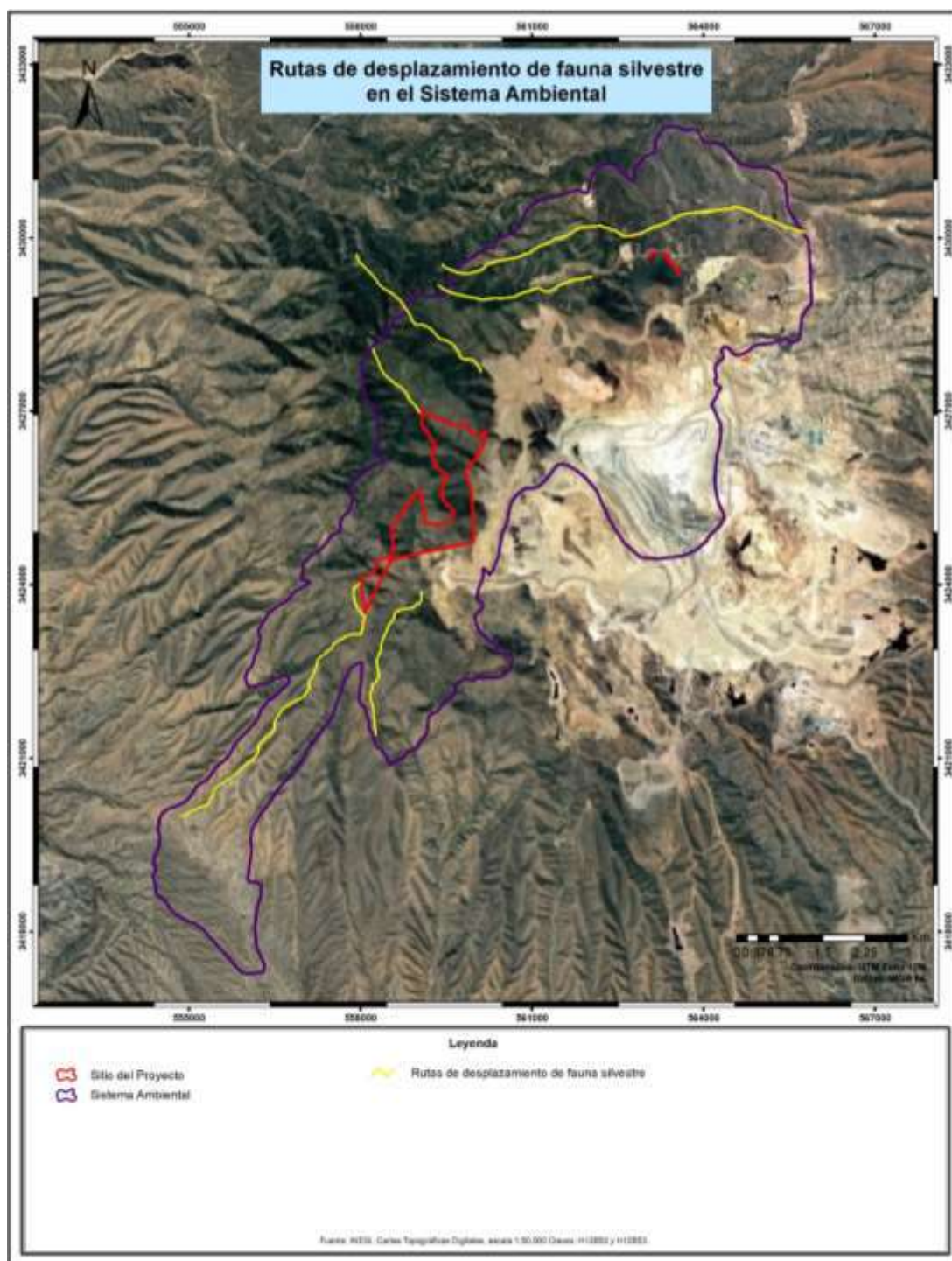


Figura 4.77. Rutas de movimiento o desplazamiento de fauna silvestre, identificadas durante los trabajos de campo a nivel Sistema Ambiental.

IV.3.2.2.10. Análisis de datos de campo registrados en el sitio del Proyecto.

Composición y estructura

Para los 6 puntos de muestreo del sitio del proyecto, se reporta un total de riqueza de: 2 especies de anfibios (un orden y una familia), 11 especies de reptiles (un orden y cuatro familias), 32 especies de aves (8 órdenes y 17 familias) y 24 especies de mamíferos (seis órdenes y 12 familias). En la **Figura 4.78**, se muestra una gráfica con la riqueza de especies para cada grupo faunístico registrados durante el trabajo de campo en el sitio del proyecto en donde se observa una dominancia del grupo de las aves.

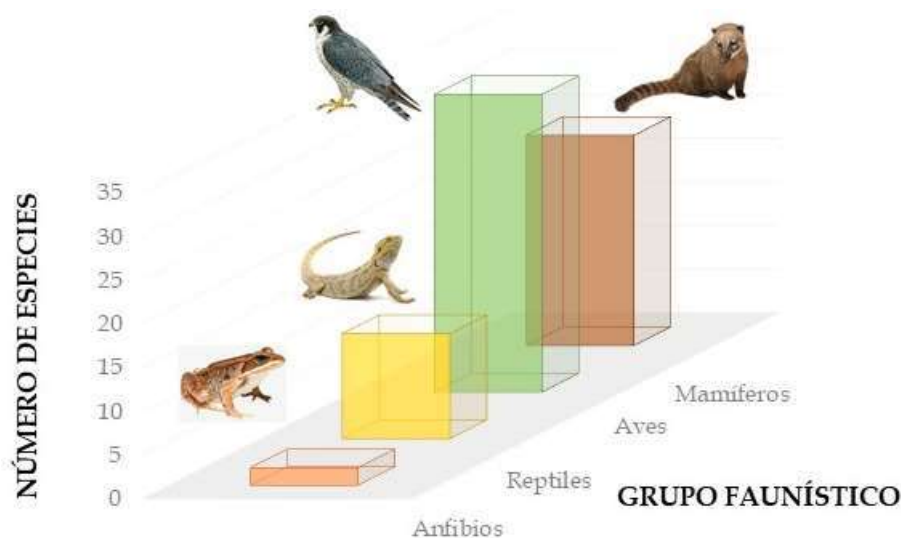


Figura 4.78. Especies totales registradas para el sitio del proyecto.

Del total de especies registradas se tiene una abundancia absoluta para el sitio del proyecto de 2 individuos para los anfibios, 38 individuos para los reptiles, las aves con 126 individuos y mamíferos con 76, tal como se puede apreciar en la **Figura 4.79**. En el **Anexo 4.13**, se incluye el listado faunístico de las especies registradas a sitio del proyecto mediante la implementación de métodos directos e indirectos.

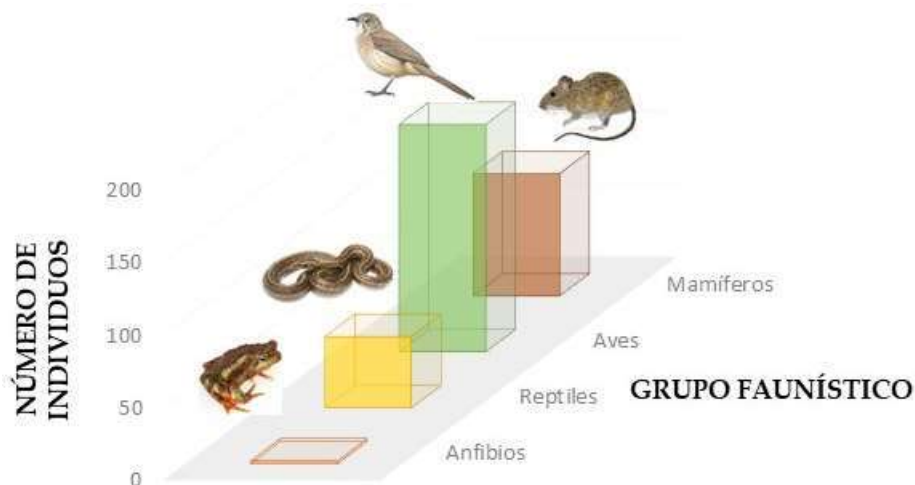


Figura 4.79. Abundancia absoluta para cada grupo faunístico en el sitio del proyecto

Dentro del sitio del proyecto se distribuyen un solo tipo de vegetación que es Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino. Al existir un solo tipo de vegetación se realizó el análisis únicamente por punto de muestreo donde, PS4 presento mayor diversidad y abundancia con 40 especies y 64 individuos, mientras que el punto PS6 presento menor diversidad y abundancia con cero registros seguido del PS2 con 15 especies y 27 individuos. En el punto PS2 se presenta una depresión donde permite que se acumule más humedad y se registre mayor cantidad de especies.

En la **Figura 4.80**, se presenta de manera gráfica la diversidad y abundancia absoluta de los registros de fauna silvestre por tipo punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino para el sitio del proyecto.

En el **Cuadro 4.41**, se presentan los índices de diversidad por grupo faunístico donde el grupo de las aves es el que presenta mayor diversidad y menor dominancia, es decir, es la probabilidad de que si tomas dos individuos al azar de la comunidad que ambos sean de la misma especie.

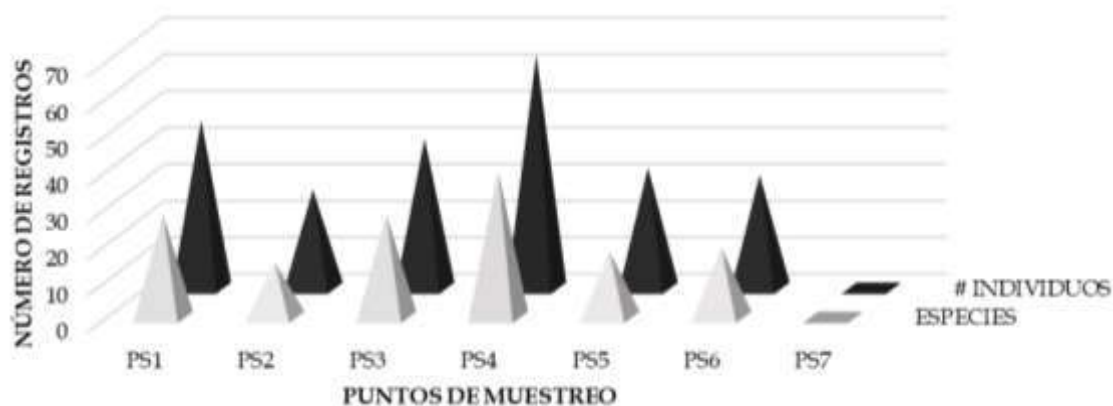


Figura 4.80. Diversidad y Abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino para el sitio del proyecto.

Cuadro 4.41. Índices de diversidad calculados para cada grupo faunístico dentro del sitio del proyecto.

GRUPO FAUNÍSTICO	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (n_i/N)^2$	DOMINANCIA	EQUITATIVIDAD DE PIELOU $J' = H' / (\log 2 \cdot H'_{\max})$	$H'_{\max} = \ln(S)$	NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES
ANFIBIOS	0.693	0.50	0.50	1	0.693	2
REPTILES	2.098	0.144	0.855	0.847	2.397	8.153
AVES	2.981	0.074	0.925	0.878	3.465	19.712
MAMÍFEROS	2.144	0.174	0.825	0.659	3.178	8.540

El grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad con 0.074 y una dominancia de 0.9654 por lo que se considera una diversidad media-alta y hay mayor probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a diferentes especies. Mientras que el grupo de los anfibios presento una menor diversidad con 0.50 y una dominancia de 0.50.

Para las aves el índice de equidad de Pielou fue de 0.878, por lo que casi todas las especies son igualmente abundantes, mientras que para los anfibios fue de 1 porque solo se registraron dos especies.

Las aves fue el grupo que presento el mayor número efectivo de especies con 19.712, sin embargo, de acuerdo al total de especies totales registradas no todas son igualmente comunes. Mientras que para los anfibios y reptiles más del 80% del número efectivo de especies son igualmente comunes.

En conclusión, el grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad y menor dominancia, sin embargo, los anfibios y reptiles presentaron la mayoría de sus especies igualmente comunes.

En el **Anexo 4.14**, se presenta el registro fotográfico de las condiciones generales que presentaron cada uno de los puntos de muestreo establecidos para el registro faunístico a nivel sitio del proyecto.

A continuación, se analizan los datos obtenidos en campo por cada grupo faunístico.

a) ANFIBIOS

Para este grupo, se registraron un total de 2 especies con un individuo cada una, donde solo se presentó una familia: Bufonidae. Respecto a su distribución biogeográfica las 2 presentan distribución Neártica.

Con el análisis de los datos por punto de muestreo para el grupo y considerando que estos se distribuyen en sitios donde la humedad en el sustrato es alta a muy alta, y debido a que dichas condiciones no son homogéneas en todo el sitio del proyecto, es por ello que este grupo faunístico no se registró en todos los puntos de muestreo. Los registros se obtuvieron específicamente en áreas con cañadas en donde existieron condiciones de alta humedad (PS1 y PS5), en dichos sitios se identificaron 2 especies y 2 individuos, tal es el caso del sapo de la gran planicie (*Anaxyrus cognatus*) y el sapo manchas rojas (*Anaxyrus punctatus*).

En la **Figura 4.81**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de anfibios presentes en el sitio del proyecto.

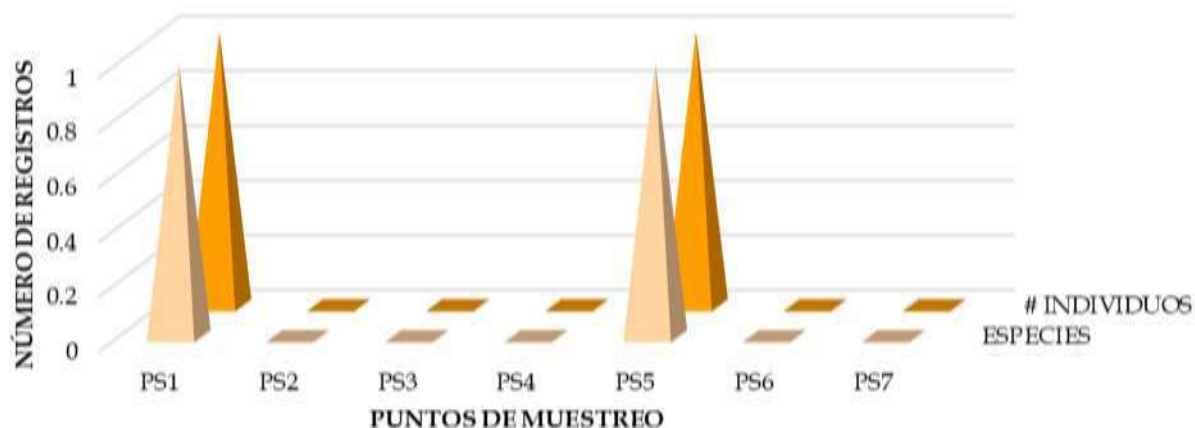


Figura 4.81. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de anfibios presentes en el sitio del proyecto.

En el **Cuadro 4.42**, se presenta el listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto, dando un total de 2 especies, ninguna de ellas es endémica y tampoco se encuentra listada con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las 2 especies registradas presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

Cuadro 4.42. Listado de anfibios registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA n_i	ABUNDANCIA RELATIVA $p_i = n_i/N$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (n_i(n_i-1))^{-1}$	DOMINANCIA	$H' \max = \ln(S)$
Anura	Bufonidae	<i>Anaxyrus punctatus</i>	Sapo manchas rojas	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.50000000	0.34657359	0.25000000	-	0.693147181
Anura	Bufonidae	<i>Anaxyrus cognatus</i>	Sapo de la gran planicie	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.50000000	0.34657359	0.25000000	-	-
TOTALES												2	-	0.693147181	0.50000000	0.50000000	-

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas); IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, Ñ: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

b) REPTILES

Para el sitio del proyecto se registraron un total de once especies con 38 individuos, siendo la especie más abundante *Sceloporus magister* (lagartija espinosa del desierto), con una abundancia relativa de 0.2105. En cuanto a la taxonomía, se tiene un orden, cuatro familias y seis géneros. Para la distribución biogeográfica la mayoría tienen distribución neártica (64%), con excepción de *Masticophis bilineatus* (culebra chirrionera Sonorense), que presenta ambas distribuciones (36%) (**Figura 4.82**).

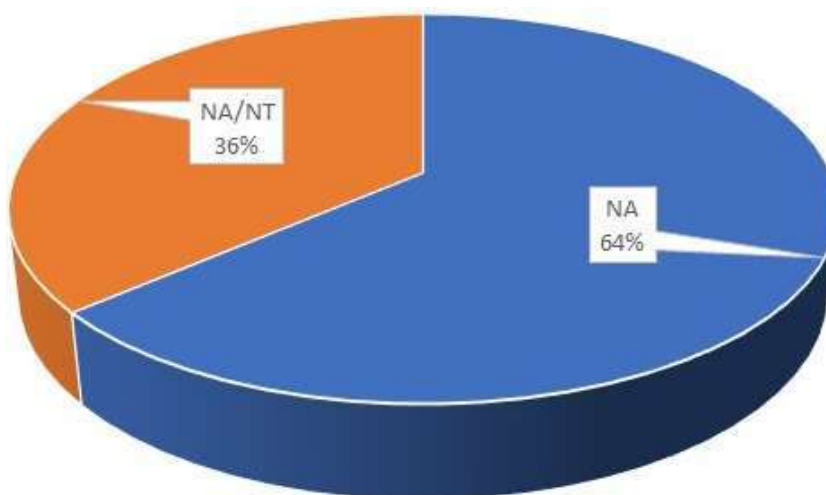


Figura 4.82. Distribución geográfica de las especies de reptiles presentes en el sitio del proyecto.

Identificados los puntos de muestreo en el sitio del proyecto, se analizaron los registros, obteniendo que el PSI y el PS4 presentaron mayor diversidad con 7 spp y 5 ss respectivamente, mientras que los puntos de muestreo que presentan menor diversidad son el PS6 sin registros y el PS3 con una sola especie.

En la **Figura 4.83**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo para la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de reptiles presentes en el sitio del proyecto.

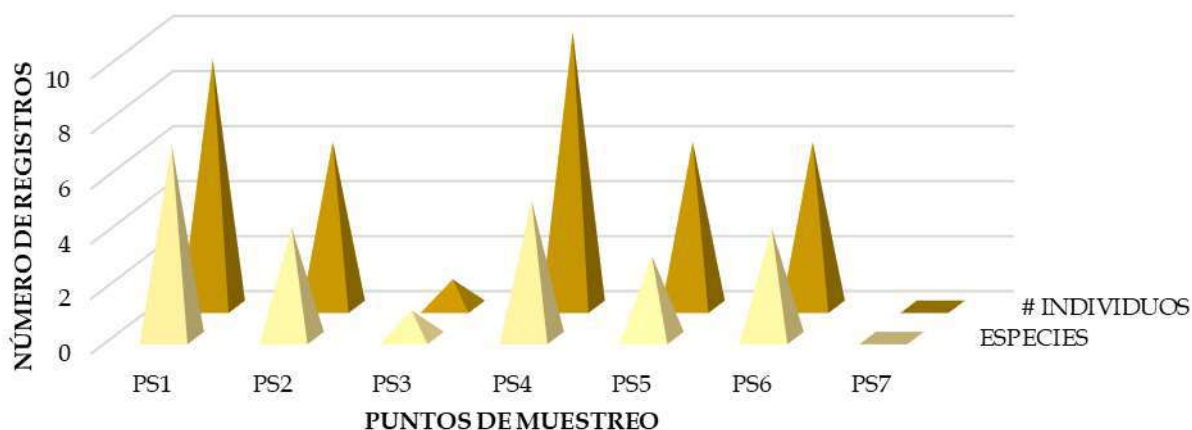


Figura 4.83. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo con Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de reptiles presentes en el sitio del proyecto.

En el **Cuadro 4.43**, se presenta el listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto, dando un total de 11 especies. Ninguna de las especies registradas es de carácter endémico. Del total de especies registradas, ninguna se encuentra listada con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe mencionar que la mayoría presenta categoría Least Concern dentro de la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

Cuadro 4.43. Listado de reptiles registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA $pi = ni/N$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (pi \ln pi)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = 1/\sum (ni^2)$	DOMINANCIA	$H'_{max} = \ln(S)$
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus clarkii</i>	Lagartija escamosa de Clarks	-	-	LC	-	NA	E	I	R	5	0.131578947	0.232896162	0.017313019	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus jarrovi</i>	Lagartija escamosa	-	-	LC	-	NA	E	I	R	2	0.052631579	0.232896162	0.002770083	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus lemosespinali</i>	Lagartija escamosa Chihuahuense	-	-	DD	-	NA	E	I	R	5	0.131578947	0.232896162	0.017313019	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus virgatus</i>	Lagartija espinosa rayada	-	-	LC	-	NA	I	I	R	1	0.026315789	0.079424904	0.000692521	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	Lagartija espinosa del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I	R	8	0.210526316	0.357932277	0.04432133	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus ornatus</i>	Lagartija de árbol nortehña	-	-	LC	-	NA	E	I	R	7	0.184210526	0.277987164	0.033933518	-	-
Squamata	Scincidae	<i>Plestiodon callicephalus</i>	Eslizón de la Sierra Madre Occidental	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.026315789	0.079424904	0.000692521	-	-
Squamata	Teiidae	<i>Aspidozelis uniparens</i>	Huico del pastizal del desierto	-	-	LC	-	NA	I	I	R	1	0.026315789	0.079424904	0.000692521	-	-
Squamata	Teiidae	<i>Aspidozelis sonora</i>	Huico manchado de Sonora	-	-	LC	-	NA	I	I	R	6	0.157894737	0.277987164	0.024930748	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Pituophis catenifer</i>	Serpiente de Gopher	-	-	LC	-	NA	I/E	C	R	1	0.026315789	0.079424904	0.000692521	-	-
Squamata	Colubridae	<i>Masticophis bilineatus</i>	Culebra chirrionera Sonorense	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.026315789	0.079424904	0.000692521	-	-
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus clarkii</i>	Lagartija escamosa de Clarks	-	-	LC	-	NA	E	I	R	5	0.131578947	0.079424904	0.017313019	-	-
TOTALES												38	-	2.098424747	0.14404432	0.855955679	2.397895273

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas); IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-oronato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal; C-cetnería; Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, N: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

a) AVES

En el sitio del proyecto se registraron un total de 32 especies con 126 registros, siendo las especies más abundantes *Aphelocoma wollweberi* (chara pecho gris), con una abundancia relativa de 0.1428; *Corvus corax* (cuervo común) con una abundancia relativa de 0.1666 y; *Cathartes aura* (zopilote aura) con una abundancia relativa de 0.0793. En cuanto a la taxonomía, se tiene ocho órdenes, 17 familias y 30 géneros. Para la distribución biogeográfica 11 especies tienen distribución neártica (37%) y el resto presenta ambas distribuciones (63%), como se presenta en la **Figura 4.84**.

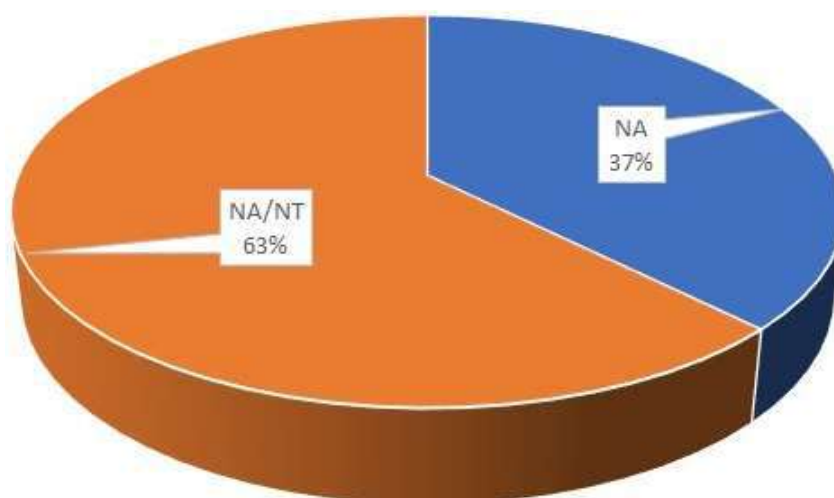


Figura 4.84. Distribución geográfica de las especies de aves presentes en el sitio del proyecto.

El punto de muestreo que presentó mayor diversidad fue el PS4 con 18 especies y 35 individuos, mientras que los puntos de muestreo con menor diversidad fueron el PS7 con cero registros y el PS2 con 8 especies y 15 individuos.

En la **Figura 4.85**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de aves presentes en el sitio del proyecto.

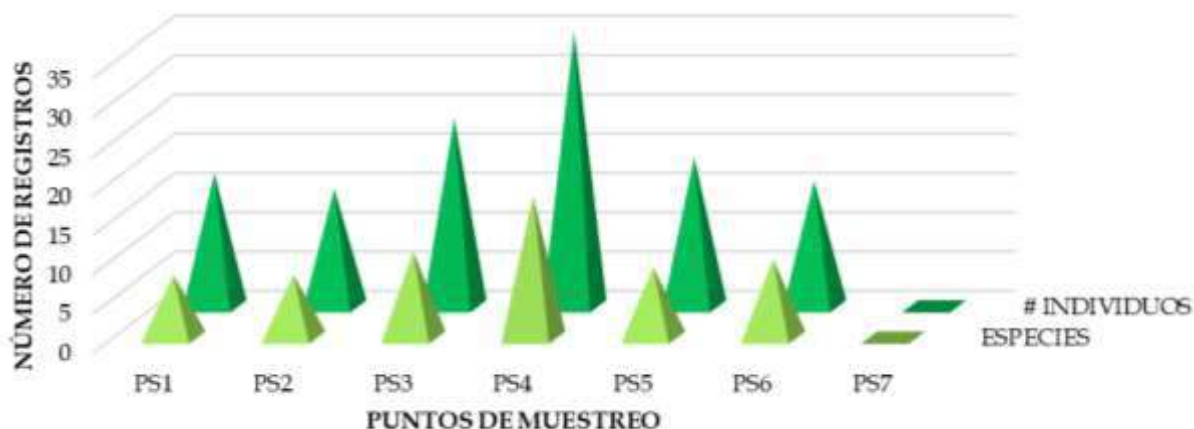


Figura 4.85. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de aves presentes en el sitio del proyecto.

En el **Cuadro 4.44**, se presenta el listado de aves registradas en campo en el sitio del proyecto, dando un total de 32 especies. De las cuales dos son semiendémicas (pasan una parte del año en el estado o en más estados y después migran), tales como el colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*) y el papamoscas bajacolita (*Empidonax wrightii*); además de una con distribución cuasiendémica, el carpintero de Arizona (*Dryobates arizonae*), que hace referencia a aquellas cuya distribución se extiende ligeramente a países vecinos fuera de los límites políticos de México por continuidad ecológica u orográfica.

Del total de especies registradas, una de estas se encuentra listada con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010: codorniz de Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) con categoría de Sujeta a Protección especial (Pr). La totalidad de las especies registradas presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y dos especies se encuentran en el apéndice dos del CITES, tal es el caso del colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*) y el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*).

Cuadro 4.44. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	OM-059-SEMARNAT	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/n	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (pi \ln pi)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (ni/n)^2$	DOMINANCIA	H' max= Ln(S)
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguiluilla cola roja	-	-	LC	-	NA/NT	E,C	C	R	2	0.015873016	0.055855241	0.000164366	-	-
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	1	0.007936508	0.055855241	0.000164366	-	-
Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	SE	-	LC	II	NA/NT	E	I,N	RR	2	0.015873016	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	NA/NT	E	I,N	MP	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	-	-	LC	-	NA/NT	E	Ñ	R	10	0.079365079	0.216353727	0.008053912	-	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	-	-	LC	-	NA/NT	E,Co	G	R	4	0.031746032	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño	-	-	LC	-	NA	E	I,C	R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla squamata</i>	Codorniz escamosa	-	-	LC	-	NA	E,Co	I,G	R	1	0.007936508	0.093937478	0.000657462	-	-
Galliformes	Odontophoridae	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	-	Pr	LC	-	NA/NT	E,Co	I,H,G	R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	H,F,G	R	7	0.055555556	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	H,F,G	R	2	0.015873016	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Aphelocoma wollweberi</i>	Chara pecho gris	-	-	LC	-	NA	E	O	R	18	0.142857143	0.282245649	0.021737344	-	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	21	0.166666667	0.055855241	0.000164366	-	-
Passeriformes	Fringillidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	-	-	LC	-	NA/NT	E,O	H,F,G	R	6	0.047619048	0.110269811	0.001027285	-	-
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteño	-	-	LC	-	NA	E	I,F	R	1	0.007936508	0.139279622	0.002013478	-	-
Passeriformes	Paridae	<i>Baeolophus wollweberi</i>	Carbonero embreado	-	-	LC	-	NA/NT	E,Co	I	R	4	0.031746032	0.16457489	0.003328402	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Amphispiza bilineata</i>	Zacatonero garganta negra	-	-	LC	-	NA	E		R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	-	-	LC	-	NA/NT	E	I,G	R	3	0.023809524	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Melospiza fusca</i>	Rascador viejita	-	-	LC	-	NA	E	I,G	R	1	0.007936508	0.055855241	0.000164366	-	-
Passeriformes	Passerellidae	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejas blancas	-	-	LC	-	NA/NT	E	I,G	RR	2	0.015873016	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Poliptilidae	<i>Poliptila caerulea</i>	Perlita azul gris	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	4	0.031746032	0.139279622	0.002013478	-	-
Passeriformes	Poliptilidae	<i>Poliptila melanura</i>	Perlita del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I	R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del desierto	-	-	LC	-	NA	E	I,F,G	R	1	0.007936508	0.139279622	0.002013478	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	-	-	LC	-	NA	E	I	R	6	0.047619048	0.055855241	0.000164366	-	-

Cuadro 4.44. Listado de aves registradas durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA $pi = ni/n$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (pi \ln pi)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (ni/n)^2$	DOMINANCIA	$H'_{max} = \ln(S)$
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín saltapared cola oscura	-	-	LC	-	NA	E	I	R	5	0.03968254	0.139279622	0.002013478	-	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared común	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	7	0.055555556	0.139279622	0.002013478	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas bajacolina	SE	-	LC	-	NA / NT	E	I	M	1	0.007936508	0.207075554	0.006944444	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	RR	4	0.031746032	0.075985456	0.000369822	-	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas rayado común	-	-	LC	-	NA / NT	E	I	MP	2	0.015873016	0.263349197	0.016436555	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates arizonae</i>	Carpintero de Arizona	CE	-	LC	-	NA	E	I	R	4	0.031746032	0.055855241	0.000164366	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates scalaris</i>	Carpintero mexicano	-	-	LC	-	NA/NT	E	I	R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	1	0.007936508	0.032370872	4.10914E-05	-	-
TOTALES												126	-	2.981267979	0.07445200	0.925547997	3.465735903

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; IUCN: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas); IMPORTANCIA: Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; GREMIO TRÓFICO: O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, N: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; ESTACIONALIDAD: M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

AVES MIGRATORIAS

Respecto a las especies de aves que presentan algún tipo de migración son un total de siete especies, de las cuales: una es migratoria de invierno, 2 son migratorias de paso y 4 son residentes de reproducción. En el **Cuadro 4.45**, se presentan las especies migratorias registradas en el sitio del proyecto.

Cuadro 4.45. Listado de especies de aves migratorias que se registraron en el sitio del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA RELATIVA
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	-	-	LC	-	RR	0.007936508
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	SE	-	LC	II	RR	0.015873016
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	MP	0.007936508
<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejas blancas	-	-	LC	-	RR	0.015873016
<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas bajacolina	SE	-	LC	-	M	0.007936508
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	-	-	LC	-	RR	0.031746032
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas rayado común	-	-	LC	-	MP	0.015873016

NOM-059 =NOM-059-SEMARNAT-2010: A= Amenazada, P=En Peligro de Extinción, Pr= Sujeta a Protección especial; **IUCN**: Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX- Extinct; **CITES**: Apéndice I (Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales), Apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), Apéndice III (especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas). **ESTACIONALIDAD**: R= Residente, M= Migratorio solo en época de reproducción, MP= Migración transitoria o solo de paso y RR= Residente en temporada reproductiva.

b) MAMÍFEROS

En el sitio del proyecto se registraron un total de 24 especies con 76 registros, siendo la especie más abundante *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), con una abundancia relativa de 0.3289. En cuanto a la taxonomía, se tiene seis órdenes, doce familias y 18 géneros. Para la distribución biogeográfica dos especies tienen distribución neártica (5%) y el resto presenta ambas distribuciones (95%), como se puede apreciar en la **Figura 4.86**.

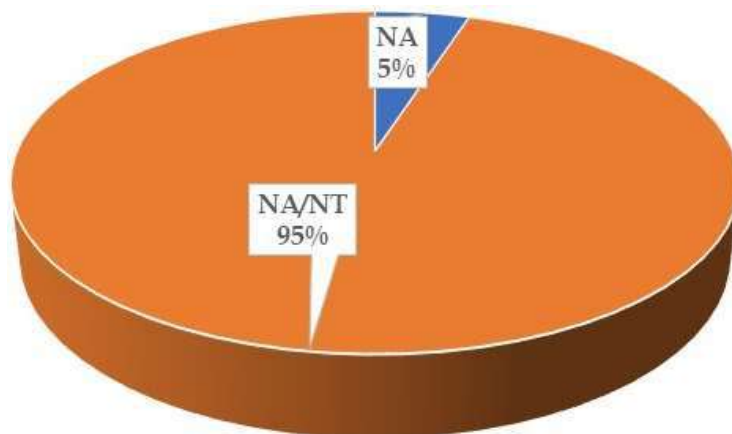


Figura 4.86. Distribución geográfica de las especies de mamíferos presentes en el sitio del proyecto.

En el sitio del proyecto el punto de muestreo que presentó mayor diversidad fue el PS4 con 17 especies y 19 individuos, mientras que el punto de muestreo que presentó menor diversidad fue el PS7 con cero registros, seguido del PS2 con 3 especies y 6 individuos.

En la **Figura 4.87**, se presenta de manera gráfica la riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de mamíferos presentes en el sitio del proyecto.

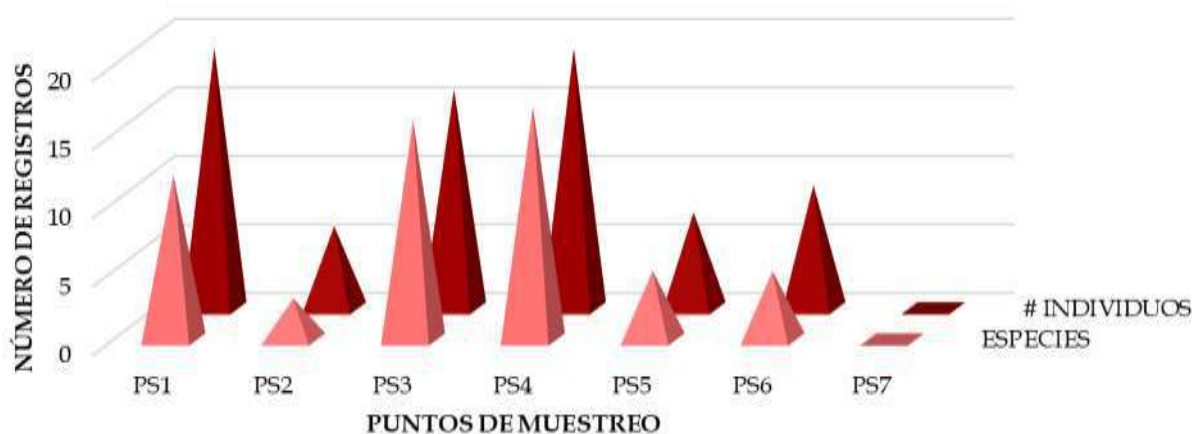


Figura 4.87. Riqueza específica y abundancia absoluta por punto de muestreo en la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino de las especies de mamíferos presentes en el sitio del proyecto.

En el **Cuadro 4.46.**, se presenta el listado de mamíferos registrados en campo en el sitio del proyecto, dando un total de 24 especies; ninguna especie endémica y tampoco alguna especie con categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Todas las especies registradas, presentan categoría Least Concern de la lista roja de la IUCN y ninguna se encuentra incluida en el apéndice del CITES.

Cuadro 4.46. Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA $pi = ni/N$	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum(pi \ln pi)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum(ni/N)^2$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum(ni/N)^2$	$H'_{max} = \ln(S)$
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	-	-	LC	-	NA/NT	E/Co	H	R	25	0.328947368	0.365742604	0.108206371	-	-
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	-	-	LC	-	NA/NT	E	I/H	R	1	0.013157895	0.056983333	0.00017313	-	-
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.013157895	0.056983333	0.00017313	-	-
Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra Gris	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	16	0.210526316	0.328030446	0.04432133	-	-
Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	2	0.026315789	0.095725952	0.000692521	-	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	4	0.052631579	0.154970473	0.002770083	-	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	5	0.065789474	0.179032594	0.004328255	-	-
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	1	0.013157895	0.056983333	0.00017313	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	-	-	LC	-	NA/NT	E	H	R	1	0.013157895	0.056983333	0.00017313	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto	-	-	LC	-	NA/NT	E/I	H	R	5	0.065789474	0.179032594	0.004328255	-	-
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	-	-	LC	-	NA/NT	E	H	R	1	0.013157895	0.056983333	0.00017313	-	-
Rodentia	Cricetidae	<i>Neotoma mexicana</i>	Rata cambalachera	-	-	LC	-	NA/NT	E	C	R	2	0.026315789	0.095725952	0.000692521	-	-
Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón norteamericano	-	-	LC	-	NA	E/I	G	R	4	0.052631579	0.154970473	0.002770083	-	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón de patas blancas	-	-	LC	-	NA/NT	E	O	R	3	0.039473684	0.127583726	0.001558172	-	-
Rodentia	Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón	-	-	LC	-	NA/NT	E	G	R	5	0.065789474	0.179032594	0.004328255	-	-
Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago de cola libre de Brasil	-	-	LC	-	CNA/CNT	E, Ec	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago orejón de Townsend	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago moreno norteño	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus blossevillei</i>	Murciélago cola peluda de Blossevil	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus cinereus</i>	Murciélago cola peluda canoso	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis californicus</i>	Miotis californiano	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis thysanodes</i>	Miotis bordado	-	-	LC	-	CNA	E	I	M	*	-	-	-	-	-

Cuadro 4.46. Listado de mamíferos registrados durante el trabajo de campo para el sitio del proyecto.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059-SEMARNAT-2010	IUCN	CITES	DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA	IMPORTANCIA	GREMIO TRÓFICO	ESTACIONALIDAD	ABUNDANCIA ABSOLUTA ni	ABUNDANCIA RELATIVA pi= ni/N	ÍNDICE DE SHANNON $H' = -\sum (pi \cdot \ln pi)$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (ni/N)^2$	ÍNDICE DE SIMPSON $D = \sum (ni/N)^2$	$H'_{max} = \ln(S)$
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis volans</i>	Miotis pata larga	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis yumanensis</i>	Miotis de Yuma	-	-	LC	-	CNA/CNT	E	I	M	*	-	-	-	-	-
TOTALES													-	2.144764073	0.17486150	0.825138504	3.17805383

ENDEMICIDAD: SE: Semiendémica; CE: Cuasiendémica; **NOM-059-SEMARNAT-2010:** E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; **IUCN:** Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW-Extinct in the wild; EX-Extinct; **CITES:** I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III; **IMPORTANCIA:** Co-comercial; E- ecológica; O-ornato; I-indicadora; P-plaga; M-medicinal, C-cetrería, Cu-cultural; **GREMIO TRÓFICO:** O- omnívoro, I: insectívoro, G: granívoro, C: carnívoro, Ñ: carroñero, F: frugívoro, N: nectarívoro, H: herbívoro P: Piscívoro, M: Moluscos, S:Savia; **ESTACIONALIDAD:** M-migratorio, R-residente, R-residente en época reproductiva, MP-Migratorio de paso, I-invasora.

* El registro de murciélagos se llevó a cabo mediante métodos ultrasónicos en cuanto al número de pases por lo que el establecer un número de individuos resulta poco fiable, sin embargo en el apartado correspondiente se mencionara la distribución y abundancia de dichas especies a nivel nacional, tomando en consideración que las especies registradas tienen amplia distribución y generalmente forman grandes poblaciones.

MURCIÉLAGOS

Derivado del análisis de los datos recabados con ayuda del detector ultrasónico, así como del registro de evidencias indirectas, se identificó la presencia de cuatro especies de murciélagos en el sitio del proyecto, una especie perteneciente a la familia Molossidae y tres más de la familia vespertilionidae. Tales especies registradas fueron: *Eptesicus fuscus* (murciélago moreno norteño), *Lasiurus blossevillii* (murciélago cola peluda de Blossevil), *Lasiurus cinereus* (murciélago cola peluda canoso) y *Tadarida brasiliensis* (murciélago de cola libre de Brasil).

Cabe destacar que ninguna especie mantiene algún tipo de endemidad, ni se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o apéndice de la CITES y en la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN) se ubican con categoría LC (Least Concern-Preocupación menor).

Todas las especies registradas conservan una distribución tanto en la región Neártica como Neotropical y de acuerdo con los movimientos que realizan son consideradas especies migratorias, lo que indica que dichas especies solo se encuentran en alguna parte del año en el sitio del proyecto. Es importante mencionar que, dentro del sitio del proyecto, no se identificó ninguna cueva u oquedad que pudiera ser un buen sitio de refugio para este grupo.

La dieta de las 4 especies registradas en el sitio del proyecto, se compone principalmente de insectos, lo que resulta de gran importancia porque les permite ser un eslabón importante en la cadena trófica y por ende en los ecosistemas, ya que desarrollan nichos con importancia estratégica como control de algunos insectos considerados plaga, por lo que son de suma importancia ecológica y económica.

En cuanto a la totalidad de registros por métodos directos e indirectos, se obtuvo un conteo total de 105 archivos de sonido, de los cuales 45 resultaron ser útiles para su identificación a nivel específico (42.9 %), mientras que el 16.2 % (17 archivos) no se logró identificar y el 40.9 % (43 archivos) se descartaron por contener mucho ruido ambiental, tal como se ejemplifica en la **Figura 4.88**.

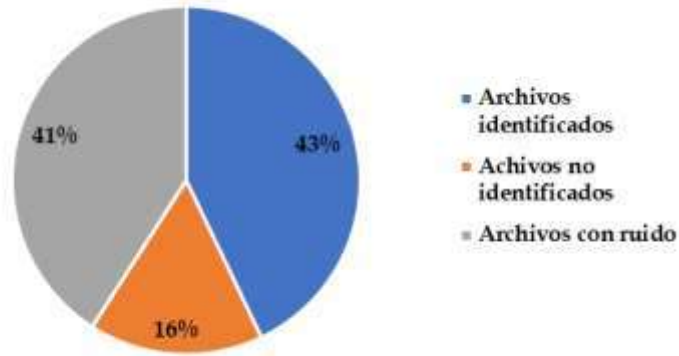


Figura 4.88. Número de archivos útiles y no útiles para identificación a nivel específico del registro de murciélagos dentro del sitio del proyecto

En cuanto al registro de murciélagos por punto de muestreo en el sitio del proyecto, se obtuvo una mayor actividad y diversidad específica en el punto PS3 con 29 archivos de sonido identificados y tres especies (*Eptesicus fuscus* (murciélago moreno norteño), *Lasiurus cinereus* (murciélago cola peluda canoso) y *Tadarida brasiliensis* (murciélago de cola libre de Brasil)); el punto PS4 aunque mantiene una riqueza específica de tres especies y su actividad es escasa, por su parte los puntos PS5 y PS6 presentan baja riqueza y actividad, como se aprecia en la **Figura 4.89**.

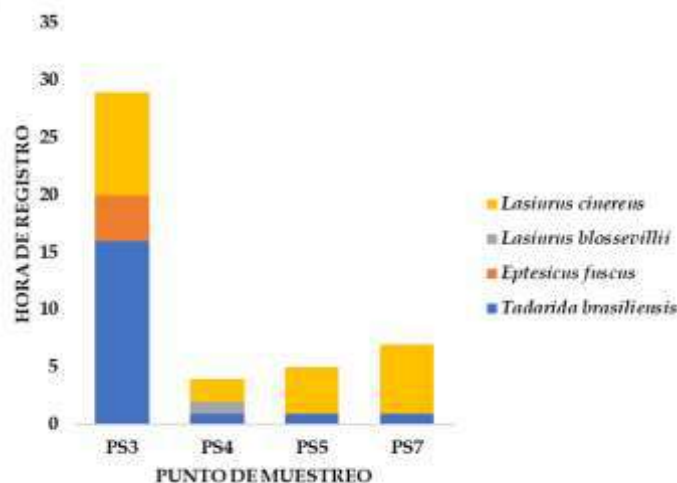


Figura 4.89. Actividad de las especies de murciélagos registradas por punto de muestreo.

En la **Figura 4.90**, se aprecia a manera de grafica la actividad de los murciélagos, en donde la mayor actividad se presenta dos horas antes de la media noche, con un pico de 22:00 a 23:00 horas, posteriormente la actividad desciende drásticamente conforme transcurre la noche y se incrementa muy poco antes del amanecer alrededor de las 5:00 horas.

La especie con mayor actividad fue *Lasiurus cinereus* (murciélago cola peluda canoso) que forrajea activamente antes de la media noche, seguida de *Tadarida brasiliensis* (murciélago cola de cola libre de Brasil) que muestra mayor actividad de 21:00 a 22:00 horas, finalmente *Eptesicus fuscus* (murciélago moreno norteño) y *Lasiurus blossevillii* (murciélago cola peluda de Blossevil) presentan escasa actividad con 4 y 1 archivos identificados respectivamente, como se aprecia en la **Figura 4.90**.

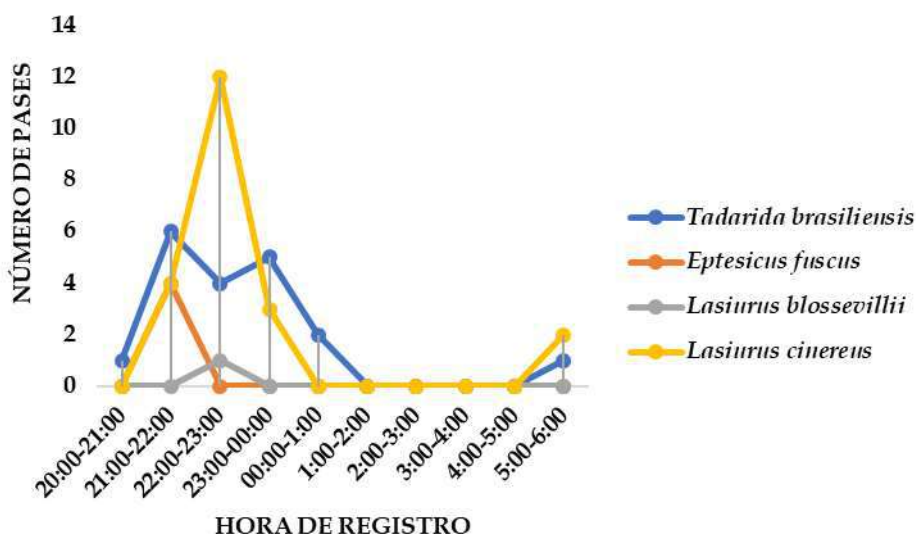


Figura 4.90. Picos de actividad de la quiropterofauna registrada dentro del sitio del proyecto.

En el **Anexo 4.15**, se incluye el registro fotográfico de las especies registradas por muestreos directos e indirectos presentes en el sitio del proyecto.

IV.3.2.2.11. Especies endémicas y especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES E IUCN registradas en el sitio del Proyecto.

De acuerdo al número total de especies faunísticas registradas dentro del sitio del proyecto, se tiene que una sola especie del grupo de las aves se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el **Cuadro 4.47**, se pueden observar el listado de las especies registradas en el sitio del proyecto con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, listadas en la IUCN y CITES.

Cuadro 4.47. Registro de especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su endemismo y el número total de registros por especie dentro del sitio del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMICIDAD	NOM-059	IUCN	CITES	ABUNDANCIA	DISTRIBUCIÓN
AVIFAUNA							
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	-	Pr	LC	-	1	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dur, Sin, Ver, Gua, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax, Chi, Pue, CDMX, Tla, EM, Col
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	SE	-	LC	II	2	Son, Chi, Coa, NL, Tam, SLP, Zac, Dgo, Sin, Ver, Gua, Agu, Jal, Nay, Hgo, Qro, Mic, Oax
<i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador canelo	-	-	LC	II	2	BCN, Son, Chi, Coa, NL, Tam, Sin, Dur, Zac, SLP, Nay, Jal, Agu, Qro, Hgo, Col, Mic, CDMX, Mex, Mor, Tla, Gue, Pue, Oax.
<i>Empidonax wrightii</i>	Papamoscas bajacolita	SE	-	LC	-	1	BCN, BCS, Son, Chi, Coa, NL, Sin, Dur, Zac, SLP, Nay, Jal, Agu, Qro, Hgo, Col, Mic, CDMX, Mex, Mor, Tla, Gue, Pue, Oax.
<i>Dryobates arizonae</i>	Carpintero de Arizona	CE	-	LC	-	4	Son, Chi, Sin, Dur, Zac, Nay, Jal, Gua, Mic, Mex.

NOM-059-SEMARNAT-2010: E-probablemente extinta en el medio silvestre; P- en peligro de extinción; A-amenazadas; Pr- sujetas a protección especial; **IUCN:** Lc- least concern; NT-near threatened; VU- vulnerable; EN-endangered; CR-critically endangered; EW- Extinct in the wild; EX-Extinct; **CITES:** I- Se encuentra en apéndice I; II-Se encuentra en apéndice II; III-Se encuentra en apéndice III. **DISTRIBUCIÓN:** BCN (Baja California Norte), BCS (Baja California Sur), Son (Sonora), Chi (Chihuahua), Coa (Coahuila), NL (Nuevo León), Tam (Tamaulipas), SLP (San Luis Potosí), Zac (Zacatecas), Dgo (Durango), Sin (Sinaloa), Ver (Veracruz), Gua (Guanajuato), Jal (Jalisco), Nay (Nayarit), Hgo (Hidalgo), Qro (Querétaro), Mic (Michoacán), Oax (Oaxaca), Chi (Chiapas), Tab (Tabasco), Yuc (Yucatán), Pue (Puebla), CDMX (Ciudad de México), Tla (Tlaxcala), Col (Colima), Agu (Aguascalientes).

Para el grupo de los anfibios, todas las especies registradas presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

En cuanto al grupo de los reptiles, las especies que no están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y ninguna está presente en los apéndices del CITES.

En referencia al grupo de las aves y mamíferos, las especies que no se listan en la tabla anterior, presentan categoría Least Concern en la lista roja de la IUCN y no se incluyen en ninguno de los apéndices del CITES.

Es importante resaltar que tanto las especies endémicas, semi endémicas, como aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN, tiene una distribución muy amplia a lo largo de la República Mexicana, por lo que la implementación del Proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre", no comprometerá sus poblaciones. En el **Anexo 7.2**, se incluye el Programa de Rescate, Protección y Conservación de Fauna Silvestre de las especies registradas en el sitio del proyecto.

IV.3.2.2.12. Especies indicadoras, de aprovechamientos y sus gremios tróficos presentes en el sitio del Proyecto.

En el año 2004, durante la Séptima Reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, se propuso la utilización de indicadores ambientales, teniendo en cuenta el contexto de deterioro de la naturaleza cada vez más acelerado. Debido a ello, fueron planteados como método de evaluación del estado de biodiversidad y cumplimiento de metas de conservación. En primer lugar, debemos definir a los indicadores ecológicos o ambientales. Son herramientas biológicas que, según un trabajo sobre esta temática publicado en Interciencia, "permiten evaluar total o parcialmente a los sistemas ecológicos, por lo que pueden ser considerados como estimadores de la biodiversidad de un sistema, actuando en diferentes niveles jerárquicos (genes, especies, poblaciones, comunidades y paisajes) y determinando diferentes componentes de la biodiversidad (composición, estructura y función)."

Las especies sucedáneas son un elemento de estos indicadores ambientales. Dentro de este grupo, las más conocidas son las especies claves, paraguas, banderas e indicadoras. El uso de este conjunto es bajo dos supuestos: – que su riqueza o abundancia está relacionada con la presencia de un gran número de especies de otros taxones conocidos y – que la riqueza de especies y la diversidad de hábitat están relacionadas con la presencia de amenazas.

Las especies indicadoras poseen características particulares como sensibilidad a contaminantes, distribución, abundancia, éxito reproductivo. En consecuencia, son clasificadas y se utilizan para estimar atributos de otras especies o condiciones ambientales.

ANFIBIOS

Los anfibios se emplean como bioindicadores puesto que son fáciles de muestrear, depredadores y presas en la cadena trófica y por poseer un ciclo de vida complejo puesto que viven tanto en hábitats terrestres como acuáticos. Esto último hace que posean una piel muy permeable y por tanto susceptible a las variaciones bruscas de temperatura. También se han visto reducidas sus poblaciones por la destrucción de la capa de ozono y por tanto aumento de la radiación ultravioleta y la contaminación como precipitaciones ácidas. Es por ello, que en algunos lugares se empleen como indicadores del éxito de las restauraciones de zonas degradadas. Para el sitio del proyecto se observó a *Anaxyrus punctatus* (sapo de puntos rojos) y *Anaxyrus cognatus* (sapo de la gran planicie), estas especies ocupan principalmente cañones rocosos con arroyos pequeños. Debido a que este tipo de hábitats es poco susceptible de desarrollos y tráfico de vehículos, en general las especies no están amenazadas. Como en la mayoría de los anuros, los principales alimentos de los individuos transformados son los insectos y otros invertebrados pequeños. Dentro de estos límites, la dieta es esencialmente oportunista.

REPTILES

Los reptiles por su poca vagilidad también son consideradas como especies indicadoras siendo vulnerables a las actividades que transforman el uso de suelo entre las que destacan las construcciones de edificios, carreteras y actividad minera, así como el desmonte

de vegetación por cualquier otra actividad, producto de la creciente presión humana sobre los ecosistemas.

Para el sitio del proyecto, se observaron *Sceloporus magister* (lagartija espinosa del desierto), que habita en áreas abiertas en regiones áridas y semiáridas con vegetación dispersa sobre suelos arenosos o rocosos, se alimenta de insectos principalmente; *Urosaurus ornatus* (lagartija de árbol nortea), habita en cañones o colinas rocosas de regiones áridas y semiáridas, se alimenta especialmente de insectos; lagartijas del género *Aspidoscelis.sp* que habitan en laderas de cañones con sicomoros, sauces, hierbas, pastos, en pastizales de bosques de encino y pino-encino, matorrales y pastizales desérticos. Se alimentan principalmente de diversos artrópodos.

De acuerdo con Scarabelli y Zaccaroni (2010), los posibles efectos negativos derivados del contacto e ingestión de sustancias químicas muy diversas en el grupo de las serpientes, como por ejemplo metales pesados, fenoles y bencenos, provenientes de los aceites y combustibles derramados en las caminos o brechas donde circulan vehículos automotores y sobre los que se asolean las serpientes, o de los lixiviados que impregnan los alrededores de las mismas, acumulándose en cunetas y charcos. Existen estudios preliminares sobre algunos de esos efectos, que parecen afectar principalmente al sistema inmune y al sistema endocrino, con sus consiguientes implicaciones en la conservación de las especies. En consecuencia, las serpientes son buenas indicadoras de la calidad ambiental, también de las zonas urbanas y periurbanas, lo que presenta implicaciones interesantes, dado que ésta también afecta a nuestra propia salud en algunos de los casos.

En el sitio del proyecto se registraron especies de serpientes como son *Pituophis catenifer* (serpiente de Gopher) que se puede encontrar sobre la mayor parte de la región, ocupando una variedad amplia de hábitats desde desiertos áridos hasta bosques de coníferas. Parece ser que su principal requerimiento es la presencia de mamíferos pequeños los cuales son su presa principal, así como refugios en la forma de madrigueras y grietas de rocas. Frecuentemente se les encuentra cerca de granjas y ranchos, atraídos por los roedores que se alimentan de granos almacenados; y *Masticophis bilineatus* (culebra chirrionera sonorensis) que habita en pendientes rocosas de cañones con vegetación arbustiva densa y arroyos. Su

distribución altitudinal se extiende desde el nivel del mar hasta 2500m, su dieta está constituida por vertebrados terrestres pequeños, incluyendo aves, lagartijas, ranas y mamíferos, muertos o vivos. Estas especies podrían presentar riesgos en algunos individuos al momento del desmonte de vegetación con la maquinaria presente en el sitio del proyecto.

AVES

El uso de las aves como bioindicadoras de cambios ambientales se fundamenta en que debido a su posición en la escala trófica se verán afectados por una gran variedad de factores. Esta característica de las aves como concentradoras de efectos, representa en sí mismo un problema cuando pretendamos examinar los cambios en las poblaciones de aves frente a un factor aislado. Las aves no estarán afectadas únicamente por ese factor que nos interesa en ese momento, si no por un conjunto de variables que cuanto mejor conozcamos, mayor será nuestra confianza en la bondad de los resultados obtenidos.

Las aves rapaces diurnas, son un grupo vulnerable a cambios ambientales causados por actividades humanas o fenómenos naturales. Por esta razón, varias especies se les reconoce como amenazadas. En México, el 77 % (44 especies) de rapaces diurnas se encuentran en alguna categoría de riesgo y a pesar de que presentan una amplia habilidad de movimiento, la abundancia relativa parece estar relacionada con la heterogeneidad espacial de la zona. En el sitio del proyecto se observó únicamente a *Buteo jamaicensis* (aguiluilla cola roja).

Se observó a *Cathartes aura* (zopilote aura), el cual se encuentra en la cima de la cadena alimenticia y por lo mismo, es un indicador de salud ambiental: su presencia en ambientes naturales es signo de equilibrio, mientras que su ausencia podría indicar problemas ecológicos. Si se observan carroñeros, significa que hay suficientes animales que constituyen su alimento; animales que a su vez requieren un hábitat adecuado para sobrevivir. En cambio, si la población de carroñeros de un lugar disminuye, puede deberse a que el sustento ya no basta por desequilibrios en el ecosistema.

Las aves con un gremio insectívoro o granívoro fueron las más abundantes dentro del sitio del proyecto, seguidas de aquellas especies que también incluyen dentro de su dieta a

las frutas o bayas. Se registraron pocas especies con un gremio específico, a comparación de aquellas que presenten diferentes gremios o que cambia su alimentación dependiendo de la época del año; aquellas especies que sólo presentan un solo tipo de gremio son especies del orden Accipitriformes, Caprimulgiformes, Cathartiformes, Columbiformes, Piciformes, o algunas familias dentro del orden Passeriformes como es el caso de la familia Tyrannidae, donde muchas de estas especies registradas se alimentan de forma exclusiva de insectos.

MAMIFEROS

Los pequeños mamíferos como los roedores son un componente importante dentro de las comunidades, ya que contribuyen al flujo de energía, al ciclo de los nutrientes, y desempeñan papeles importantes al fungir como depredadores, polinizadores, dispersores de semillas y controladores naturales de insectos que pueden ser considerados plagas, además, por su parte seleccionan el hábitat con base a las características de la textura del suelo, profundidad, estructura de la vegetación, densidad, cobertura vegetal, presencia o ausencia de rocas y abundancia de recursos (Trujano-Álvarez *et al.*, 2008). Dentro de la caracterización mastofaunística el orden mejor representado fue Carnivora, lo cual sugiere un buen estado de ecosistema, en este caso de los eslabones fuertes de las cadenas alimenticias.

Los murciélagos son muy susceptibles a las alteraciones de su hábitat debido a sus requerimientos especializados, representan un grupo muy útil como indicador de la calidad de un ecosistema, debido a que muchas especies son sensibles a la pérdida o a la fragmentación de su hábitat. Cuando hay perturbaciones, las poblaciones reducen sus tamaños afectando la composición local y la diversidad de las comunidades (Torres-Flores, 2005).

Dentro del sitio del proyecto, no se registró la presencia de ninguna Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre o Unidad de Manejo Ambiental (UMA), ya que la totalidad del polígono es propiedad de Buenavista del Cobre.

En el **Anexo 4.16**, se incluye el Listado Faunístico comparativo de los registros faunísticos a nivel Sistema Ambiental y a nivel sitio del proyecto. En el **Anexo 4.17**, se incluye las cartas faunísticas de las especies de fauna silvestre registradas en el sitio del proyecto.

IV.3.2.2.13. Rutas de desplazamiento de las especies registradas en el sitio del Proyecto

De manera concluyente se puede decir que dentro del sitio del proyecto no se llegaron a observar corredores biológicos, entendido estos como “áreas, generalmente alargadas, que conectan dos o más regiones. Pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales. El requisito indispensable es que mantengan la conectividad entre los extremos para evitar el aislamiento de las poblaciones”.

Sin embargo, dentro del sitio y en sus inmediaciones se observaron rutas de movimiento, especialmente de aves y de mamíferos medianos a grandes, lo cuales optan por moverse en las áreas de cañadas o barrancas en donde aún existen cordones de vegetación discontinua. Dichas rutas de movimiento se corroboraron con el análisis de las imágenes de satélite.

Con respecto a los anfibios y reptiles, estos se ubicaron en sitios determinados y su movimiento es a través de estas cañadas o cerros es mínimo, por lo que pasan gran parte de su vida en un área determinada. En cuanto al grupo de las aves, muchas de las especies avistadas en el proyecto son aves generalistas y tolerantes a altos grados de perturbación de su hábitat. Para el grupo de los mamíferos dentro del sitio del proyecto no se encontraron cuevas o sitios que funjan como áreas de descanso para la quiropteroфаuna.

En este sentido, la fragmentación que se observa en ciertos sitios que conforman el Sistema Ambiental y el sitio del proyecto, es originada por la transformación del paisaje, producto de las actividades humanas que se han llevado y que se llevan a cabo actualmente en el sitio. Las consecuencias del proceso de fragmentación, desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y de este modo impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua, que responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos.

El sitio del proyecto, se encuentra ubicado en la zona minera de futuro uso y aprovechamiento con un impacto antrópico evidente, el uso de suelo y vegetación en su mayor

parte es Pastizal, así como vegetación secundaria, los cordones de vegetación son evidentes en las zonas de cañada dentro del sitio del proyecto y en las zonas altas.

En la **Figura 4.91**, se presenta de manera esquemática las rutas de desplazamiento en el sitio del proyecto y sus inmediaciones observadas por especies de aves y mamíferos medianos y grandes. Es importante mencionar que ciertas especies al estar adaptadas a las actividades humanas suelen viajar en todas direcciones, por lo que en la imagen solo se ejemplifica algunos de los movimientos de ciertas especies dentro del sitio, eligiendo las zonas de cañadas y barrancas en donde se concentra más vegetación.

Cabe resaltar, que, durante el trabajo de campo en el sitio del proyecto, no se detectó la presencia de nidos activos, madrigueras y/o refugios, por lo que se considera que el emplazamiento del proyecto tendrá una baja afectación en la fauna silvestre. Un factor importante a destacar que disminuirá la afectación de la fauna silvestre dentro del sitio del proyecto, es la emisión de ruidos por la maquinaria durante la etapa de preparación de sitio, así como la ejecución de programas de rescate antes del inicio de cualquier actividad del proyecto. Dicho programa deberá estar enfocado principalmente a acciones para ahuyentar aves y mamíferos medianos, así como al rescate y reubicación de aquellas especies de desplazamiento lento, tales como de los anfibios y reptiles, especialmente de aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para la reubicación de especies rescatadas, se deberán de emplear criterios internacionales de selección de sitios, con la finalidad que dichos sitios cuenten con las condiciones similares a los sitios de extracción, para con ello favorecer la sobrevivencia de las especies.

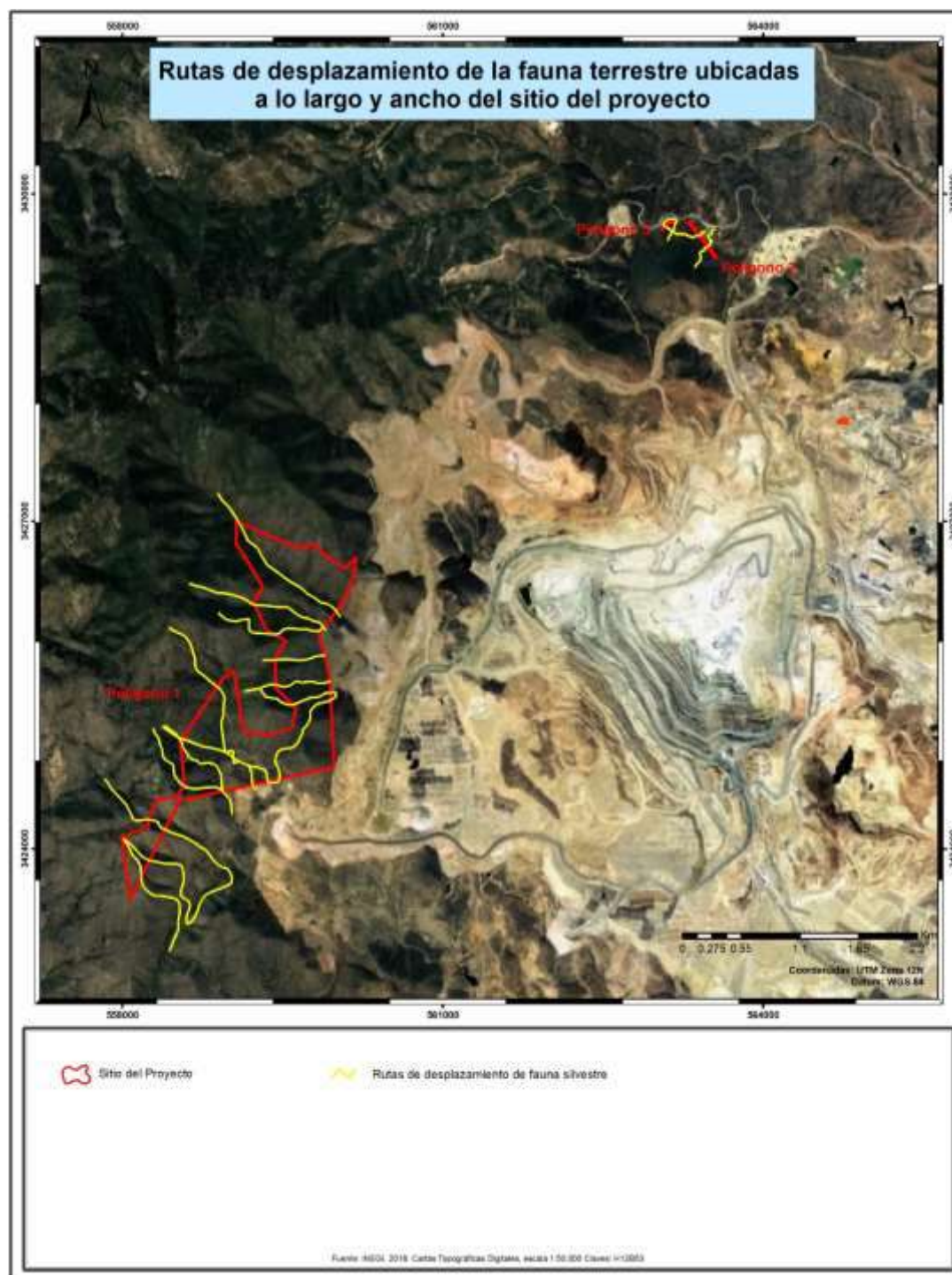


Figura 4.91. Rutas de desplazamiento de aves y mamíferos medianos y grandes (líneas amarillas) observadas durante el trabajo de campo y análisis de imágenes de satélite.

IV.3.2.3. Paisaje

El paisaje, especialmente en ecología, tiene distintas definiciones, ya que en algunos casos se le ha referido de manera intuitiva como un escenario. A continuación, se describen algunas de estas definiciones con enfoque a la ecología:

- Un paisaje se puede definir como una extensión de terreno de una agregación de componentes que interactúan y que se repiten a través del espacio (Forman y Godron, 1986).
- El total de entidades físicas, ecológicas y geográficas que integran todos los patrones naturales y humano (Naveh y Lieberman, 1987).
- Un escenario natural integrado por un conjunto de formas de relieve (Wiens, 1995).
- Es un complejo de sistemas que simultáneamente forman una extensión de terreno reconocible, formada y mantenida por acción mutua de factores abióticos y humanos (Zonneveld, 1995).
- Una configuración topográfica, con un patrón de cobertura de vegetación y de uso del suelo, que delimitan con coherencia procesos naturales y actividades antrópicas (Green et al., 1996).
- Es una escala espacial adecuada a la cual se pueden investigar procesos ecológicos (Farina, 1994).

En dichos planteamientos no es claro el contexto espacial y los elementos que lo delimitan, por lo cual parecen ambiguos en cuanto a la naturaleza del paisaje que abordan y sus límites (que pueden ir desde cientos de metros hasta regiones de miles de hectáreas). Considerando esta situación, se propone la siguiente definición técnica: El paisaje es un ecosistema acotado especialmente a nivel de mesoescala, de naturaleza heterogénea y que se presenta una estructura inherente, la cual esta conformada por parches homogéneos en sus características edáficas (suelo), litológicas(rocas) y topográficas, así como biológicas (vegetación u otros organismos estructural o funcionalmente importantes).

El concepto de paisaje puede englobar diversos significados que se transforman o cambian según las necesidades del que lo ve, cuando lo ve y cómo lo ve, de manera que,

sencillamente, de él se pueden interpretar, entre otros, los siguientes tipos: [i] espaciales; [ii] naturales; [iii] ecosistemas; así como objetos estéticos, ideológicos y cultural-histórico, además de lugares (López y Cervantes, 2002).

Para evaluar el paisaje existen tres métodos: [i] los métodos directos; [ii] los métodos indirectos; y [iii] los métodos mixtos, los cuales se describen a continuación:

- *Métodos directos*: son aquellos que, elaborados por un profesional de probada experiencia, el cual con sólo ver el paisaje realiza una evaluación de éste. Este método analiza exclusivamente la calidad visual del territorio.
- *Métodos indirectos*: En este método el paisaje se analiza a través de sus componentes (abiótico, biótico y social), para lo cual es importante definir la escala de trabajo.
- *Métodos mixtos*: Este es el método más subjetivo y usado, ya que combina los métodos directos e indirectos. Esta metodología valora los recursos visuales, la ordenación del territorio, la calidad visual y la fragilidad (SERNATUR, 2006).

Para evaluar el paisaje en el sitio del Proyecto se utilizó un método mixto, evaluando la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad del paisaje (**Anexo 4.18**).

IV.3.2.4. Análisis de visibilidad

No sólo es importante conocer desde dónde podemos ver el paisaje y cuanto paisaje podemos ver, sino que también lo es el hecho de saber cómo se está viendo este tipo de paisaje.

El tema de la visibilidad, tiene dos componentes; la objetiva, en la que todos apreciamos la presencia de los elementos de un paisaje, y la subjetiva, que es en la que cada individuo interpreta la calidad y la importancia en el conjunto del paisaje de esos elementos, en función de sus experiencias, sensibilidad, sensaciones, etc. También consiste en realizar un análisis espacial del lugar, tomando en cuenta sus formas, vistas, etc. En otras palabras, se analizan cuencas visuales (SERNATUR, 2006). La cuenca visual de un punto, se define como la zona que es visible desde ese punto. Es decir, corresponde a la superficie observada desde distintos puntos de observación, determinados en terrenos y que, en conjunto, permiten

definir un área espacialmente autocontenida (SERNATUR, 2006). La accesibilidad visual a una porción del territorio tiene directa relación con los elementos físicos (relieve) y bióticos (vegetación) presentes en el paisaje y cómo éstos se transforman en barreras visuales para los usuarios del recurso. A esto, se deben sumar las posibilidades de accesibilidad física (distancia) que tengan los observadores a las distintas porciones del territorio.

IV.3.2.5. Cuenca visual

La cuenca visual es el conjunto de superficies o zonas que son vistas desde un punto de observación, o, dicho de otra manera, es el entorno visual de un punto (Fdez-Cañadas, 1977).

La determinación de la cuenca visual resulta de gran importancia para la evaluación posterior de impactos visuales que puede provocar un proyecto. El estudio de la cuenca visual orientado a establecer valoraciones de fragilidad visual tiene en cuenta su tamaño, compacidad y forma. Un punto es más vulnerable cuanto más visible es, cuanto mayor es su cuenca visual. Las cuencas visuales con menor número de huecos, con menor complejidad morfológica, son más frágiles. Las cuencas visuales más orientadas y alargadas son más sensibles a los impactos, pues son visualmente más vulnerables que las cuencas redondeadas, debido a la mayor direccionalidad del flujo visual (Gayoso y Acuña, 1999).

Durante los muestreos en campo, se tomaron diversos sitios de visión para el Proyecto como son caminos de terracería y partes altas de los cerros existentes en el sitio, teniendo una cuenca visual limitada en su mayoría por que el sitio del Proyecto se encuentra entre cerros, lomeríos y vegetación (**Figura 4.92**).

El SA y sitio del Proyecto, la cuenca visual esta limitada por las Sierras de los Ajos (2,645 msnm), El Manzanal (1,600 msnm), La Elenita (2,490 msnm) y La Mariquita (2,510 msnm). Se nota un decrecimiento en las altitudes del Norte hacia el Sur, donde la Sierra Los Ajos, al Este de Cananea, alcanza una altitud con 2,620 msnm; mientras en el Sur, se registran altitudes de hasta 1,000 msnm (**Figura 4.93 y 4.94**). Los cerros presentan una vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino donde *Quercus hypoleucoides*, *Juniperus deppeana* y *Pinus cembroides* son las especies dominantes fisonómicas. (**Figura 4.95**).

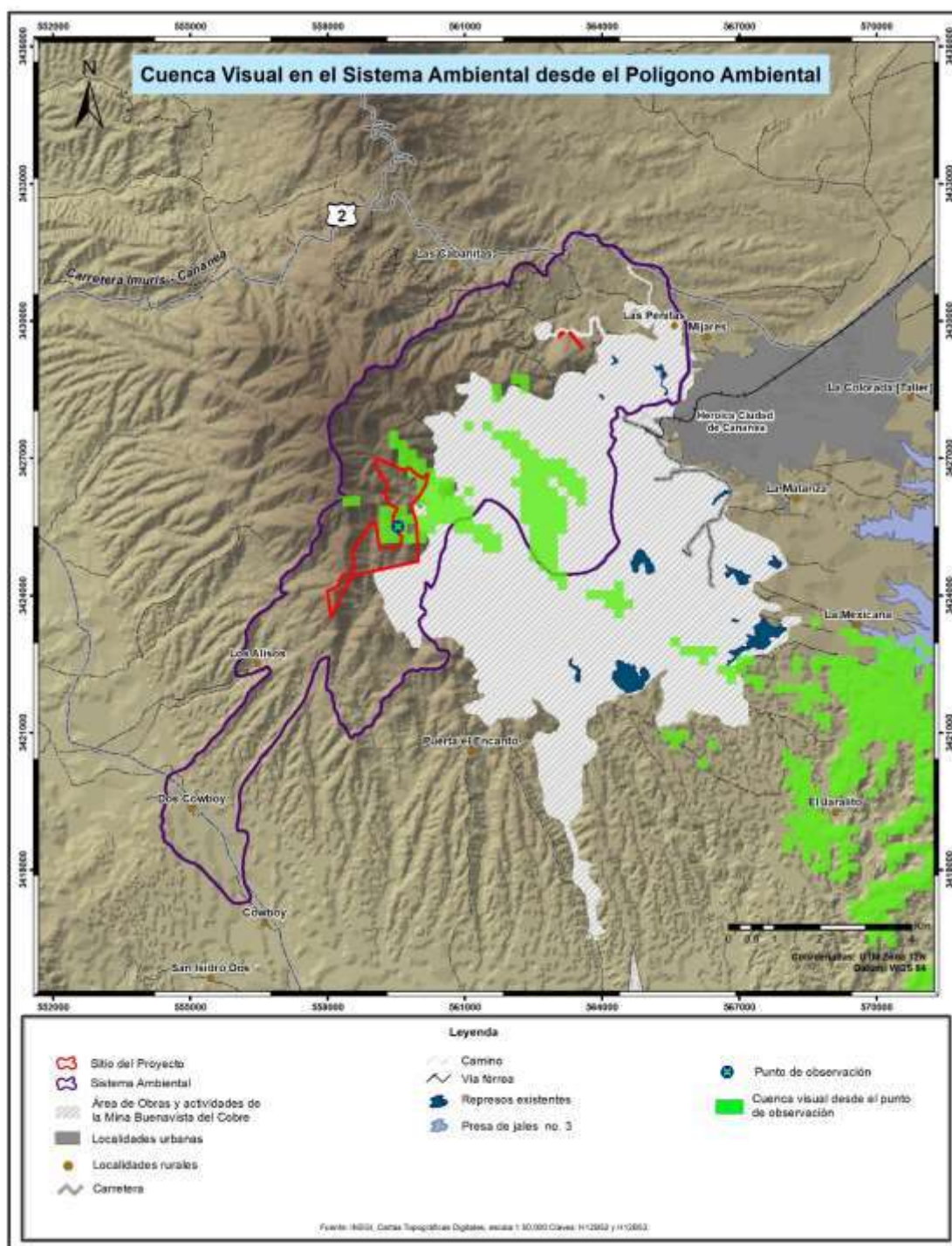


Figura 4.92. Cuenca visual desde un punto alto dentro del sitio del Proyecto.



Figura 4.93. Vista al Norte del SA, en donde se observa en primer plano un área perturbada por la actividad minera, en segundo plano se aprecia la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, con evidencias de perturbación por la actividad humana y al fondo se observan montañas y lomerío con presencia de vegetación de bosque de encino y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino.



Figura 4.94. Vista de lado Sur del SA. En primer plano se observa la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino un poco conservada, en segundo plano se aprecia los lomeríos y al fondo, en el último plano se observa una parte del complejo Tinajas rodeado de algunos cerros.

La actividad antropogénica también forma parte de la cuenca visual, en la parte Este del SA, se observan caminos de terracería y la carretera federal No 2 Imuris-Cananea que conecta al complejo minero y de lado Sur se encuentra el tajo y los arroyos El Encanto, Aguas Escondidas y El Dos. Al Sureste, la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino esta presente en menor cobertura debido a las perturbaciones por la actividad minera y donde de igual manera se va observando las áreas sin vegetación aparente a causas de dichas actividades **Figura 4.95.**



Figura 4.95. Vista panorámica desde el Oeste del SA, en donde se observa en primer plano los lomeríos cubiertos de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. En segundo plano se aprecia los lomeríos y la degradación de la vegetación por la actividad minera. En tercer plano se observa montañas que forman parte de la Sierra Madre Occidental.

La vegetación y uso de suelo en la cuenca visual del sitio del Proyecto y sus alrededores es clasificada como vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, la cual mantiene elemento de vegetación original pese a encontrarse en un proceso de degradación. Por lo anterior, dado que en el encinar se encuentra perturbado, puede no resultar una barrera al observador, teniendo espacios donde la vegetación es de menor tamaño y por lo tanto la visión es mayor. El principal factor limitante de la visión es la orografía, ya que el sitio del Proyecto se encuentra entre montañas y lomeríos que disminuyen la visibilidad del sitio del

Proyecto, en conclusión, la cuenca visual desde el SA y Sitio del Proyecto se considera una fragilidad media.

IV.3.2.5.1. Unidades y elementos de paisaje

El paisaje muestra un mosaico de diferentes elementos paisajísticos y varía con elementos naturales y artificiales. Dentro de la cuenca visual del SA y sitio del Proyecto, se encuentran varios arroyos como son El Aserradero, los Alisos, la Tinaja-El Encanto y el arroyo Agua Escondida los cuales tienen su inicio en la Sierra Elenita y confluyen al sur del SA para formar del Arroyo Chifón el cual se incorpora aguas abajo al río El Bacanuchi. Al norte de SA y sitio del Proyecto convergen los escurrimientos de la Sierra Elenita a la cañada La Elisa y al arroyo Cananea Vieja las cuales confluyen con el arroyo Barrilito. La dirección principal de flujo es de oeste al este. El arroyo El Barrilito contribuye al nordeste de Cananea al arroyo El Riño, que es tributario del Río San Pedro. Los arroyos son de tipo torrencial por la posición topográfica en que se encuentran. En las temporadas de lluvias ordinarias presentan un caudal constante (ver **Figura 4.96**).

La mayor superficie del sitio del Proyecto muestra perturbaciones por actividad humana, ya sea por actividad minera o por la construcción de caminos y brechas, y por la presencia de ganado suelto para pastoreo; observando de igual manera zonas erosionadas, tanto hídrica como eólica. En el paisaje existen varios elementos de origen humano, como las zonas impactadas por actividad minera histórica, las cuales se observan principalmente al Sur y Este del sitio del Proyecto. (ver **Figura 4.97**).



Figura 4.96. Relieve del sitio del Proyecto, se observa pequeñas cañadas de arroyos intermitentes.



Figura 4.97. Perturbaciones en el paisaje de la cuenca visual provocadas por actividades humanas, principalmente por actividad minera histórica, presencia de caminos y brechas.

IV.3.2.5.2. Calidad paisajística

Se entiende por calidad de un paisaje "El grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido de otra manera, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve" (Blanco, 1970). El paisaje como cualquier otro elemento tiene un valor intrínseco, y su calidad de puede definir en función de su calidad visual intrínseca, de la calidad de las vistas directas que desde el se divisan, y del horizonte escénico que lo enmarca, es decir, el conjunto de las características visuales y emocionales que califican la belleza del paisaje (Cifuentes, 1979).

La evaluación de la calidad paisajística en el sitio del Proyecto, se realizó utilizando el modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006). Este método define calidad paisajística como un método indirecto de evaluación que separa y analiza de forma independiente a los factores que conforman el paisaje (bióticos, abióticos, estéticos y humanos). Estos factores se estiman en relación a su forma, color, línea, textura, escala, conformación espacial, y grado de perturbación (SERNATUR, 2006). En el **Cuadro 4.48** se describen los criterios del modelo de Rojas y Kong (1998), para valorar la calidad paisajística del sitio del Proyecto.

Cuadro 4.48. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la calidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el sitio del Proyecto.

Elemento valorado	Calidad paisajística		
	Alta	Media	Baja
Morfología o topografía	Pendiente de más de 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes, fuertes contrastes cromáticos. Afloramientos rocosos.	Pendientes entre 15 y 30%, estructura morfológica de modelado suave u ondulado.	Pendiente entre 0 y 15%, dominancia del plano horizontal visualizando ausencia de estructuras de contraste y jerarquía.
Fauna	Presencia de fauna nativa permanente. Áreas de nidificación y alimentación.	Presencia de fauna nativa esporádica dentro de la unidad, sin relevancia visual, presencia de animales domésticos (ganado)	No hay presencia de fauna nativa. Sobre pastoreo o crianza masiva de animales domésticos.
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia. Alto porcentaje de especies nativas, diversidad de estratos y contrastes cromáticos.	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación alóctona. Masas arbóreas aisladas de baja dominancia visual.	Vegetación con un cubrimiento de suelo menor de 50%. Presencia de áreas con erosión, sin vegetación. Dominancia de vegetación herbácea, ausencia de vegetación nativa.

Cuadro 4.48. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la calidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el sitio del Proyecto.

Elemento valorado	Calidad paisajística		
	Alta	Media	Baja
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua, con significancia en la estructura global del paisaje.	Presencia de cuerpo de agua, pero sin jerarquía visual.	Ausencia de cuerpos de agua.
Acción humana	Libre de actividades humanas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica está modificada por menor grado por obras, no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el área evaluada. Presencia de vistas y proyecciones visuales de alta significancia visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del área evaluada.	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al área evaluada.
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas. Contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos o continuos.
Singularidad o rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.

La calidad del paisaje es subjetiva; condicionada por la época del año y la visión del observador. De acuerdo con los criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), se determinó que el sitio del Proyecto tiene una **Calidad Paisajística media**. En el **Cuadro 4.49** se describe cada elemento en detalle con fotografías del SA y sitio del Proyecto.

Cuadro 4.49. Características visuales más destacadas, de los diferentes componentes paisajísticos de la cuenca visual.

Componente	Características visuales más destacadas	Especificaciones
Morfología y Topografía  	Se identificó en el SA una unidad geomorfológica la cual se denomina como Sierra Alta y esta formada por un conjunto de sierras, cuyas elevaciones varían de los 1500 a los 2500 msnm. Estas sierras se encuentran escarpadas en algunas partes, dependiendo del tipo roca; las pendientes varían de 15 a 20% y esta representada por la Sierra Elenita donde también se encuentra el sitio del Proyecto. Al noroeste del SA se localiza el Valle del Río San Pedro, un amplio y extenso valle con orientación Nor-Noreste-Sur-Suroeste. Al Norte del SA y sitio del Proyecto se localiza la Sierra La Mariquita.	La cuenca visual del SA es dominada por lomeríos con pendientes que varían en promedio de 15 a 20% y como máximo porcentaje mayores de 70%. En el sitio del Proyecto se registran pendientes de 20, 30 y 70%, terrenos escarpados y ondulados.

Cuadro 4.49. Características visuales más destacadas, de los diferentes componentes paisajísticos de la cuenca visual.

Componente	Características visuales más destacadas	Especificaciones
Fauna 	El grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad y menor dominancia, sin embargo, los anfibios y reptiles presentaron la mayoría de sus especies igualmente comunes.	De manera general, actualmente es buena la condición ambiental que prevalecen en algunas zonas dentro del Sistema, lo que favorece una mayor riqueza y mejor estado de conservación de ciertas especies animales, tal es el caso de los reptiles, sin embargo también es evidente como se va extendiendo la afectación por actividades antrópicas, así como el avance en el deterioro del grado de conservación de ciertos hábitats, lo cual incide directamente en la reducción del habita para ciertas especies animales. La implementación del Proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre", no comprometerá las poblaciones de las especies endémicas, semi endémicas, como aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN, ya que todas tiene una distribución muy amplia a lo largo de la República Mexicana.
Vegetación 	El SA este compuesto por seis tipos de vegetación: vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, el cual es el que tiene mayor cobertura, le sigue el pastizal natural, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pastizal natural, bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y en menor cobertura pastizal inducido. El sitio del Proyecto, esta dominado por vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, el cual, en algunas áreas aún se observan características de vegetación primaria pese a encontrarse en un proceso de degradación.	En el SA es muy visible una parte de la cuenca visual clasificada como vegetación aparente (34.33%), la cual pertenecen al Complejo Minero Buenavista del Cobre y que han sido desmontadas para el aprovechamiento de minerales y materiales pétreos. En el sitio del Proyecto, la vegetación se ha ido perdiendo poco a poco por las actividades de pastoreo, por erosión hídrica, por la construcción de caminos y brechas, a pesar de estos cambios, la mayor parte del paisaje se conserva.

Cuadro 4.49. Características visuales más destacadas, de los diferentes componentes paisajísticos de la cuenca visual.

Componente	Características visuales más destacadas	Especificaciones
Formas de agua 	No existen cuerpos continentales en el SA. Los cuerpos de agua son identificados como repesos y fueron construidos como parte del complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre.	Los repesos están asociados al proceso de lixiviación en terreros. En el nordeste del SA existen dos represas (repeso Norte y Sur), (aguas arriba del arroyo Cananea Vieja) que son represas antiguas de la Concentradora Vieja.
Acción humana 	La cuenca visual muestra una gran cantidad de elementos paisajísticos de origen humano, tales como actividades de tipo minero, líneas de red de distribución eléctrica, brechas y caminos, y en menor porción se observa la zona urbana hacia la porción Este del sitio del Proyecto.	Los impactos generados por actividad humana que más destacan en la cuenca visual son de tipo minero y se encuentran en la parte Este del sitio del Proyecto.
Fondo escénico 	El fondo escénico para el SA lo más destacado es la apariencia morfológica que se compone por sierras, algunas escarpadas por el tipo de roca. En el sitio del Proyecto, el terreno es escarpado y ondulado. También la vegetación es un factor dominante para el fondo escénico, en las partes altas de las sierras y lomeríos se aprecia a simple vista los arboles de encino y pino.	El paisaje circundante al Norte-Oeste de la cuenca visual, especialmente las montañas, aumentan la calidad de la cuenca visual. En su mayoría tanto para el SA y sitio del Proyecto la pendiente es mayor a 30%.
Variabilidad cromática 	Existe una variedad de colores y contrastes principalmente colores verdes, grises y amarillos, por el suelo desnudo y diferentes tonalidades de verde debido a las diferentes cubiertas vegetales.	La variabilidad cromática depende mucho de la estacionalidad, hora de día y tiempo atmosférico. En la temporada de lluvias gran parte de la vegetación tiene colores muy intensos de verde y contrastantes, mientras en la temporada seca los colores son más homogéneos. Las zonas sin vegetación no presentan cambios evidentes en las diferentes estaciones del año.

Cuadro 4.49. Características visuales más destacadas, de los diferentes componentes paisajísticos de la cuenca visual.

Componente	Características visuales más destacadas	Especificaciones
Singularidad o rareza 	Por lo general el tipo de paisaje es típico por la región, dominando los vestigios de actividad humana.	El paisaje es similar a los alrededores de la región dominada por lomeríos suaves. En su alrededor se observa una serie de montañas cubiertas de bosques de encino.

De acuerdo a las condiciones que prevalecen en el sitio y el análisis de los elementos por separado, las actividades que se han ido ejerciendo especialmente la infraestructura realizada por actividades de tipo minero, son las que influyen en la Calidad Paisajística, reduciendo la calidad de la cuenca visual principalmente del Sur al Este.

IV.3.2.5.3. Fragilidad visual del paisaje

Se puede definir como la "susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones" (Cifuentes, 1979). La calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio que se analiza, la fragilidad depende del tipo de actividad que se piensa a desarrollar. El espacio visual puede presentar diferente vulnerabilidad según se trate de una actividad u otra.

Los principales factores que se toman en cuenta para evaluar la fragilidad del paisaje son los aspectos biofísicos, de visualización y aquellos de tipo histórico-cultural. A continuación, se describen cada uno de estos factores:

- i. **Factores biofísicos.** Derivados de los elementos característicos de cada punto; entran aquí las pendientes, orientación y vegetación, consideradas en diversos aspectos (altura,

densidad, variedad cromática, estacionalidad). La integración de estos factores da lugar a un único valor que mide la fragilidad visual de un punto.

- ii. **Factores de visualización:** Derivados de la configuración del entorno de cada punto; entran aquí los parámetros de cuenca visual o de superficie vista desde cada punto, tanto en magnitud como en forma y complejidad. Todos estos parámetros se agregan a un único valor que mide la fragilidad visual del entorno del punto.
- iii. **Factores históricos-culturales:** Tienden a explicar el carácter y las formas de los paisajes, en función del proceso histórico que los ha producido y son determinantes de la compatibilidad de forma y función de futuras actuaciones con el medio (SERNATUR, 2006).

En el **Cuadro 4.50** se presenta el modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), el cual contempla el análisis y clasificación de los paisajes o porciones de él, en función de una selección de los principales componentes del paisaje, divididos en cuatro factores: a) biofísicos, b) visualización, c) singularidad y d) accesibilidad.

Cuadro 4.50. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la fragilidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el área del sitio del Proyecto.

Factores	Elementos de influencia	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
Biofísicos	Pendiente	Pendientes de más del 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización.	Pendientes entre 15 y 30%, terrenos con modelados suaves u ondulados.	Pendientes entre 0 y 15%, terrenos con plano horizontal de dominancia visual.
	Densidad (Vegetación)	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrato herbácea.	Cubierta vegetal discontinuo. Dominancia de estrato arbustivo o arbórea aislada.	Grandes masas boscosas. 100% de ocupación del suelo.
	Contraste (Vegetación)	Vegetación monoespecífica, escasez vegetación, contrastes poco evidentes.	Diversidad media de especies, con contrastes evidentes pero no sobresalientes.	Alto grado en variedad de especies, contrastes fuertes, gran estacionalidad de especies.
	Altura (Vegetación)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura.	No hay gran altura de las masas (10 m), baja diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10 m.
Visualización	Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercano o próxima (0 a 1,000 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (1,000 a 4,000 m). Dominio de los planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes mayor a 4,000 m.

Cuadro 4.50. Criterios según el Modelo de Rojas y Kong (1998, en SERNATUR, 2006), para valorar la fragilidad paisajística, marcando en amarillo el criterio más adecuado para el área del sitio del Proyecto.

Factores	Elementos de influencia	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
	Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual.	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.
	Compacidad	Vistas panorámicas, abiertas. El paisaje no presenta elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un bajo porcentaje.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.
Singularidad	Unidad de paisaje	Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje de importancia visual pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisajes comunes, sin riqueza visual o muy alterados.
Accesibilidad	Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas repentinas, escasas o breves.

Fragilidad alta: Baja capacidad de absorción visual.

Fragilidad media: Capacidad de absorción visual moderada.

Fragilidad baja: Alta capacidad de absorción visual

El sitio del Proyecto presenta una fragilidad y visibilidad media, lo que implica que se trata de un paisaje de **capacidad de absorción visual moderada**, considerando que el paisaje tiene una importancia visual pero habitual, la barrera visual es la topografía del sitio. En cuanto a la cubierta vegetal, esta es discontinua, siendo visibles espacios amplios sin vegetación que son sobresalientes desde ciertos puntos de observaciones, sin embargo, los lomeríos hacen la visibilidad sea corta, si el observador se encuentra en las partes bajas de los mismos.

La forma de la cuenca visual en el SA y sitio del Proyecto es generalmente redondeada, ya que se encuentra entre cerros, lomeríos y cañadas. En las partes altas de los cerros y los lomeríos, la visibilidad es amplia, principalmente al Este y Sur, debido a que en dirección se presentan un valle.

El Proyecto, será moderadamente visible dentro de la cuenca visual debido principalmente al grado de apertura por las perturbaciones provocadas por las actividades

mineras en el área, donde los cerros y lomeríos que hay en el sitio ayudan a minimizar la visión de afectación.

En conclusión, analizando los factores y características de la cuenca visual, calidad paisajística y fragilidad, se puede determinar que el Proyecto, afectará moderadamente el factor paisaje. Para mitigar el efecto negativo debido a la calidad del paisaje, se recomienda tener sumo cuidado de no sobrepasar los límites de autorización para el Proyecto, evitando de este modo dañar de más al paisaje.

IV.3.2.6. Medio socioeconómico

El estado de Sonora se encuentra ubicado en la región Noroeste de la República Mexicana, se sitúa entre las coordenadas UTM 2910496 y 3599878 Norte, y 746790 y 687495 Este. Limita al Norte con los Estados Unidos de América, al Este con el estado de Chihuahua, al Sur con el estado de Sinaloa y al Oeste con el golfo de California o Mar de Cortés. Se encuentra a una altitud que va desde los 0 m en las costas hasta los 2,620 m en la Sierra Los Ajos considerada como la mayor elevación.

El estado de Sonora cuenta con una extensión territorial de 179.355 km², lo que representa el 9.1% de la superficie del territorio nacional, se compone de 72 municipios en los cuales, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por INEGI en 2010, se alberga al 2.4% de la población nacional (2,662,480 habitantes), siendo la capital la Ciudad de Hermosillo. El SA se ubica en el municipio de Cananea, el cual alberga el 1.19% de la población del estado.

El SA se localiza entre las coordenadas UTM 3417221 y 3431958 Norte, y 554350 y 565890 Este, a una altitud mínima de 1,354 m y una máxima de 2,482 m. Dentro del SA se encuentran tres localidades rurales con un total de 5 habitantes, no obstante, para el presente estudio se considera a la localidad urbana Heroica Ciudad de Cananea, por ser el asentamiento humano más cercano con información disponible y con un nivel de influencia alto sobre el Proyecto. En la **Figura 4.98** se muestra la localización y ubicación geográfica de las localidades presentes en el SA, mientras que en el **Cuadro 4.51** se proporcionan las coordenadas UTM y altitud de estas.

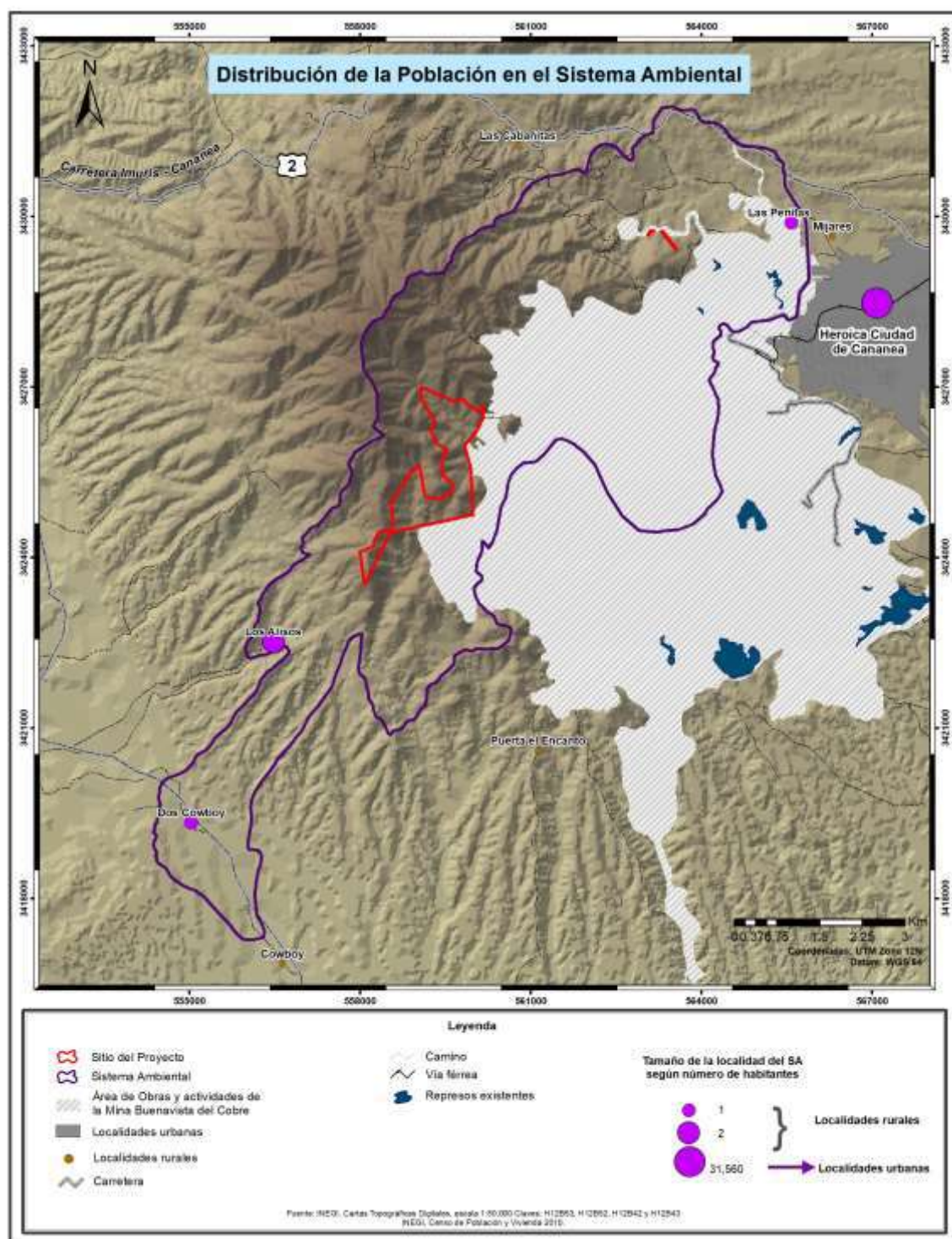


Figura 4.98. Ubicación geográfica de las localidades del SA y su población total.

Cuadro 4.51. Localización geográfica de las localidades ubicadas dentro del Sistema Ambiental

Localidad	Coordenadas UTM Zona 12N (WGS 84)		Altitud
	X	Y	
Dos Cowboy	555027	3419339	1409
Los Alisos	556470	3422517	1516
Las Peñitas	565580	3429897	1579

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda (2010); Principales resultados por localidad (ITER).

IV.3.2.7. Demografía

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI, el Sistema Ambiental cuenta con una población total de 31 564 habitantes, de los cuales 15 663 son hombres y 15 897 son mujeres, mientras que de 4 habitantes no se cuenta con información de género disponible (**Cuadro 4.52**). La densidad poblacional es de 14 habitantes por kilómetro cuadrado. Según la CONAPO (2015), se estima que para el 2020 en la Heroica Ciudad de Cananea habrá un incremento poblacional del 4.42%, mientras que para el 2030 será de 8.11% con respecto al número actual de habitantes.

Cuadro 4.52. Población total en el Sistema ambiental.

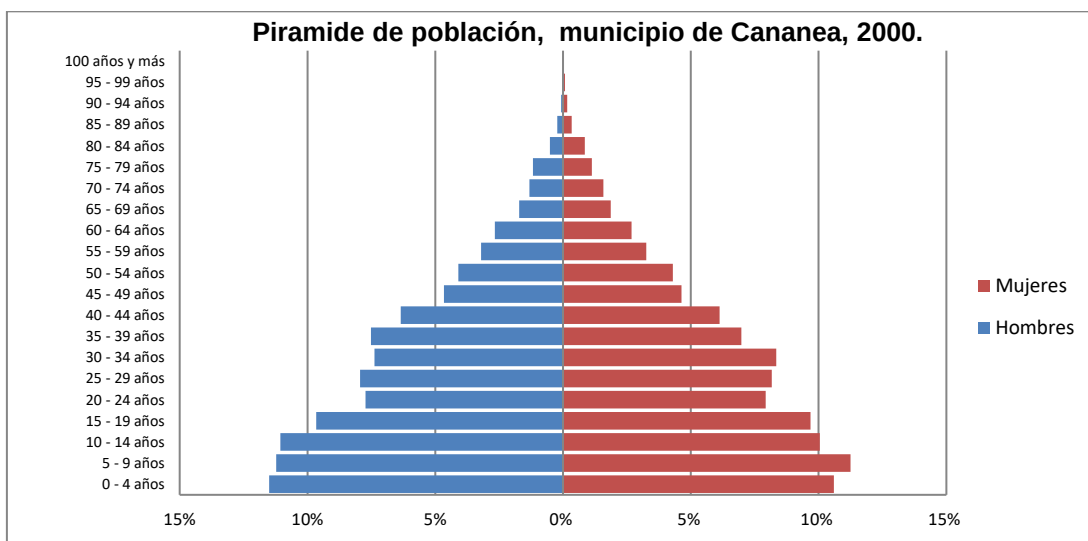
Localidad	Población masculina	Población femenina	Población total
Dos Cowboy	*	*	1
Los Alisos	*	*	2
Las Peñitas	*	*	1
Heroica Ciudad de Cananea	15663	15897	31560
TOTAL	15663	15897	31 564

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

*No cuentan con información de género disponible

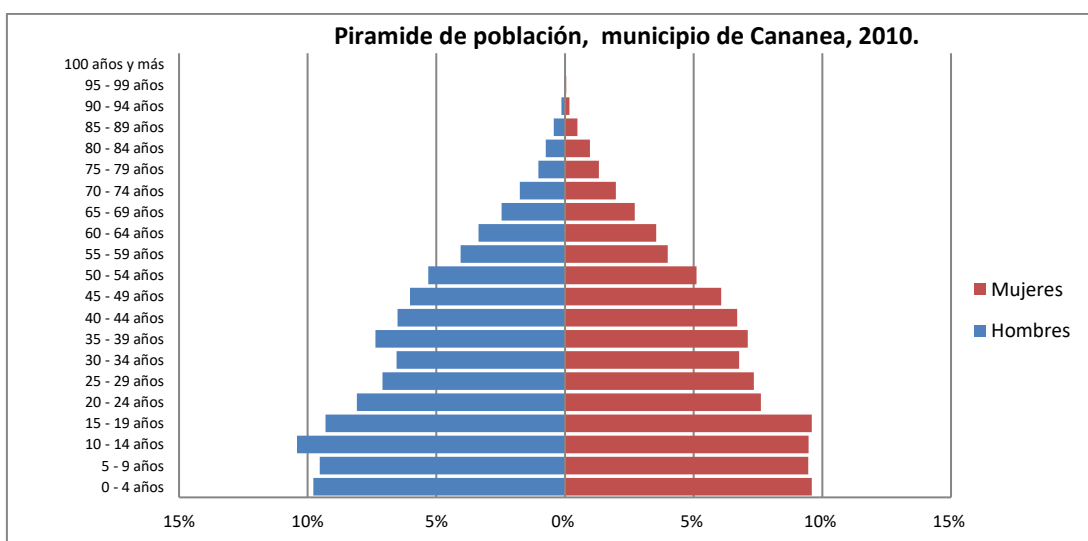
A partir de un análisis demográfico comparativo del año 2000 al 2010, se pueden observar cambios en las estructuras de edad. En el año 2000 (**Figura 4.99**) se mantenía una fecundidad elevada mientras que disminuía la esperanza de vida de la población en edad avanzada. Para el año 2010 se rompe el círculo del crecimiento demográfico acelerado, disminuye la población infantil y aumenta la población senescente, especialmente los grupos de edad de entre 80 años y más (**Figura 4.100**). En esta comparativa se puede apreciar una

disminución de la población de 20 a 34 años, que es donde se encuentra la mano de obra más joven y donde se reproduce la familia. Esto se debe probablemente a que la población más joven decide migrar hacia los Estados Unidos en busca de mejores oportunidades de vida.



Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda (2000); Principales resultados por localidad (ITER).

Figura 4.99. Pirámide poblacional por rango de edad para el municipio de Cananea, Sonora, en el año 2000.



Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda (2010); Principales resultados por localidad (ITER).

Figura 4.100. Pirámide poblacional por rango de edad para el municipio de Cananea, Sonora, en el año 2010.

IV.3.2.8. Población Indígena

Según el catálogo de comunidades indígenas de la CDI publicado en el año 2010, de las localidades del Sistema Ambiental sólo la Heroica Ciudad de Cananea cuenta con 236 habitantes de población indígena de un total de 31 560 habitantes, es decir, apenas el 0.7% respecto a su población total. La presencia indígena se debe a migraciones de otras partes del país (principalmente sureste) y no conforman colonias organizadas de población indígena migrante dentro de la localidad, no hay una aceptación cultural y nunca formaron vínculos donde desarrollaran tradiciones y uso de lenguaje, la gente se encuentra dispersa en el asentamiento urbano.

IV.3.2.9. Economía y empleo

Un elemento que permite calificar a la población es su inserción dentro de la economía. De esta manera en el **Cuadro 4.53** se proporciona información de la población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI) respecto a la población total de la localidad Heroica Ciudad de Cananea. A partir de ello, se aprecia que del total de la población que está en edad de trabajar, el 46.69% se encuentra activa y el 53.31% e inactiva. De acuerdo con el INEGI (2010) la PEA se refiere a las personas de 12 años y más que realizan algún tipo de actividad (población ocupada) o que buscan incorporarse algún tipo de empleo (población desocupada), mientras que en la población económicamente inactiva (PEI) quedan comprendidos todos aquellos individuos que dedican su tiempo a actividades como estudiar o quehaceres del hogar, pero sin realizar actividad alguna conducente a generar bienes o servicios para el estado (INEGI, 2002).

Cuadro 4.53. Población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI) en la localidad de referencia del SA

Localidad	PEA	PEI	Población total en edad de trabajar
Municipio de Cananea			
Heroica Ciudad de Cananea	11277	12874	24151

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Nota: Sólo existe información disponible para la localidad Heroica Ciudad de Cananea.

En relación a lo anterior, la PEA ocupada en la Heroica Ciudad de Cananea representa el 90.3%, mientras que el 9.7% corresponde a la población desocupada (**Figura 4.101**). De acuerdo con el INEGI (2010) la población ocupada se enfoca en un 2.42% al sector primario (actividades primarias), el 44.02% al sector secundario (industria), el 51.45% al sector terciario (servicios) y el 6.95% a ninguna actividad específica.

Ahora bien, desde una perspectiva estatal, Sonora aporta el 2.6% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, principalmente del sector terciario correspondiente a servicios. Las actividades con una mayor aportación al PIB estatal es la industria manufacturera (19.87%), comercio, restaurantes y hoteles (17.56%), y los servicios financieros e inmobiliarios (12.16%), esto de acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales de México (INEGI, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2005-2009).

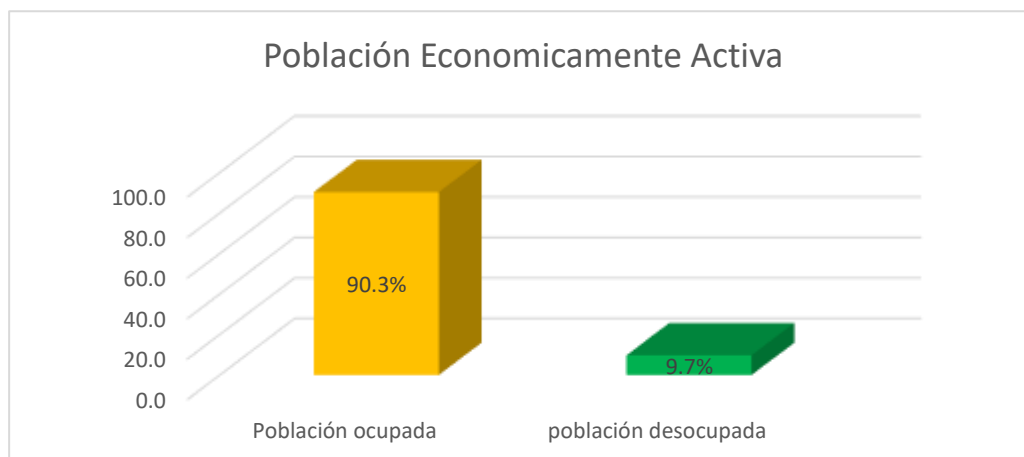


Figura 4.101. Población ocupada y desocupada en la Heroica Ciudad de Cananea.

IV.3.2.10. Marginación

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011). De acuerdo con INEGI, los indicadores para medir el índice y grado de marginación de un municipio son el total de población, el nivel de alfabetismo y los servicios disponibles en cada una de las viviendas.

Por su parte, la CONAPO (2010) indica que el índice y grado de marginación es una medida que permite diferenciar entidades federativas, municipios y localidades según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la percepción de ingresos monetarios insuficientes. Con base en esto, el grado de marginación para el municipio de Cananea donde se ubican el Sistema Ambiental es muy bajo, lo que significa un nivel deseable en comparación con otros municipios del estado como Quiriego (**Figura 4.102**). Al igual que en el municipio, en la localidad Heroica Ciudad de Cananea el grado de marginación es muy bajo, esto debido a que es la cabecera municipal donde se concentran los servicios elementales como energía eléctrica, agua entubada y una variedad de escuelas de nivel básico y superior, además de la importancia minera que ha adquirido a nivel nacional y de la posición geográfica con respecto al límite fronterizo de los Estados Unidos de América (**Cuadro 4.54**).

Cuadro 4.54. Indicadores socioeconómicos, índice y grado de la ciudad de Cananea.

Indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación	
Localidad	Heroica Ciudad de Cananea
Población total	31,560
Viviendas particulares habilitadas	8,587
% Población de 15 años o más analfabeta	1.23
% Población de 15 años o más sin primaria completa	8.42
% Viviendas particulares habitadas sin excusado	1.06
% Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica	0.85
% Viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada	0.95
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	0.77
% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	1.09
% Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	3.18
Índice de marginación	-1.5391
Grado de marginación	Muy bajo
Índice de marginación escala 0 a 100	2.4335
Lugar que ocupa en el contexto nacional	106131
Lugar que ocupa en el contexto estatal	1969

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010; y Consejo Nacional de Población, CONAPO, 2010.

Nota: Sólo existe información disponible para la localidad Heroica Ciudad de Cananea.

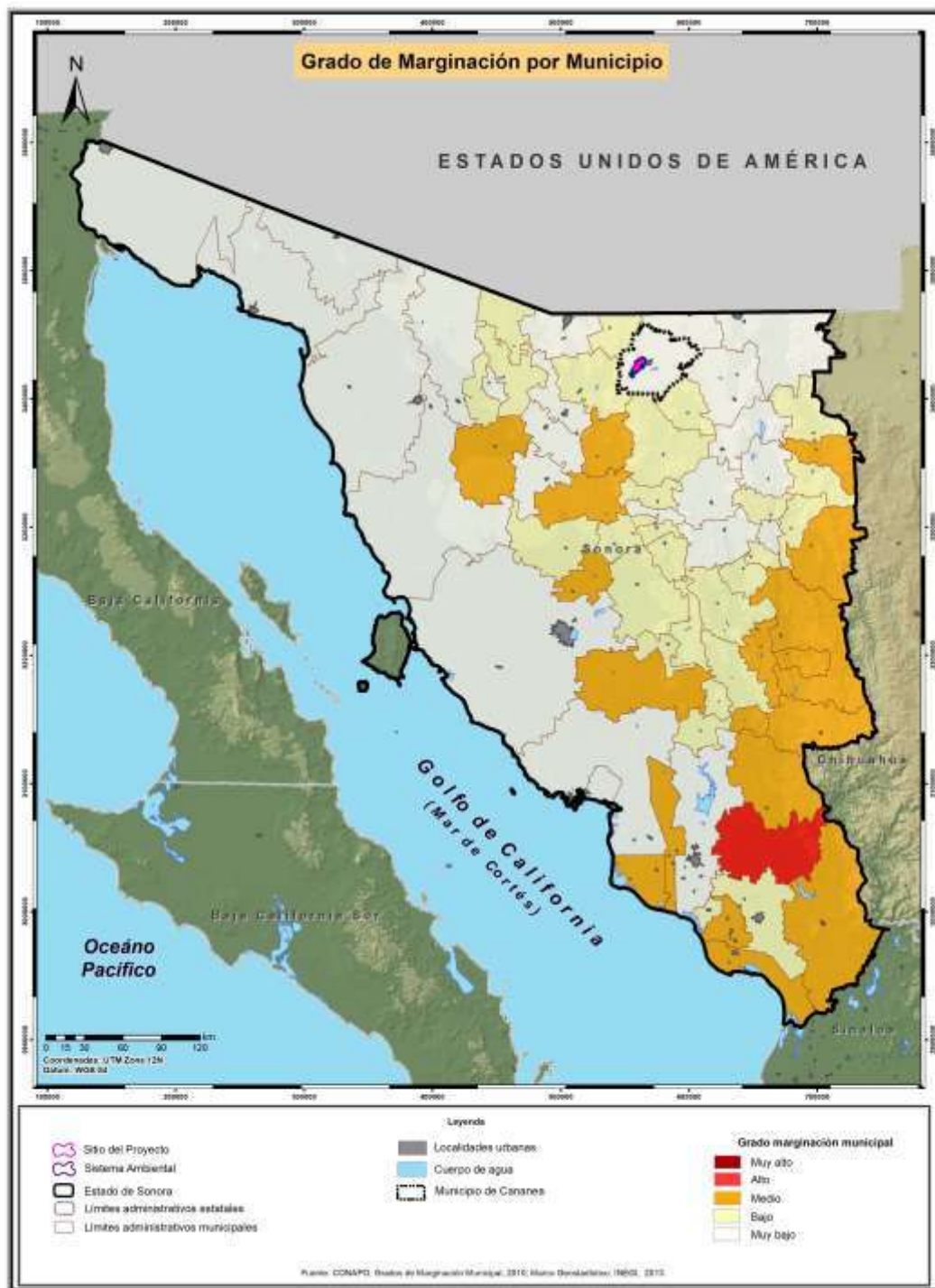


Figura 4.102. Grado de marginación por municipio en relación al SA y sitio del Proyecto

IV.3.2.11. Servicios

IV.3.2.11.1. Salud

La atención médica es prestada a la población de la localidad Heroica Ciudad de Cananea por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y el Seguro Popular, este último está encargado de prestar el servicio a la población no derechohabiente que no se encuentra afiliada a ninguna institución de salud pública. En el **Cuadro 4.55 y Figura 4.103** se presenta la población derechohabiente por institución de salud pública, así como la población no derechohabiente respecto a la población total de la localidad de referencia del SA. Aquí se observa que, del total de la población derechohabiente, 9624 habitantes los concentra el IMSS, 7434 el Seguro Popular, y 1850 el ISSSTE. Esto revela, en el caso de los afiliados al IMSS, la inserción laboral de personas a empresas privadas bajo un esquema de aportaciones obrero-patronales, en tanto, el número de afiliados al Seguro Popular indica las personas que no cuentan con un trabajo bajo un régimen asalariado. Es de destacar que, de la población total, 6232 habitantes no se encuentran registrados como derechohabientes a servicio de salud.

Cuadro 4.55. Población usuaria de los servicios médicos de las instituciones públicas del sector salud por régimen e institución, en la localidad de referencia del SA.

Localidad	Población derechohabiente					Población total en la localidad
	IMSS	ISSSTE	Seguro popular	Otros	Población NO derechohabiente	
Municipio de Cananea						
Heroica Ciudad de Cananea	9,624	1,850	7,434	6,420	6,232	31,560

Fuente: INEGI. Datos por Localidad (Integración Territorial), Censo de Población y Vivienda 2010

Nota: Sólo existe información disponible para la localidad Heroica Ciudad de Cananea.

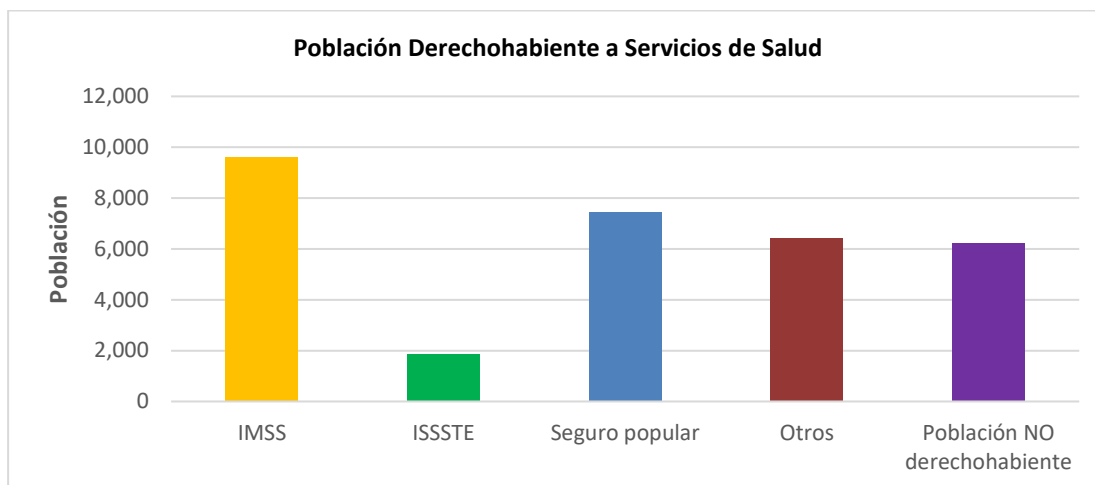


Figura 4.103. Proporción de la población derechohabiente por Institución Pública de Salud, en la localidad de referencia del SA.

IV.3.2.11.2. Educación

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, el grado promedio de escolaridad para la localidad Heroica Ciudad de Cananea es de 9.78 años de estudio, lo que representa un nivel escolar regular. De esta manera, de cada 100 habitantes mayores de 15 años, 2 no saben leer y ni escribir, mientras que 2 de cada 100 personas mayores de 6 años no asisten a la escuela. En el **Cuadro 4.56** se presenta el grado promedio de escolaridad para la localidad de referencia del SA.

Cuadro 4.56. Grado promedio de escolaridad en la localidad Heroica Ciudad de Cananea

Localidad	Grado promedio de escolaridad
Municipio de Cananea	
Heroica Ciudad de Cananea	9.78

Fuente: INEGI. Censo General de Población y Vivienda 2010.

Nota: Sólo existe información disponible para la localidad Heroica Ciudad de Cananea.

IV.3.2.11.3. Factores socioculturales

Según el Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por INEGI, la localidad Heroica Ciudad de Cananea cuenta con una población de 27,155 habitantes de religión católica, 3,182

de religiones protestantes, evangélicas y bíblicas, y 866 habitantes no cuentan con alguna religión. Entre las fiestas populares de la localidad de referencia se encuentran la Feria del Cobre, llevada a cabo del 1° al 15° de junio. Se le llama así por que entre las artesanías que se realizan dentro del municipio se encuentra la elaboración de diversos objetos de cobre: ceniceros, pisapapeles, escudos, etc. Los alimentos típicos son la machaca, el menudo, caldo de queso y el cocido; así como el dulce de membrillo y el cubierto de calabaza. La bebida de tradición es el Bacanora.

IV.4. Diagnóstico ambiental y Síntesis de los componentes abióticos y bióticos

Con base en todo lo antes expuesto en este capítulo, enseguida se analizan los principales componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del sitio del Proyecto y SA, haciendo énfasis en su grado de conservación mediante un análisis de valoración de sus diferentes componentes y de sus capacidades de asimilar probables impactos ambientales (homeostasis y resiliencia).

En general, se puede mencionar que existen diversos agentes de presión sobre el SA, tales como la presencia de actividad humana (minería, ganadería, asentamientos humanos), que lleva consigo acciones como el establecimiento de infraestructura.

En el **Cuadro 4.57** se muestran los diferentes componentes del SA por separado y se describen sus características más destacadas.

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.

Componente del Sistema Ambiental	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación
Clima	Los elementos del clima (precipitación, evaporación, temperatura, viento) tienen una gran influencia a los componentes del SA, como se presentan en el tipo de vegetación, en el desarrollo y humedad de suelo o en la manera de escurrimiento provocando una erosión (eólica o hídrica) más o menos significativa. Diferentes servicios ambientales pueden variar en función de los factores que determinan el clima. La regulación del clima de los ecosistemas corresponde a un servicio ambiental muy importante, ya que la mayor parte de los componentes de cualquier ecosistema son sensibles a las condiciones climáticas. Un cambio en la cobertura vegetal puede provocar alteraciones en el microclima; una remoción de la cobertura vegetal provoca cambios de los patrones energéticos (el flujo latente y sensible) y el albedo (Chapin et al., 2002). Estos cambios se pueden mostrar por un aumento de temperatura y reducción de precipitación.	El 48% del estado de Sonora presenta clima seco y semiseco templado localizado en la Sierra Madre Occidental, la cual esta cubierta por vegetación de bosques mixtos (pino-encino, pino, encinares y oyamel). El SA se encuentra en parte de la Sierra Madre Occidental y por lo tanto presenta un clima tipo B (semiseco templado). Debido al tamaño del Proyecto y grado de disturbio, no se esperan cambios en el macroclima, mesoclima y microclima.
Relieve y geomorfología	Las unidades geológicas y el desarrollo tectónico del sitio determinan la imagen paisajística con las diferentes topoformas geomorfológicas y el relieve, las cuales en combinación con los elementos climatológicos influyen en el nivel de erosión hídrica y eólica. En caso de precipitaciones máximas se pueden generar aumentos en la escorrentía de forma turbulenta. Para mitigar el efecto de erosión hídrica, la vegetación juega un rol importante. En zonas donde la densidad vegetal es mayor, la erosión del suelo por el agua es menor.	Debido a la topografía del terreno en el SA, con laderas pronunciadas, se presenta una media a alta susceptibilidad a la inestabilidad de laderas en ese lugar. El sitio del Proyecto no tiende a inundarse debido a la pendiente que presenta la topografía y las características climáticas de la zona.

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.

Componente del Sistema Ambiental	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación
Suelo	Las propiedades del suelo tienen una gran influencia en diferentes controles de procesos ecológicos. Este recurso juega un rol muy importante en los ciclos de carbono, nitrógeno y agua; y es importante para el crecimiento de vegetación. (Chapin <i>et al.</i>, 2002). Las acciones humanas influyen directamente en este recurso, pues el uso agropecuario, uso de fertilizantes, la irrigación y el cambio de uso de suelo, pueden provocar cambios en sus propiedades. Los procesos de erosión eólica (temporada de sequía) e hídrica (temporada de lluvias torrenciales), clima, topografía, vegetación y características particulares del tipo y uso del suelo, determinan su vulnerabilidad.	El suelo de la región está afectado por erosión hídrica y eólica, las cuales causan una pérdida del mismo. Sin embargo, la principal afectación es provocada por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por el incremento de la actividad minera, la disminución de la cobertura forestal y la sobrecarga de animales en los pastizales naturales. El suelo es gran reserva de carbono en forma de materia orgánica. Los procesos de cambio de uso de suelo, aumenta la descomposición y de esta manera, ese carbono es liberado a la atmósfera donde contribuye al efecto invernadero. En las partes donde la erosión está muy avanzada, el proceso de sucesión es desde muy lento hasta ausente por falta de sustrato.
Hidrología superficial	Las condiciones climatológicas y geológicas del sitio determinan los patrones de drenaje y los caudales de los escurrimientos. Cualquier modificación en las características geomorfológicas y del relieve que sea de forma natural o por acciones humanas influye en los patrones y caudales. Disturbios ocasionados por la actividad humana afectan la cantidad y/o calidad del escurrimiento, tales como procesos como el cambio de uso de suelo (infiltración y escurrimientos), construcción de viviendas (abastecimiento y aguas residuales), nivelación de terrenos y pavimentación (escurrimientos), entre otros.	Debido a que las corrientes que pasan por el SA y sitio del Proyecto son de tipo intermitentes y solo se presentan cuando es temporada de lluvias, estas no se verán afectas por la construcción del Proyecto, siempre y cuando no sean modificadas de su cauce natural. Adicionalmente, las obras y actividades incluidas en el Proyecto tienden a la conservación de las escorrentías, tanto en su carga como en su dirección y destino.

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.

Componente del Sistema Ambiental	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación
Hidrología subterránea	Los acuíferos constituyen una fuente de agua muy importante para concentraciones humanas e industriales, especialmente en zonas áridas y semiáridas; asimismo, el agua constituye un soporte a los ecosistemas naturales. A medida que una población o la industria crece y el uso de suelo se hace más extenso, se incrementa la demanda de fuentes alternas de agua. Por esta razón es importante un manejo sustentable, y se tiene que mantener la recarga de acuíferos, así como la buena calidad del agua y evitar que se contamine. Las principales fuentes de contaminación son las aguas residuales municipales, aguas residuales industriales y la agricultura (uso de fertilizantes y pesticidas).	La calidad del agua extraída del acuífero Río San Pedro, por lo general es buena, apta para cualquier uso, por su bajo contenido iónico. Se considera que el agua es de reciente infiltración, con poca circulación por el material granular y/o volcánico. La zona de recarga se encuentra en los altos topográficos (Sierra La Elenita y Sierra La Mariquita). Sin embargo, se reportan altos niveles de nitratos en la zona de San Pedro Palominas y San Rafael, asociado a las descargas agropecuarias. La variación en los niveles freáticos es menor, pero tienden a descender con la incorporación de nuevos pozos.
Vegetación y uso de suelo	El tipo de vegetación es uno de los componentes más importante de un ecosistema. Varios procesos ecológicos y biológicos dependen de este recurso, presentando un papel importante en la regulación de clima, retención de suelo y regulación de ciclos de agua, nitrógeno, carbono, entre otros (Chapin <i>et al.</i>, 2002). Por otro lado, la vegetación es usada como materia prima para la generación de energía, material para la construcción, alimento y forraje para animales domésticos. De igual manera es indispensable para que la fauna silvestre pueda tener sitios de anidación, alimento y protección contra la depredación.	La cobertura vegetal en ciertas partes del SA ha sido transformada. El uso inadecuado de este recurso ha provocado varios problemas ambientales e influye de manera importante en la calidad del SA, que se muestra con suelos degradados, pérdida de biodiversidad, ausencia de especies nativas y presencia de especies invasoras. Las perturbaciones mas fuertes se observan fuera del SA en dirección Este, principalmente por actividad minera. Sin embargo, aun siguen áreas conservadas, particularmente en Sierra La Elenita y Sierra La Mariquita, las cuales se registra fauna silvestre y esta es una indicadora de la calidad del hábitat.

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.

Componente del Sistema Ambiental	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación
Fauna	La presencia de fauna silvestre depende mucho de la cobertura vegetal, tipo de uso de suelo y calidad de su hábitat natural. Características como presencia, composición, diversidad y abundancia, son indicadores de la calidad de un ecosistema. Los disturbios humanos (cacería, fragmentación del paisaje, destrucción del hábitat natural y competencia con animales domésticos) afectan directamente e indirectamente la presencia de la fauna silvestre.	Uno de los disturbios presentes en la zona es la pérdida de hábitat y la fragmentación que se observa en ciertos sitios. Las consecuencias del proceso de fragmentación, desencadena modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia impacta las poblaciones y comunidades de fauna silvestre. La mayoría de la fauna registrada en el sitio es de tránsito, con escasa posibilidad de permanencia en el terreno por las descripciones previas señaladas, que no favorecen un hábitat propicio.
Paisaje	El paisaje se puede identificar como el conjunto del medio, contemplando éste como un indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos inertes (rocas, agua, aire) y vivos (flora, fauna y humano). Existen diferentes tipos de contaminantes paisajísticos: los físicos y biológicos, es decir, todas aquellas acciones que indirectamente interfieren desfavorablemente con el sentido de la vista del ser humano, afectando principalmente la visibilidad o calidad paisajística (Conesa, 2010). Por otro lado, existen disturbios directos en forma de modificación del paisaje, que afectan la naturalidad o singularidad, como es el cambio de uso de suelo, cambios topográficos, modificación del recurso agua, introducción de nuevas estructuras, obras de ingeniería, ruidos continuos, materiales y colores inadecuados, entre otros (Conesa, 2010).	Analizando los elementos paisajísticos por separado, y de acuerdo a las condiciones que prevalecen en el sitio, las acciones que ejercen las actividades humanas son las que más influyen en la calidad paisajística. Especialmente las obras por actividad minera, los caminos y líneas eléctricas, reducen la calidad de la cuenca visual, observándose en varios puntos dentro del sitio del Proyecto. Por lo general, el paisaje muestra una baja naturalidad, sólo los elementos del paisaje circundante, especialmente las montañas, aumentan la calidad paisajística. El paisaje tiene una calidad y fragilidad media.

Cuadro 4.57. Caracterización de la situación actual de los diferentes componentes del Sistema Ambiental; descripción de las principales interacciones entre elementos, grado de conservación y capacidad de asimilación de probables impactos ambientales.

Componente del Sistema Ambiental	Interacciones con otros elementos	Capacidad de asimilación de los impactos ambientales y grado de conservación
Socioeconómico	En el componente socioeconómico podemos encontrar cuatro grupos de factores fundamentales: sociodemográficos, socioculturales, socioeconómicos y servicios de salud (Alfonso y Calderín, 2002). Estos factores interactúan constantemente y algunas de sus repercusiones se ven reflejadas en la satisfacción de las necesidades básicas, la alimentación, uso del suelo, salud, vivienda, trabajo, educación, cultura infraestructura, entre otros. Alteraciones de este componente están vinculadas con los medios bióticos y abióticos; comportándose al mismo tiempo como sistema receptor. Los habitantes de la región que recibirán los beneficios económicos del Proyecto, pueden sufrir, asimismo, las consecuencias de la migración de la población de otras partes de la República, lo que sobrecarga la infraestructura regional, creando contaminación y otros problemas.	La actividad minera y profesiones relacionadas a esta actividad, son la fuente de trabajo más importante en la región. Por el desarrollo de nuevos proyectos, que ofrecen nuevos empleos (sobre todo en gran número a escala local y regional), es probable un crecimiento de la población local. Para evitar problemas ambientales y de salud por vertimiento de residuos domésticos en el agua y en el aire, es fundamental un crecimiento controlado de la ciudad de Cananea, de ahí el apoyo por parte de la empresa promotora de la construcción del relleno sanitario municipal y de plantas de tratamiento de aguas residuales. Aunque el Índice de Marginación es muy bajo, en la actualidad la emigración juega un papel importante.

Los procesos extractivos provocan cambios de tipo ambiental y social, como toda actividad antrópica, que es preciso tener en cuenta en el momento de diseñar políticas ambientales. Principalmente, provoca cambios drásticos en el paisaje de las zonas donde se asientan los complejos y las comunidades mineras.

Una de las variables para analizar la dinámica ambiental de la zona, es comprender las interrelaciones que se dan entre el conjunto de factores bióticos, abióticos y socioeconómicos que se presentan en tiempo y espacio determinados. La mayoría de los componentes del SA están en interrelación como se describió en el cuadro anterior (**Cuadro 4.57**). Si cambian las propiedades de un componente, podría entonces tener influencia en los demás.

El conocimiento sobre la diversidad local y regional es esencial para el manejo de los recursos biológicos, incluyendo la promoción de la conservación de especies (Bojórquez-Tapia *et al.*, 1994). Por esta razón, los listados de especies o inventarios biológicos son esenciales para entender la diversidad de organismos de una región, su historia, función, manejo y conservación. En este proyecto no sólo se realiza este listado o inventario de especies, sino se realiza un análisis exhaustivo para determinar si la fauna terrestre será afectada por el proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre".

Dentro y en las inmediaciones del SAR y sitio del Proyecto existen vías de acceso compuestas por brechas y caminos que comunican con diferentes zonas y frentes de trabajo autorizados, por lo que varios de los puntos de muestreo se encuentran en sitios con diversos grados de perturbación derivado de actividades antropogénicas, en comparación con sitios presentes en el Sistema Ambiental, la cual presenta ciertas áreas con una vegetación un poco más conservada, además de otros tipos de comunidades vegetales.

Vegetación

Los cuatro tipos de vegetación que se presenta en el SA y sitio del Proyecto, de manera general, la vegetación mantiene elementos de la vegetación original pese a encontrarse en un proceso de degradación, como lo es el bosque de encino, que se encuentra en una franja al Norte con dirección Este-Oeste del SA, la cual tiene conexión paisajística hacia el norte con una comunidad más grande y conservada. Este tipo de vegetación ha sido usado como agostadero por los pobladores de Cananea, se han aprovechado los táscales para postes de cercos por su durabilidad, las ramas y los encinos secos han servido como leña, por lo que no mantiene una condición primaria o conservada. La vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, se han ido modificando del ecosistema primario de bosque de pino-encino; manteniendo las mismas características florísticas pero una estructura y composición distinta a la de la comunidad primaria. El pastizal natural que se encuentra en el SA, se ha denominado "pastizal de altura" por ser comunidades que se han desarrollado sobre planicies y lomeríos en altitudes de hasta 1,700 m s.n.m, donde la temperatura es un factor determinante para la distribución de la flora. Este tipo de pastizal

está rodeado por bosque abierto de encino y táscate, con los que mantiene una estrecha relación.

FAUNA

La fauna en en SA y sitio del Proyecto, se determino un valor de biodiversidad específica por grupo se obtuvo que para el grupo de los anfibios es baja al igual que su dominancia. Para los reptiles su valor de biodiversidad fue moderada, con una baja dominancia. Para el grupo de las aves se obtuvo una biodiversidad alta con una baja dominancia y para los mamíferos se obtuvo un valor de biodiversidad moderado y una baja dominancia para el Sistema Ambiental y el sitio del proyecto. Lo que indica en conclusión que el grupo de las aves es el más biodiverso, seguido de los mamíferos y reptiles.

Es por esto que se hace un análisis y diagnóstico para mencionar como están las poblaciones dentro del Sistema Ambiental, en ésta se pudieron observar varios tipos de vegetación desde pastizales naturales hasta bosques de encinos, dentro del Sistema, existe la presencia de escurrimientos temporales, así como bordos artificiales que almacenan agua que son utilizados como bebederos del ganado, por lo que en dichos sitios se registraron organismos como: *Lithobates magnaocularis* y *Thamnophis cyrtopsis*, entre otras especies, esto debido al cuerpo de agua perene que permite tener un suministro indefinido de agua anual en el hábitat y a la conservación del área que a pesar de sufrir un deterioro por la actividad humana aún conserva las propiedades físicas necesarias para que se puedan desarrollar éstas especies.

Por otro lado, los puntos elegidos alrededor del Sistema Ambiental presentan mayor variedad de reptiles y entre ellos un mayor número de especies sujetos a la NOM-059-SEMARNAT-2010 como lo son: *Crotalus molossus* (Pr). La Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino fue la que presentó mayor diversidad de reptiles, donde se pudieron encontrar diversos hábitats para los mismos como troncos caídos, piedras, hojarasca, etc. Sin embargo, la mayor parte del Sistema Ambiental presenta este tipo de vegetación por lo que el impacto en estos sitios no implica un riesgo para la población de estas especies.

Dentro del sitio del proyecto se distribuyen un solo tipo de vegetación que es Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino. Al existir un solo tipo de vegetación se realizó el análisis únicamente por punto de muestreo donde, PS4 presento mayor diversidad y abundancia con 40 especies y 64 individuos, mientras que el punto PS6 presento menor diversidad y abundancia con cero registros seguido del PS2 con 15 especies y 27 individuos. En el punto PS2 se presenta una depresión donde permite que se acumule más humedad y se registre mayor cantidad de especies.

En el Sistema Ambiental, se pudo observar también la presencia de algunos reptiles que se encontraron a lo largo de los muestreos en los sitios como lo son: *Sceloporus magister*, *Sceloporus jarrovi*, *Sceloporus virgatus*, *Sceloporus lemosespinali*, *Urosaurus ornatus*, *Phrynosoma solare*, entre otros. Lo que coloca a estos reptiles, con una condición de común y amplia distribución en el estado de Sonora, así como en otros estados del país, y que se encuentran eficientemente adaptados y con mayor vagilidad a ciertos patrones de deterioro ambiental.

La diversidad por punto de muestreo a nivel sitio del proyecto para cada grupo faunístico es diferente debido a los diversos hábitats, ámbitos hogareños y ciclos de vida que presenta cada uno de ellos. Para los anfibios los registros se obtuvieron específicamente en áreas con cañadas en donde existieron condiciones de alta humedad (PS1 y PS5), en dichos sitios se identificaron 2 especies y 2 individuos, tal es el caso del sapo de la gran planicie (*Anaxyrus cognatus*) y el sapo manchas rojas (*Anaxyrus punctatus*).

De manera general, actualmente es buena la condición ambiental que prevalecen en algunas zonas dentro del Sistema, lo que favorece una mayor riqueza y mejor estado de conservación de ciertas especies animales, tal es el caso de los reptiles, sin embargo también es evidente como se va extendiendo la afectación por actividades antrópicas, así como el avance en el deterioro del grado de conservación de ciertos hábitats, lo cual incide directamente en la reducción del hábitat para ciertas especies animales.

De acuerdo a la bibliografía (Enderson, et. al., 2010), la herpetofauna se ha visto afectada debido a que el reemplazamiento de matorral desértico y matorral espinoso por pastizal ha alterado la estructura de la vegetación y la fuente de alimento de aquellos anfibios y reptiles

que consumen insectos. A partir de lo anterior, se pueden predecir algunos efectos como la reducción en la biodiversidad y abundancia de especies y, si la proporción del territorio con pastizal continúa aumentando rápidamente, su desaparición.

Para el grupo de la avifauna, el bosque de encino y el pastizal, actúan como el límite meridional de algunas especies de la avifauna de clima templado de Norteamérica. Esta región se considera como un área importante donde pasan el invierno las especies que se reproducen en las praderas del centro de Estados Unidos y el sur de Canadá, así como en los bosques de coníferas, de encinos y matorrales semidesérticos de la región montañosa del oeste de Estados Unidos y Canadá (Rich *et al.*, 2004).

Dentro del Sistema Ambiental, las especies más abundantes fueron *Cathartes aura* (zopilote aura) y *Corvus corax* (cuervo común), debido a que estas especies son generalistas y toleran altos grados de perturbación. En campo se encontraron dos tipos de vegetación diferentes, donde la Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino cubre la mayor parte del Sistema. La Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino con fragmentos de Pastizal Natural, solo cubre algunos fragmentos del Sistema.

Las aves son muy sensibles a los cambios de su entorno y por lo tanto pueden ser usadas como indicadoras de transformaciones del ambiente, a través de cambios en su distribución y diferencias temporales en abundancia (Hutto, 1998). Algunos estudios indican también que algunos grupos de aves migratorias son indicadoras de hábitats perturbados o conservados como son aves acuáticas, aves rapaces, colibríes y algunas del grupo de los passeriformes.

La mayoría de las especies de colibríes de México (52) utilizan bosques abiertos, claros en los bosques, bordes, vegetación perturbada y jardines de zonas urbanas, entre otros hábitats. Al parecer, solamente cinco especies requieren bosques maduros con poca perturbación. Sin embargo, muchas de las especies que se encuentran en bordes y claros de bosque podrían necesitar áreas perturbadas, pero en pequeña escala, en el contexto de una matriz paisajística forestal. Es decir, para subsistir requieren un régimen de perturbación con características espaciales y temporales que produzcan un mosaico de parches de perturbación dentro de un bosque, y no áreas extensas perturbadas. En el Sistema Ambiental, se observó

al colibrí garganta azul forrajeando en una zona de potrero, lo que indica que puede tolerar altos grados de perturbación.

La composición fisiográfica del estado de Sonora y del municipio, proporciona una gran variedad de hábitats para la mastofauna de la entidad. De acuerdo con la literatura consultada (Álvarez-Castañeda y Patton, 1999; Álvarez-Castañeda y Patton, 2000; Castillo-Gámez, et al., 2010; Ceballos, 2012; Hafner, 2012;) para la zona se tiene reportado 83 especies de mamíferos, mientras que los datos registrados en el Sistema Ambiental corresponde a 28 especies que representan el 33.73%, que si bien no representa una alto porcentaje de diversidad con respecto a lo consultado, esto se debe posiblemente al gran porcentaje que representa el orden Carnivora dentro de mastofauna en el área, asimismo el orden Chiroptera con 24 especies reportadas y de las cuales se registraron 9 especies en el Sistema lo que representa el 37.5% de los registros totales, por lo que se considera en datos globales una mastofauna diversa y abundante en el Sistema por presentar hábitats variables en comparación con el sitio del proyecto.

En el caso de los murciélagos reportados para el estado, el 95% presenta una dieta insectívora, lo que dificulta su captura mediante redes de niebla ya que son capaces de detectar más fácilmente la red, sin mencionar que el Sistema Ambiental comprende grandes extensiones de áreas abiertas que corresponden a pastizales y matorrales, disminuyendo la probabilidad en su captura.

De acuerdo a los registros de fauna silvestre obtenidos por métodos directos e indirectos dentro del Sistema Ambiental, se puede concluir que las especies faunísticas se encuentran muy bien representadas a nivel nacional, ya que cuentan con una distribución amplia a nivel estatal y nacional, por lo que con la adecuada y correcta ejecución de medidas de mitigación, ninguna especie se pone en riesgo por la implementación del proyecto.

Para el sitio del proyecto, el grupo de los reptiles en el punto de muestreo PSI y el PS4 presentaron mayor diversidad con 7spp y 5ss respectivamente, mientras que los puntos de muestreo que presentan menor diversidad son el PS6 sin registros y el PS3 con una sola especie. Para las aves el punto de muestreo que presento mayor diversidad fue el PS4 con 18 especies y 35 individuos, mientras que los puntos de muestreo con menor diversidad fueron

el PS6 con cero registros y el PS2 con 8 especies y 15 individuos. Para los mamíferos el punto de muestreo que presento mayor diversidad fue el PS4 con 17 especies y 19 individuos, mientras que el punto de muestreo que presento menor diversidad fue el PS6 con cero registros, seguido del PS2 con 3 especies y 6 individuos

El grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad con 0.074 y una dominancia de 0.9654 por lo que se considera una diversidad media-alta y hay mayor probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a diferentes especies. Mientras que el grupo de los anfibios presento una menor diversidad con 0.50 y una dominancia de 0.50. Para las aves el índice de equidad de Pielou fue de 0.878, por lo que casi todas las especies son igualmente abundantes, mientras que para los anfibios fue de 1 porque solo se registraron dos especies.

Las aves fue el grupo que presento el mayor número efectivo de especies con 19.712 para el sitio del proyecto, sin embargo, de acuerdo al total de especies totales registradas no todas son igualmente comunes. Mientras que para los anfibios y reptiles más del 80% del número efectivo de especies son igualmente comunes.

En conclusión, el grupo de las aves fue el que presento mayor diversidad y menor dominancia, sin embargo los anfibios y reptiles presentaron la mayoría de sus especies igualmente comunes.

De acuerdo al número total de especies faunísticas registradas dentro del sitio del proyecto, se tiene que una sola especie del grupo de las aves se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dicho sitio de muestreo donde fue avistada esta especie presenta áreas perturbadas por la presencia de brechas y caminos de acceso, sin embargo también tienen áreas poco accesibles lo cual favorece ambientes con buena condición de conservación, así como refugio de fauna, mismos que antes de disponerse a afectar deberán ser sujetos a la implementación de medidas preventivas, tal es el caso de la ejecución de programas de rescate.

La implementación del Proyecto "Canal Poniente y Ampliación de Instalaciones de Apoyo para el Desarrollo de Buenavista del Cobre", no comprometerá las poblaciones de las especies

endémicas, semi endémicas, como aquellas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN, ya que todas tiene una distribución muy amplia a lo largo de la República Mexicana.

Dado que gran parte del proyecto abarca un solo tipo de vegetación, es fundamental elaborar y ejecutar un programa de manejo y rescate de fauna silvestre con el objetivo de reducir al mínimo las afectaciones directas que por la ejecución del proyecto puedan generarse a las poblaciones de las especies listadas, dicho plan de rescate debe incluir a especies de bajo vagilidad como es el caso de los anfibios, reptiles y roedores para que se garanticen su sobrevivencia.

Para el sitio del proyecto no se encontraron sitios de anidación y reproducción para una especie en particular del grupo de las aves, sin embargo, al realizar el desmonte de la vegetación para el proyecto se deberán realizar protección de nidos con actividad para todas las especies.

Dentro del sitio del proyecto no se encontraron cuevas o sitios que funjan como áreas de descanso para la quiropterofauna, con excepción de los puntos ubicados en la parte alta del sistema, que corresponden a áreas más altas y donde es probable encontrar sitios de percha diurnos para estos organismos, sin embargo cabe destacar que estos sitios no se verán afectados por las actividades del proyecto.

Para las poblaciones de las especies encontradas en ambientes altamente transformados, no se prevé afectación alguna ya que la mayoría de ellas presentan una alimentación omnívora de tipo oportunista, como es el caso del mapache y coyote, los cuales se desplazan con gran facilidad en busca de alimento y refugio.

Asimismo, se prevé que los organismos de mediano a gran tamaño se desplacen en la búsqueda de áreas de descanso y alimentación, por lo que se espera que el impacto de la ejecución del proyecto a sus poblaciones sea menor.

En conclusión, la implementación del proyecto, no comprometerá la biodiversidad a nivel estatal o a nivel municipal, ya que todas las especies registradas cuentan con una amplia

distribución a nivel nacional, además de una adaptación diversos ambientes (especies generalistas).

En el sitio del proyecto no se encontraron sitios de congregación de fauna de ningún tipo.

No se verá afectada ningún área destinada a la conservación.

La implementación del proyecto, no afectara ningún tipo de corredor biológico.

Las presiones a las que se encuentra sometido el medio ambiente en el SA en estudio son varias, principalmente las relacionadas con las actividades humanas y en particular, con las actividades mineras. Se observa que la vegetación natural sufre y sufrirá una degradación y fragmentación del paisaje inducida por el hombre, tanto en el sitio del Proyecto como en el SA, como resultado del cambio de uso de suelo para la ejecución de actividades mineras y urbanas, entre otras, generando un desequilibrio de difícil reversión. Como resultado de estas actividades, se encuentran dentro de las más impactantes, la contaminación del SA por aguas residuales municipales y basura generada por la zona urbana; las actividades mineras, que incluyen instalaciones de producción, la construcción de carreteras, caminos y brechas; la ganadería y la presencia de otros animales domésticos en el SA. Estos diferentes tipos de disturbio tienen y han tenido mucha influencia en el funcionamiento del ecosistema; el cual presenta una baja naturalidad, indicando con ello un alto grado de perturbación.

La remoción de la vegetación natural por cambio de uso de suelo o sobrepastoreo está afectando la calidad del hábitat de la fauna silvestre, provocando su desplazamiento hacia lugares que presentan una mayor conservación. En el SA estos sitios se encuentran principalmente en las cañadas y zonas montañosas más altas que son cubiertas principalmente por bosque de encino. Por otro lado, en los sitios donde la vegetación es escasa, se puede observar un incremento de la erosión hídrica y eólica, lo que proporciona una retroalimentación positiva a los procesos de sucesión. La sucesión natural en este tipo de ecosistema es muy lenta, lo que ha provocado el establecimiento de especies invasoras que han desplazado la vegetación original.

En las zonas donde la pérdida de suelo es avanzada, aumenta el flujo superficial de agua y se presenta una menor infiltración, principalmente después de eventos fuertes de lluvia. En áreas con pendientes pronunciadas, en combinación de una fuerte precipitación pluvial, se pueden originar desgajamientos de cerros y deslizamiento de material terrestre, que no es el caso del sitio del Proyecto, el cual se presenta principalmente en lomeríos con pendientes de 10 a 20%.

La apertura de caminos y brechas ha influido directamente en la calidad del paisaje y aumentado el riesgo de incendios forestales, en caso de no tener control sobre la basura que se acumula en el borde de los caminos. Al existir mayor presencia humana en la región, la cantidad de animales domésticos que compiten con las especies nativas se ha incrementado.

Cabe resaltar, que el sitio donde se pretende realizar el Proyecto no se encuentra dentro de algún Área Natural Protegida federal ni estatal. Respecto a la fauna, la mayoría de las especies registradas son capaces de desplazarse por sí solas a lugares aledaños al sitio del Proyecto, con el fin de encontrar sitios nuevos y adecuados para su alimentación y desarrollo, por lo que se prevé que la construcción del Proyecto no ocasionará alteraciones significativas a la fauna del lugar. Pudiéndose observar que, en los alrededores del sitio del Proyecto, se encuentran mejores condiciones para la residencia de los diversos grupos de fauna vertebrada terrestre. En el caso de las aves que fue el grupo faunístico con mayores registros, por la infraestructura del Proyecto que se pretende realizar como son los represas para la captación y almacenamiento de agua pluvial, estos podrían atraer algunas aves, pero estos serían de uso temporal o estacional, ya que las aves, como se mencionó anteriormente, se desplazarían a lugares más conservados y donde tengan el recurso para anidar o perchar.

El Proyecto es considerado como una expansión de la zona urbana (minera), siendo así, afectando el factor paisaje, sin embargo, esta afectación no impactara al observador, ya que en la zona existen ya afectaciones amplias debido a la actividad minera de tiempo atrás.

Es importante mencionar que este Proyecto aportará beneficios económicos a la población del municipio de Cananea, al proporcionar trabajo a sus habitantes y por tanto, mejoras a su calidad de vida.

IV.5. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA

Para definir y describir la calidad ambiental referente a la biodiversidad, atmosfera, agua y suelo, se retomó el esquema conceptual del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales, diseñado por la SEMARNAT; dichos indicadores fueron definidos en el marco del programa de Gestión Ambiental y Uso Sustentable de los Recursos Naturales y describen los más importantes factores que definen el estado actual de ambiente, así como los temas ambientales principales en la agenda nacional en materia de conservación y uso sustentable del medio ambiente y los recursos naturales del país.

La Calidad ambiental considera seis temas prioritarios, conformados por 14 Indicadores Clave: Biodiversidad (IC 1 a 3), Residuos (IC 4), Atmósfera (IC 5 a 8), Agua (IC 9 a 12), Suelos (IC 13) y Forestales (IC 14). Los indicadores ambientales son estadísticas o parametros que proporcionan información y/o tendencias de cambio sobre las condiciones ambientales y su significado debe ir más allá de la estadística misma, pretendiendo proveer información que permita tener una medida de la efectividad de las medidas aplicadas para un proyecto.

Estos indicadores incluyen la información que está descrita en los subcapítulos correspondientes, pero en algunos casos, los datos son solamente disponibles a una escala mayor que los límites del área bajo estudio. Los datos de cada indicador son clasificados según su estado actual en comparación con los límites o valores establecidos. De cada indicador se elaboró la clasificación y se convirtió en el SIG a un mapa tipo raster para finalmente analizar el conjunto de todos los indicadores y obtener un solo mapa que muestra la calidad ambiental espacialmente.

Biodiversidad

- **Indicador Clave 1: Vegetación remanente**

La diversidad biológica o *biodiversidad* se define como la variedad de formas de vida existentes en el planeta. El concepto de biodiversidad se refiere no solo a la variedad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos, sino también a la diversidad

genética existente dentro de las poblaciones de las distintas especies, y a la diversidad de ensamblajes de especies en las comunidades bióticas interactuando con el medio físico en distintos tipos de ambientes. Conservar la biodiversidad implica mantener a largo plazo esta diversidad genética, de especies y de ecosistemas.

La vegetación natural es el principal reservorio de la biodiversidad. El desarrollo de las actividades productivas (principalmente de la agricultura y la ganadería), el crecimiento de la infraestructura (de comunicaciones y eléctrica, fundamentalmente) y el desarrollo urbano, han reducido la vegetación natural remanente en México y el mundo. La disminución de esta superficie conlleva necesariamente a la degradación ambiental y a la pérdida de biodiversidad y de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales. En este sentido, el indicador denota el estado que guardan actualmente, respecto a su superficie original, los ecosistemas naturales en el SA.

La valoración del indicador consideró la información disponible recabada de manera bibliográfica y en campo: 1) los tipos de vegetación y el uso del suelo que se encuentran en el SA y 2) el estudio de la condición ecológica de la vegetación que indica de manera indirecta la tendencia en la degradación o recuperación de las comunidades vegetales naturales mediante la riqueza específica, parámetros estructurales y presencia de especies clave. De la caracterización de la vegetación a nivel del SA, las comunidades primarias mostraron parámetros de diversidad mas altos que las comunidades secundarias. Respecto a la superficie, se encontró que los conjuntos vegetales de tipo secundario (vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino) tienen mayor extensión que los de tipo primario (pastizal natural, bosque de encino), cabiendo mencionar una gran superficie se encuentra desprovista de vegetación. Así, de los tipos de vegetación que se caracterizaron dentro del SA, fue el bosque de encino, el pastizal natural y la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino las comunidades con el valor más alto para este indicador. Los tipos de vegetación secundaria en proceso de degradación se evaluaron con una calidad media y las áreas desprovistas de vegetación como baja.

Observación. El uso del suelo con mayor superficie en el SA es la vegetación secundaria de bosque de encino; seguido por las áreas desprovistas de vegetación y el

pastizal natural. Las actividades productivas de la región repercuten sobre la extensión de estos ecosistemas, por lo que muestran una tendencia hacia la degradación dentro del SA, por lo que la calidad aún en las áreas valoradas como alta, tiene una tendencia a ser reducida en años futuros.

Calidad: baja a alta (1 a 3)

- **Indicador Clave 2: Superficie protegida y bajo manejo sostenible**

Las Áreas Naturales Protegidas, los humedales de la Convención Ramsar y los Programas de Pago por Servicios Ambientales son tres de los principales instrumentos de política ambiental dirigidos hacia la protección de la biodiversidad y los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales. Adicionalmente se han implementado otros esquemas que, además de permitir el uso de los recursos naturales, consiguen disminuir la conversión del uso del suelo y la degradación de los ecosistemas. Este indicador muestra los avances conseguidos hacia la protección y el uso sostenible de los ecosistemas naturales y sus recursos.

En el SA se encuentran áreas con importancia ecológica de acuerdo con la CONABIO, estas son el Área de Importancia para la Conservación de las Aves "Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental" (AICA 126), la Región Terrestre Prioritaria "Cananea – San Pedro" (RTP-41), las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) "Subcuenca del Río Asunción" y "Subcuenca de los ríos San Pedro y Santa Cruz", los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) 563 de prioridad media y 474 de prioridad Alta. Además, el SA se localiza a 28 km del Área de Protección de Flora y Fauna "Bavispe". Estas regionalizaciones orientadas a la conservación y uso sustentable de los recursos naturales abarcan porciones importantes de la superficie del SA, por lo que añaden valor a la calidad ambiental del mismo. Sin embargo, actualmente no se realizan Programas o Acciones que realmente estén enfocados a mejorar el aprovechamiento y conservación de los ecosistemas. En el ámbito que considera el indicador, la calidad ambiental se va de baja a alta en algunos sitios.

Observación. Existen áreas que por sus características ecológicas son prioritarias para su manejo sustentable, pero las actividades económicas que se desarrollan en el SA no cumplen con estos objetivos.

Calidad: baja a alta (1 a 3)

- **Indicador Clave 3: Especies en riesgo**

Las especies en riesgo representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región. El porcentaje de especies en riesgo, para ciertos grupos taxonómicos, es útil como indicador del estado de la biodiversidad nacional. Para la evaluación de este indicador a nivel del SA, se analizaron los listados de flora y fauna que se elaboraron durante la caracterización. De este análisis se consideraron los registros de especies en riesgo que se distribuyen en el SA, especies endémicas y especies de importancia ecológica en la región, así como especies indicadoras de perturbación.

FAUNA

Dentro del SA, existen varios tipos de vegetación desde pastizal hasta bosque de encinos, también existe la presencia de escurrimientos temporales, así como bordos artificiales que almacenan agua que son utilizados como bebederos del ganado, por lo que en dichos sitios se registraron organismos como: *Lithobates magnaocularis* y *Thamnophis cyrtopsis*, entre otras especies como algunos reptiles que se encontraron a lo largo de los muestreos en los sitios: *Sceloporus magister*, *Sceloporus jarrovi*, *Sceloporus virgatus*, *Sceloporus lemosespinali*, *Urosaurus ornatus*, *Phrynosoma solare*, entre otros. Lo que coloca a estos reptiles, con una condición de común y amplia distribución en el estado de Sonora, así como en otros estados del país, y que se encuentran eficientemente adaptados y con mayor vagilidad a ciertos patrones de deterioro ambiental y también, debido al cuerpo de agua perenne que permite tener un suministro indefinido de agua anual en el hábitat y a la conservación del área que a pesar de sufrir un deterioro por la actividad humana aún conserva las propiedades físicas necesarias para que se puedan desarrollar estas especies.

En los puntos de muestreo elegidos alrededor del SA presentan mayor variedad de reptiles y entre ellos un mayor número de especies sujetos a la NOM-059-SEMARNAT-2010 como lo son: *Crotalus molossus* (Pr). La Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino fue la que presento mayor diversidad de reptiles, donde se pudieron encontrar diversos hábitats para los mismos como troncos caídos, piedras, hojarasca, etc. Sin embargo, la mayor parte del Sistema Ambiental presenta este tipo de vegetación por lo que el impacto en estos sitios no implica un riesgo para la población de estas especies. Para el grupo de la avifauna, el bosque de encino y el pastizal, actúan como el límite meridional de algunas especies de la avifauna de clima templado de Norteamérica. Dentro del SA, las especies más abundantes fueron *Cathartes aura* (zopilote aura) y *Corvus corax* (cuervo común), debido a que estas especies son generalistas y toleran altos grados de perturbación. De acuerdo al número total de especies faunísticas registradas dentro del sitio del proyecto, se tiene que una sola especie del grupo de las aves se encuentra listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

FLORA

En el listado florístico del SA no se encontraron especies catalogadas en alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Únicamente se registraron especies de importancia ecológica por ser parte de la familia Cactaceae, las cuales tienen presencia principalmente en la Vegetación secundaria de bosque de encino y el pastizal natural.

Observación. La distribución y presencia de especies en riesgo o de importancia biológica está estrechamente relacionada con la calidad de su hábitat; por lo que la valoración del indicador se asoció a los tipos de vegetación y la conservación del ecosistema. La vegetación secundaria de bosque de encino es la comunidad con más alto valor en este indicador.

Calidad: baja a alta (1 a 3)

Residuos

- **Indicador Clave 4: Residuos sólidos urbanos depuestos sin control**

El manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos (RSU) genera distintos problemas, principalmente la contaminación del aire, suelo, aguas superficiales y subterráneas; la generación de biogases (con su consecuente riesgo de toxicidad y explosividad); la emisión de gases de efecto invernadero; las afectaciones a la salud por enfermedades transmitidas por fauna nociva y el deterioro del paisaje. El indicador denota, por un lado, el riesgo potencial al ser humano y al ambiente causado por la disposición sin control de los RSU, y por otro, los avances conseguidos en su manejo en el país.

De acuerdo con el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos de Sonora (2011), en el municipio de Cananea se recolectan 40 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, los cuales no tienen un sitio adecuado para su disposición. Según este reporte, existen 12 hectáreas utilizadas como sitios de disposición de residuos no controlados.

Observación. La cantidad de residuos sólidos urbanos que se generan en el municipio de Cananea es reducida en comparación con otros municipios del mismo estado. Sin embargo, destaca la falta de sitios adecuados para la disposición de residuos; por ello la calidad se clasifica como baja.

Calidad: baja (1)

Atmósfera

Los avances tecnológicos de la industrialización y el rápido crecimiento poblacional han propiciado la sobreexplotación de los recursos naturales y la degradación ambiental. Uno de los problemas se presenta en la calidad de aire, que sus efectos nocivos afectan la salud de la población y los ecosistemas naturales y también se observan en el proceso de cambio climático y en la degradación de la capa de ozono estratosférico.

Para entender y enfrentar esta problemática, se requiere tener información de los factores que la ocasionan (emisión de contaminantes), de la situación sobre la condición de la atmósfera, en términos de su alteración con respecto a su condición natural.

Existen programas y convenios para el monitoreo de la calidad del aire, del cambio climático y del ozono estratosférico. Estos dos últimos se enmarcan en acuerdos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Convención para la Protección de la Capa de Ozono Estratosférico. Para el monitoreo de la calidad de aire existen estaciones de monitoreo en las zonas metropolitanas y grandes ciudades del país.

SEMARNAT propone indicadores que reflejan el estado de la atmósfera a nivel local y global en 4 indicadores claves de las cuales descripciones se encuentra en lo siguiente.

- **Indicador Clave 5: Días en que se excede el valor de la norma**

La calidad del aire es un problema ambiental en algunas partes del país y su deterioro afecta la salud humana y el medio ambiente, por lo que es necesario contar con información acerca de las fuentes generadoras de los contaminantes y del estado de la calidad del aire. Este indicador permite conocer la frecuencia con la que se exceden los valores máximos definidos en las normas existentes para proteger la salud de la población en las principales ciudades del país.

Para el SA se revisó la información presentada por el Gobierno del Estado de Sonora, mediante el programa Programa de Gestión para mejorar la Calidad el Aire del Estado de Sonora (ProAire) 2017-2026; en el que se reportaron los resultados del monitoreo de los 5 contaminantes atmosféricos con mayor repercusión en la salud humana (Partículas suspendidas, Ozono, Bióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono). El periodo de estudio fue de 1998 a 2016, mediante el monitoreo de cuatro estaciones. Los resultados mostraron que en la estación más cercana (Nogales) se rebasaron los límites permisibles por la NOM-025-SSA1-2014 (DOF,2014) referente a partículas sólidas suspendidas. El municipio de Cananea mostró relevancia en PM₁₀, PM_{2.5} y CO con respecto a los estados que se estudiaron.

Observación. Concluyendo en una calidad media, dado que en los demás contaminantes no se registraron niveles importantes.

Calidad: media (2)

- **Indicador Clave 6: Zonas metropolitanas o poblaciones con monitoreo de la calidad del aire**

El deterioro de la calidad del aire afecta la salud humana y el medio ambiente. Aun cuando la población expuesta a la contaminación atmosférica, en niveles por arriba de las normas, es un indicador adecuado para alertar sobre los potenciales riesgos a la salud, no existe la información para documentarlo debido a que la red de monitoreo no abarca todas las zonas urbanas del país. En virtud de ello, se ha seleccionado como indicador aproximado las zonas metropolitanas o poblaciones con monitoreo de la calidad del aire, el cual denota también el esfuerzo encaminado hacia la ampliación de la cobertura del sistema de monitoreo nacional.

Observación. El municipio de Cananea donde se encuentra el SA no se encuentra dentro del listado de Zonas Metropolitanas del estado de Sonora, esto significa que la cantidad de emisiones no hace necesario el monitoreo constante de la calidad del aire en la región. Aunque el municipio de Cananea no entra en un monitoreo constante, sí ocasionan las actividades mineras de la región, explotando el mineral en un tajo abierta en conjunto con los depósitos de terreros y tepetateras, la generación de material fino que en ocasiones puede deteriorar la calidad del aire.

Calidad: media (2)

- **Indicador Clave 7: Emisión de gases de efecto invernadero**

México es un país vulnerable ante el cambio climático que cada vez y con mayor frecuencia e intensidad es más afectado por sequías, inundaciones y huracanes afectando la cubierta vegetal y los recursos hídricos. Las consecuencias de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera se reflejan en el cambio climático. El indicador permite conocer la magnitud y las tendencias de la presión a la atmósfera asociadas a las emisiones de GEI a nivel nacional.

Citando lo expuesto en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGI) y con relación con las actividades productivas que se realizan en el municipio de Cananea, se destaca la poca relevancia del sector minero en la aportación de estas sustancias a la atmósfera. Siendo las actividades de transporte, generación de energía a partir de combustibles y la industria manufacturera los sectores que más contribuyen a la emisión de CO₂ y otros gases.

Observación. Concluyendo en una calidad buena en el SA.

Calidad: alta (3)

- **Indicador Clave 8: Consumo nacional ponderado de sustancias agotadoras del ozono estratosférico**

El adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico es causado por el consumo de las llamadas Sustancias Agotadoras del Ozono (SAO), entre las que destacan los clorofluorocarbonos (CFC) empleados en la refrigeración y el aire acondicionado. Este indicador presenta el consumo ponderado de SAO y considera el consumo aparente de estas sustancias (producción, importación y exportación).

La información presentada por SEMARNAT (Unidad de Protección a la Capa de Ozono, Semarnat. Marzo de 2018) a nivel nacional muestra una importante disminución en el uso de estas Sustancias Agotadoras de Ozono Estratosférico, pasando de 29 474.53 toneladas en 1989 a solo 415.28 toneladas en 2017. De las seis sustancias consideradas para el indicador, únicamente los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) no han logrado eliminarse por completo en el país.

Observación. A nivel nacional se puede considerar una calidad media. Dado que la existencia de estas SAO perdura en la atmósfera por tiempos prolongados aún suspendido su uso.

Calidad: media (2)

Agua

El agua, esencial para la vida, mantiene las funciones de los organismos y de los ecosistemas. Es necesario para la producción de alimentos, en la producción industrial y pesquera. Aunque se considera como un recurso renovable que podría utilizarse sin que afecte su disponibilidad a largo plazo, se tiene que considerar la distribución de los recursos hídricos y la calidad para un aprovechamiento sustentable. El desafío principal es lograr un equilibrio que permita preservar los ecosistemas acuáticos con sus valiosos servicios ambientales y suministra agua de buena calidad a la población y a las actividades productivas.

Para el indicador ambiental **AGUA**, SEMARNAT definió 4 indicadores claves los cuales describen los grados de presión sobre el agua superficial y subterráneo en referencia a su **disponibilidad y la calidad de agua en especial a la demanda** bioquímica de oxígeno en aguas superficiales. Además, se considera el estado actual de tratamiento de agua el cual por su descarga puede causar deterioro en la calidad de las aguas superficiales o en caso de recarga en el agua subterránea.

- **Indicador Clave 9: Grado de presión sobre los recursos hídricos**

Este indicador describe la relación entre la extracción de agua y su disponibilidad en un sitio determinado la cual puede causar problemas graves cuando los volúmenes que se extraen son mayores a la disponibilidad natural, lo que afecta no sólo a las reservas de aguas superficiales y subterráneas, sino también a las poblaciones humanas y de otras especies que habitan o dependen de los ecosistemas. El grado de presión se calcula dividiendo el volumen autorizado de extracción de agua por el volumen de agua disponible y sirve como indicador para evaluar la sostenibilidad de la extracción de este recurso en el largo plazo. Se considera que cuando el valor del grado de presión es mayor al 40% pueden presentarse condiciones de estrés hídrico severo.

Observación. Las Estadísticas del Agua en Mexico 2018 reporta para la región hidrológico administrativa II (Noroeste) donde se encuentra el SA un valor del grado de presión

de 84.7% para el año 2017 con un volumen total de agua concesionado de 7,007 Mm³ y con solamente 8,274 Mm³ de agua renovable lo cual se define como una presión hídrica alta.

Calidad: baja (1.5)

- **Indicador Clave 10: Intensidad de uso del agua subterránea**

El agua subterránea es utilizada para el suministro de agua potable a la población y como insumo en las actividades agropecuarias e industriales. En las zonas áridas, es la única fuente de abasto del recurso; sin embargo, cuando la extracción excede a la recarga natural de los acuíferos, pueden considerarse como sobreexplotados, lo que puede poner en riesgo el abasto futuro del recurso.

Para el acuífero Río San Pedro se estima una recarga total media anual de 41 Mm³/año. La descarga natural se estimó sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales, el caudal base de los ríos alimentados por el acuífero y las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes. Se estimó un volumen de 17 Mm³/año. El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos al Registro Público de los Derechos del Agua (REPD), es de 31.5 Mm³/año para el 30 de septiembre del 2008. Estas cifras presentan un balance negativo para la disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Río San Pedro, indicando que no existen volúmenes adicionales para otorgar nuevas concesiones (DOF, 2018).

El mismo cálculo se llevó a cabo para la estimación de la disponibilidad media anual en el acuífero Bacoachi. Con las cantidades de la recarga total media anual de 31.7 Mm³/año, de la descarga natural comprometida de 7.6 Mm³/año y del volumen concesionado de agua subterránea de 28.6 Mm³/año, resultó una falta de disponibilidad para este acuífero de 4.5 Mm³/año (DOF, 2018). Para el acuífero Río Bacanuchi se reportaron cantidades de la recarga de 19 Mm³/año, de la descarga natural comprometida 6.1 Mm³/año y del volumen concesionado de agua subterránea de 12.9 Mm³/año, resultando en un déficit de 0.035 Mm³/año, lo que niega otorgar nuevas concesiones para la extracción de agua subterránea en este acuífero (DOF, 2018).

Observación. El Diario Oficial de la Federación (04 de enero de 2018) reporta para la disponibilidad de agua subterránea en el SA un déficit por lo cual se puede considerar para estos acuíferos un uso intensivo donde la extracción excede la recarga natural.

Calidad: baja (1)

- **Indicador Clave 11: Agua residual que recibe tratamiento**

Cuando se descargan las aguas residuales municipales e industriales sin tratamiento se pueden afectar negativamente la calidad del agua de los receptores hídricos superficiales, así como subterráneas. Estas aguas no tratadas representan un alto riesgo para la salud humana por los agentes tóxicos e infecciosos que contienen, además de contribuir al deterioro de los ecosistemas acuáticos presentes. El indicador describe el esfuerzo para el tratamiento de las aguas residuales enfocando a la disminución de los efectos negativos sobre los ríos y lagos a los que se vierten las aguas.

El Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora en su edición 2017 reporta un volumen tratado de 3 metros cúbicos, aún con una capacidad instalada de 23 metros cúbicos en una PTAR municipal. Cabe mencionar que más del 70% de las aguas residuales generadas en la ciudad de Cananea, se descargan en el depósito de jales del complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre, que se ubica en la Cuenca Río Sonora.

Observación. El Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora en su edición 2017 reporta un volumen tratado de 3 metros cúbicos. Por lo que la calidad se considera baja.

Calidad: baja (1)

- **Indicador Clave 12: Demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales**

El oxígeno disuelto es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua. Su presencia es necesaria para la existencia de la vida acuática y la calidad estética de los ríos y lagos, mientras que su ausencia crea condiciones sépticas y de mal sabor y olor propios de la

putrefacción que afectan los ecosistemas e impiden el uso de los recursos hídricos sin tratamiento previo. Las descargas de materia orgánica domésticas e industriales en los cuerpos de agua reducen, por la acción microbiana, la concentración del oxígeno disuelto. El indicador evalúa la proporción de los sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales que tienen baja calidad evaluada por medio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

En el Río Sonora se han identificado valores de pH mayores de 7.9, con picos de 8.03 hasta 8.2. Además, presenta un comportamiento donde la alcalinidad alcanza valores mayores a 200 mg/l (hasta los 209 mg/l). Es probable que las precipitaciones al paso de la Sierra Madre reaccionen con materiales que influyen fuertemente en el comportamiento del potencial de hidrógeno. Es importante mencionar que, en el trayecto del Río Sonora, hacia la ciudad de Hermosillo, recibe las aguas y los arrastres de las precipitaciones que lavan las superficies producto de la actividad agrícola y pecuaria, además de diferentes asentamientos, por lo que se pueden tener otras posibles fuentes de aporte de este elemento y de otros químicos.

Los aportes de descargas de aguas residuales y presencia de coliformes en algunas muestras, presentan valores superiores al NMP/100 ml de 1600 y en otras con cerca de 200 NMP/100 ml. Lo que indica que la cuenca baja del Río Sonora recibe aportes importantes de aguas negras crudas de origen humano, así como aportes de aguas de origen agropecuarios, ya que en su trayecto no se identifican asentamientos industriales de importancia, con excepción de la empresa Buenavista del Cobre, S.A de C.V.

Observación. En los puntos de muestreo cerca del SA se registran en referente al análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) excelentes condiciones del agua. Los elementos que se encuentran por arriba de los límites permitidos por la NOM son arsénico, cobre y sulfatos.

Calidad: alta (3)

Suelo

- **Indicador Clave 13: Superficie afectada por degradación del suelo**

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre formada por material mineral y orgánico, agua, aire y organismos vivos. En él se realizan múltiples servicios ambientales entre los que se encuentran los ciclos biogeoquímicos, la infiltración de agua, el sostenimiento de las plantas y el soporte físico de las obras de infraestructura que permiten el desarrollo de la humanidad. El uso inadecuado del suelo altera sus características físicas, químicas y biológicas, lo que promueve su degradación.

El indicador denota la proporción de la superficie nacional afectada por cuatro procesos de degradación causados por el hombre: erosión hídrica y eólica y degradación física y química. En el SA se describe principalmente una erosión hídrica laminar leve (HL1) en el Norte y Sur del SA acompañada con la formación de surcos en el centro del SA. Gran parte del SA donde se encuentra la vegetación natural la erosión es mínima. La SEMARNAT evaluó información en respecto a la degradación de suelo al año 2003 (SEMARNAT y CP, 2003) donde gran parte del SA está afectado por una degradación física extrema de suelo causada por la urbanización y actividades industriales en la región en lo cual el suelo se perdió la función productiva.

Observación. La principal causa de degradación en el SA es la degradación productiva. La calidad se evaluó en un rango de media a alta. Solamente la parte noreste del SA presenta una degradación extrema por las actividades mineras.

Calidad: baja a alta (1 a 3)

Forestales

- **Indicador Clave 14: Superficie bajo manejo forestal**

Los ecosistemas forestales proveen de servicios ambientales importantes, tales como la madera y la leña, materiales diversos para construcción, fibras, ceras y aceites esenciales. Son también reservorios importantes de la biodiversidad, permiten la formación del suelo, el

reciclaje de nutrimentos y la protección contra la erosión, entre otros servicios. Sin embargo, el cambio de uso del suelo, así como su manejo no sostenible, entre otros factores, han puesto en peligro su permanencia y la provisión de sus servicios ambientales.

Con la finalidad de promover el uso sostenible de los ecosistemas forestales en el país, a mediados de los años noventa surgieron iniciativas como el Programa para el Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto para la Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (Procymaf). También inició su operación el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), cuyo objetivo ha sido, entre otros, apoyar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales a fin de reducir las importaciones de productos forestales y crear alternativas de desarrollo sostenible y diversificación productiva. El indicador, que reporta la superficie bajo manejo forestal apoyada por la Comisión Nacional Forestal, denota el esfuerzo encaminado a la preservación y uso sostenible de los ecosistemas forestales nacionales.

Como se menciona a lo largo del presente documento, la minería tiene alta presencia en el SA. El aprovechamiento de los recursos maderables no se realiza bajo manejo sustentable mediante Programas de Manejo Forestal Maderable. Por lo que la calidad ambiental del SA en este indicador es baja.

Observación. En el SA no se encuentran áreas bajo manejo forestal maderable o no maderable; o con algún fin de aprovechamiento, conservación o restauración; la calidad se considera baja.

Calidad: baja (1)

De acuerdo con la información vertida anteriormente para cada uno de los indicadores, la calidad ambiental en el SA predominante es de nivel **medio con tendencia a alta**. La calidad ambiental no es igual en todo el SA, pues algunos factores importantes como la vegetación y el suelo muestran cambios en el espacio geográfico. Esta distribución es importante, ya que permite identificar las áreas prioritarias para conservar, así como visualizar las tendencias de degradación en el SA. Por lo que en la **Figura 4.104**, se muestra en un mapa los valores estimados de calidad ambiental considerando estos cambios.

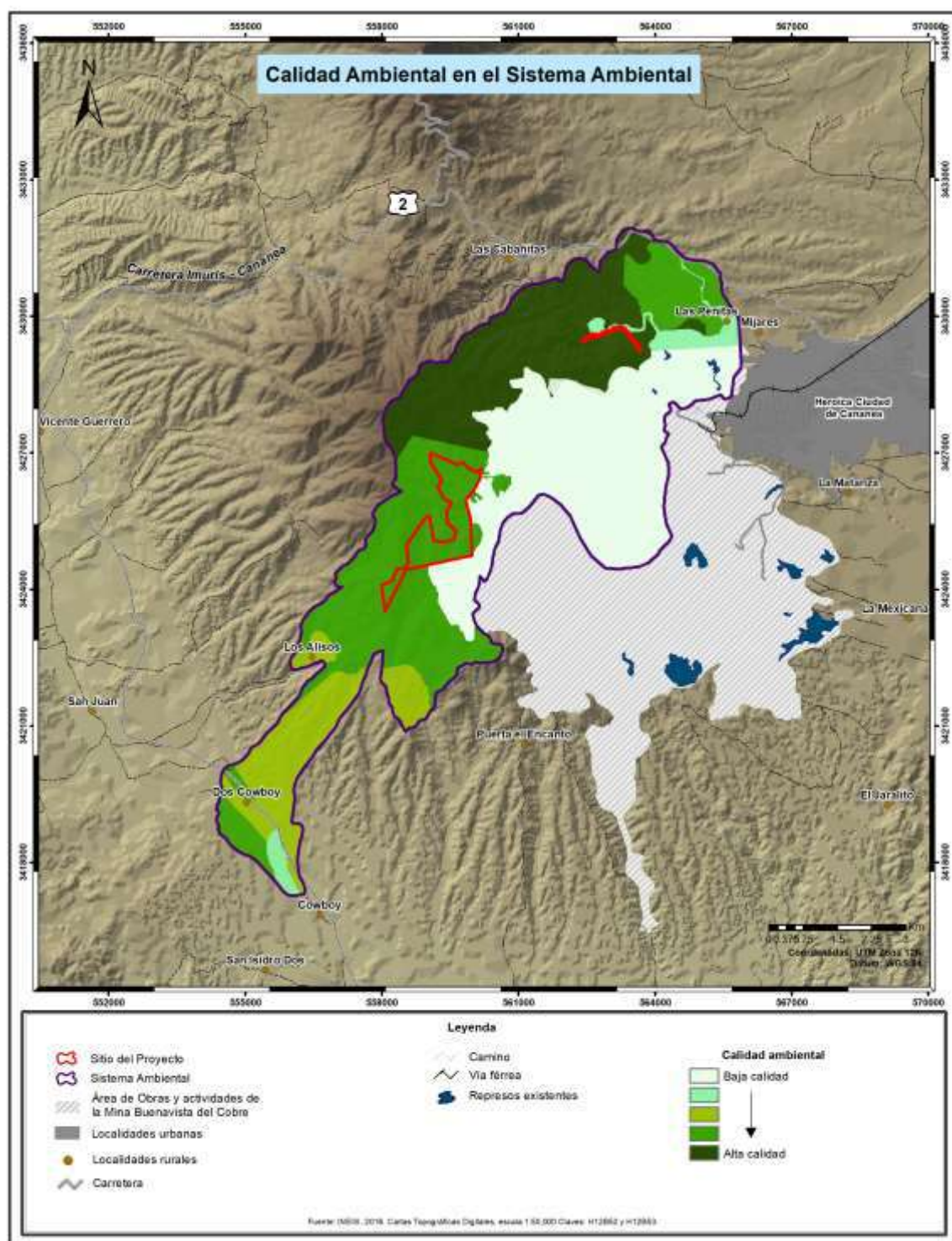


Figura 4.104. Distribución de la Calidad Ambiental en el SAR y sitio del Proyecto.

CONTENIDO

V.	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	5
V.1.	Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	7
V.1.1.	Identificación de impactos	8
V.1.1.1.	Lista de verificación.....	8
V.1.1.2.	Selección de indicadores ambientales de impacto	10
V.1.1.3.	Matriz de cribado de identificación de impactos	11
V.1.2.	Descripción de los impactos	17
V.1.2.1.	Nominación de los impactos.	17
V.1.2.2.	Identificación de la significancia de los impactos adversos.....	21
V.1.3.	Evaluación de impactos	29
V.1.3.1.	Valoración de los impactos	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1.	Lista de verificación de los componentes y actividades en cada etapa del Proyecto.	9
Cuadro 5.2.	Factores ambientales propensos a ser afectados por la realización y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la implementación del Proyecto.	10
Cuadro 5.3.	Impactos adversos y benéficos identificados por actividad y para cada una de las etapas del Proyecto que incluyen las actividades para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales	14
Cuadro 5.4.	Impactos identificados por factor ambiental por la realización del Proyecto.	16
Cuadro 5.5.	Descripción de los impactos que serán generados por el desarrollo, cambio de uso de suelo en terrenos forestales y operación del Proyecto.	19
Cuadro 5.6.	Caracterización de los impactos adversos para la determinación de la significancia.	22
Cuadro 5.7.	Categoría de los impactos adversos ambientales evaluados.	25
Cuadro 5.8.	Descripción de los impactos adversos significativos por las actividades del Proyecto.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1.	Metodología para la identificación, evaluación y descripción de impactos del Proyecto.	7
Figura 5.2.	Gráfica que muestra la proporción de los impactos ambientales, benéficos y adversos, que se tendrían por las actividades del Proyecto.	12
Figura 5.3.	Impactos que se tendrán por etapa del Proyecto.	13
Figura 5.4.	Número de impactos adversos que se tendrán por el desarrollo del Proyecto sobre los factores ambientales en cada una de las etapas.	16
Figura 5.5.	Proporción de la categoría de significancia que tendrán los impactos adversos generados por el desarrollo del Proyecto. Se observa que todos los impactos serán de significancia Baja y Moderada.	23
Figura 5.6.	Categoría de la significancia de cada uno de los impactos adversos que incidirá en cada factor ambiental por el desarrollo del Proyecto.	24
Figura 5.7.	Vegetación y uso de suelo en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.	31
Figura 5.8.	Obras del Proyecto que se consideran son una medida de prevención para la protección del factor agua en el sistema ambiental del Proyecto.	32

LISTADO DE ANEXOS CITADOS EN ESTE CAPÍTULO

Anexo 5.1. Metodología empleada para la evaluación e identificación de los impactos.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales es un proceso de análisis y reflexión, sobre la integración ambiental de un proyecto en su entorno, en este caso en el sistema ambiental en el cual se ubicará. Este proceso incluye la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales que pueden producirse durante el operación del Proyecto sobre los componentes ambientales susceptibles de ser afectados, de esta manera se entiende que el Proyecto **“Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre”** (enseguida también el Proyecto), provocará cambios en el ambiente generados por las distintas actividades particulares del mismo. Estos cambios podrían conducir a modificaciones en la calidad del entorno natural (componentes abiótico y biótico). Teniendo como punto de inicio el estado actual del sitio, donde se encuentra el Proyecto, en este capítulo se identifican, evalúan y describen los impactos ambientales, con especial énfasis en los relevantes o significativos y de estos, los que sean residuales y acumulativos, que pudieran producirse durante la operación-mantenimiento y cierre y abandono del sitio.

Conviene mencionar que la condición de significancia la alcanza un impacto cuando rebasa los criterios de sustentabilidad que les definen, tal como lo define el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) en su artículo 3, fracción IX, un Impacto ambiental significativo o relevante: *Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.*

El objetivo principal de la evaluación del impacto ambiental por la actividad objeto del Proyecto, es estimar los efectos negativos sobre el ambiente y la posible desviación de la línea base o cero (condiciones actuales del sitio) y que pudieran causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones en las disposiciones aplicables y a su vez proponer, con base a esta estimación, las medidas más adecuadas a implementar para llevar a niveles aceptables

los impactos derivados de acciones humanas y proteger la calidad del ambiente, así como preservar y restaurar los ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos.

En este contexto, la evaluación permite anticipar los futuros impactos negativos y positivos de acciones humanas, buscando incrementar los beneficios y disminuir las alteraciones humanas no deseadas. Para ello, es necesario asegurar que las variables ambientales de interés se identifiquen desde el inicio y se protejan a través de decisiones pertinentes, haciéndolas compatibles con las políticas y regulaciones ambientales establecidas, con la finalidad de proteger el entorno.

Dentro del proceso de evaluación del impacto ambiental, la etapa del pronóstico y análisis de impactos ambientales, se realiza con el fin de revisar la significancia de los impactos, poniendo especial atención en aquellos que presentan un nivel crítico o irreversible. Esta etapa permite reconocer los impactos directos, indirectos, acumulativos y los riesgos inducidos sobre los componentes ambientales. Para lo anterior, se utilizan variables ambientales representativas, que permiten identificar impactos y sus umbrales de aceptación, así como las medidas de mitigación y seguimiento. De acuerdo a lo anteriormente mencionado, la evaluación es necesaria para describir la acción generadora de los impactos, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales, interpretar los resultados y prevenir los efectos adversos sobre el ambiente, haciéndolas compatibles con las políticas y regulaciones ambientales establecidas, con la finalidad de proteger el entorno.

Para este Proyecto la evaluación de los impactos ambientales se realiza de manera cualitativa y cuantitativa. La información obtenida es empleada para proponer una matriz de interacciones con el propósito de indicar las relaciones causa-efecto, en donde, se identifican las principales interacciones de las actividades del Proyecto (descritas en el capítulo II), con el entorno ambiental del sitio del Proyecto (previamente descrito en el capítulo IV).

De acuerdo a lo descrito en el Capítulo II, el Proyecto consiste en: [i] construir y operar obras de captación, almacenamiento y de conducción, que garanticen la captación y restitución de agua pluvial en las cuencas hidrológicas aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre, mediante la construcción del denominado Canal Poniente, que incluye la construcción y operación de represas para captación y almacenamiento de agua pluvial, un

canal para la conducción del agua captada, y un camino para asegurar el mantenimiento de estas obras; [ii] ampliar el depósito de tepetate denominado “Tepetatera Marros”; y [iii] construir y operar obras de transmisión de energía eléctrica, como parte del denominado “Anillo Eléctrico 34.5 kV”; por lo que se requiere la autorización en materia de impacto ambiental y la correspondiente del cambio de uso de suelo en las superficie del sitio del Proyecto.

V.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

La metodología que se utilizó para la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales asociados al Proyecto (Bojórquez-Tapia, 1998; Canter, 1998), se presenta de manera general en la **Figura 5.1**. Esta metodología ha sido modificada y adaptada con la propuesta por Gómez Orea (2013)¹, la cual integra un enfoque que ayuda a limitar la incertidumbre natural asociada a un proceso de predicción, como lo es la Evaluación de Impacto Ambiental. Esta metodología adaptada y modificada, permitió aplicar las definiciones y disposiciones del marco jurídico que regula este procedimiento como ya se describió (LGEEPA y su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental).



Figura 5.1. Metodología para la identificación, evaluación y descripción de impactos del Proyecto.

¹ Gómez Orea, D. y Gómez Villarino M. T. 2013. Tercera edición. Evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 745 p.

V.1.1. Identificación de impactos

Los impactos ambientales que podrían generarse por la implementación del Proyecto, se identificaron mediante un análisis multidisciplinario, para identificar y conocer los impactos de cada una de las actividades sobre los factores ambientales, iniciando con la lista de verificación de las actividades del Proyecto.

V.1.1.1. Lista de verificación

La lista de verificación² de actividades derivadas del Proyecto, tiene como finalidad la identificación y descripción de las acciones asociadas con el Proyecto (descritas en el capítulo II de esta MIA-P). Para este análisis, se identificaron en cada una de las etapas del Proyecto, los elementos o componentes y sus acciones concretas, para lo cual se adecuó un diseño de árbol en tres niveles de la siguiente manera³:

- Primer nivel: se refiere a la estructura vertical del desarrollo del Proyecto, esto es llamado como **Etapas del Proyecto**: Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento y Cierre y Abandono.
- Segundo nivel: se refiere a las acciones concretas, esto es, a causas simples, concretas, bien definidas y localizadas de la producción de un impacto, llamadas **Actividades**.

En el **Cuadro 5.1**, se presenta la lista de verificación propuesta para el Proyecto, que alcanza una relación exhaustiva de los elementos o componentes y acciones del Proyecto.

² La **lista de verificación o de chequeo**, es un listado de cada una de las actividades contempladas en el Proyecto, así como de los indicadores ambientales identificados, de acuerdo al posible impacto y posible efecto identificado, además de su valoración por la implementación del Proyecto. Dicha lista puede variar de acuerdo al tipo de Proyecto.

³ **Gómez Orea, Domingo, Gómez Villarino, Ma. Teresa.** Evaluación de Impacto Ambiental. Tercera Edición. 2013. Ediciones Mundi Prensa. Pp 272-276.

Cuadro 5.1. Lista de verificación de los componentes y actividades en cada etapa del Proyecto.

Etapa	Actividad
Preparación del sitio	Delimitación del sitio del proyecto
	Ejecución de actividades de protección y conservación de flora silvestre
	Monitoreo de flora silvestre reubicada
	Ejecución de actividades de protección y conservación de fauna silvestre
	Desmonte
	Despalme
	Manejo y conservación del material de desmonte y despalme
	Movimiento de tierras
	Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial
Construcción	Excavación en áreas de canal y cortina de repesos.
	Nivelación y compactación.
	Construcción de repesos para la captación de aguas pluviales.
	Construcción de canal para captación y desvío de aguas pluviales.
	Construcción y adecuación de caminos
	Construcción de cimentación para torres de la LTE.
	Instalación de sistema de tierras
	Montaje de las estructuras
	Tendido de cables
	Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda
	Tendido, regulado y engrapado de cables
	Colocación de accesorios (señalética, protección anti aves, amortiguadores y anillos equipotenciales)
	Restauración de suelo y revegetación en áreas de obras provisionales.
	Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.
Operación y mantenimiento	Operación de los repesos y el canal de captación y de desvío de aguas pluviales.
	Carga, acarreo y depósito de tepetate
	Operación de la Línea de Transmisión Eléctrica (LTE)
	Mantenimiento de caminos y de repesos, canal de captación y LTE.
	Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.
Abandono	Desmantelamiento de equipos (retiro de los equipos, cableado, demolición de cimentaciones y edificaciones)
	Limpieza del sitio (retiro de todos los restos de materiales para su adecuada disposición para reciclaje, reuso o final)
	Generación de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial
	Programa de cierre o abandono para el tepetate
	Restauración de suelo y revegetación del sitio en áreas permanentes

V.1.1.2. Selección de indicadores ambientales de impacto

Los factores ambientales son todos los elementos del ambiente susceptibles de recibir impactos, considerando la complejidad del ambiente y su carácter de sistema. Fueron seleccionados los considerados como relevantes, medibles y que ofrecen información del estado y funcionamiento del ambiente. En el caso de los indicadores de impacto⁴, permiten evaluar de manera puntual la dimensión de las alteraciones por el establecimiento de un Proyecto y/o desarrollo de una actividad, así como su integración al ambiente, de tal forma que el impacto de un Proyecto se concreta en un valor que dimensiona la desviación de éste.

Para ser de utilidad, los indicadores también cumplen con criterios (representatividad, relevancia, excluyentes y de fácil identificación) que proporcionan información para establecer un comparativo del antes y del después de la ejecución del Proyecto, pudiendo dimensionar los impactos producidos.

Los indicadores ambientales de impacto están relacionados con componentes y factores ambientales susceptibles de ser afectados por la ejecución del Proyecto, tomando en consideración la información obtenida en campo y la de fuentes bibliográficas. En el **Cuadro 5.2** se presentan los factores e indicadores ambientales que pudieran recibir algún impacto ambiental por el desarrollo del Proyecto.

Cuadro 5.2. Factores ambientales propensos a ser afectados por la realización y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la implementación del Proyecto.

Medio		Factor ambiental	Indicador
Físico-Natural	Abiótico	Atmósfera	Calidad
			Nivel de ruido
		Suelo	Compactación
			Permeabilidad
			Calidad
		Agua	Cantidad
			Calidad
		Procesos del medio abiótico	Erosión
			Drenaje superficial

⁴La definición de **indicador de impacto** es: “un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio” (Gómez Orea, 1999).

Cuadro 5.2. Factores ambientales propensos a ser afectados por la realización y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la implementación del Proyecto.

Medio	Factor ambiental	Indicador
	Biótico	Vegetación
		Cobertura vegetal (reducción)
		Abundancia de especies vegetales listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas de interés biológico
		Fauna
		Abundancia de especies
		Hábitat
		Especies de fauna (terrestres y voladoras) en riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010
	Procesos del medio biótico	Movilidad de especies terrestres
		Movilidad de especies avifauna
	Perceptual	Paisaje
		Visibilidad
		Calidad paisajística
		Fragilidad visual
Socioeconómico	Población	Estructura de la población
		Empleo
		Sector productivo (uso de bienes y servicios locales)

V.1.1.3. Matriz de cribado de identificación de impactos

Una vez realizada la lista de verificación de actividades derivadas del Proyecto, así como la identificación de los factores e indicadores ambientales susceptibles de afectación, se procedió a identificar de manera preliminar los impactos mediante la construcción de una matriz de Leopold (ver **Anexo 5.1**). La matriz de identificación⁵ presenta columnas que muestran las actividades del Proyecto por etapas y filas con los factores e indicadores ambientales. Esta matriz nos servirá sólo para identificar los impactos y su origen, sin proporcionarles un valor, permitiendo estimar la importancia y magnitud de los impactos, por lo que cuando se espera que una acción provoque un cambio en un factor ambiental, se registrará en la intersección correspondiente para el Proyecto, y se señalan las interacciones potenciales de provocar impactos negativos (deterioro a los componentes ambientales) y las interacciones potenciales de provocar impactos benéficos. En el caso de aquellas casillas que

⁵ La **matriz de identificación** muestra la identificación de impactos mediante la interacción, la cual enfatiza los rasgos característicos. Esta metodología establece la relación causa y efecto, de acuerdo con las características particulares del Proyecto.

no presentan valor, se debe entender que esa estructura o actividad no generó algún impacto en el indicador ambiental respectivo.

Se identificaron un total de 231 interacciones, de las cuales 127 (55%) serán benéficas o positivas y 104 (45%) serán sobre adversas o negativas. En la **Figura 5.2** se observa la representación gráfica de estos resultados.

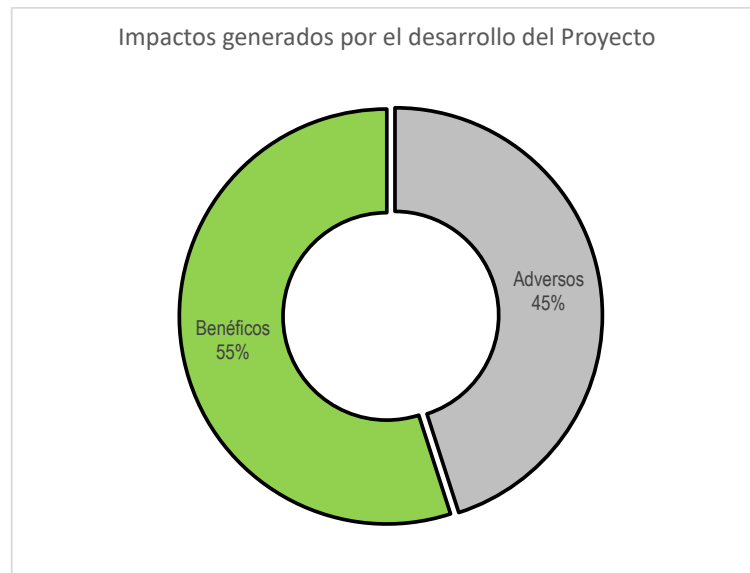


Figura 5.2. Gráfica que muestra la proporción de los impactos ambientales, benéficos y adversos, que se tendrían por las actividades del Proyecto.

Cabe mencionar que la elaboración de la matriz considera la aplicación de algunas de las medidas de mitigación propuestas y que serán descritas en el Capítulo VI. Es por ello que se presentan impactos positivos o benéficos en su evaluación, ya que estas actividades también son generadoras de acciones sobre el ambiente, por ejemplo, el rescate de individuos de flora y fauna que mediante la implementación de acciones de protección y conservación se llega a mitigar el impacto provocado por las actividades de preparación del sitio. Así como también considerando aquellos impactos que se verán compensados por las actividades que se ejecutarán una vez la vida útil del Proyecto haya llegado a su fin. En este escenario se tuvo que, durante la etapa de preparación del sitio se identificaron 40 adversos y 37 benéficos; en la etapa de construcción serán 43 adversos y 38 benéficos; durante la operación 10 adversos

y 13 benéficos; y para la etapa de abandono del sitio serán 11 adversos y 39 benéficos, en el entendido que estas interacciones representan los impactos que pueden presentarse sobre los factores ambientales evaluados. En el **Cuadro 5.3** se presentan estos resultados por etapa del Proyecto y en la **Figura 5.3** se presentan los resultados de manera gráfica. Es importante mencionar que durante la etapa de abandono del sitio se tendrá como actividad un programa de cierre para el tepetate tal como lo dicta la NOM-157-SEMARNAT-2009 en sus numerales 5.6, 5.6.2.1, 5.6.3 y 5.6.4 que dictan los Criterios para la disposición final de residuos, y en particular las tepetateras; estas actividades de este programa que deberá realizarse en la Post-operación del Proyecto causará impactos adversos a factores ambientales, como lo es a suelo pues se requerirá material para cubrir o diseñar una cubierta que sea funcional y con el objetivo de causar el menor impacto posible a la atmósfera, suelo, vegetación, cuerpos de agua, fauna y no afectación del paisaje, sino buscar integrar el depósito de estos residuos en el mismo de forma natural, por esta razón esta actividad presenta casi la mitad (6 impactos adversos de 11) de los impactos adversos identificados en esta etapa de abandono (ver **Cuadro 5.3**), sin embargo se incluirán las medidas descritas en el siguiente capítulo para aplicar también en esta etapa y como parte del Programa de cierre.



Figura 5.3. Impactos que se tendrán por etapa del Proyecto.

Cuadro 5.3. Impactos adversos y benéficos identificados por actividad y para cada una de las etapas del Proyecto que incluyen las actividades para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

		Preparación del sitio									Construcción													Operación y Mantenimiento					Abandono del sitio					Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33
Totales por actividad		9	7	8	4	15	12	9	9	4	8	9	7	7	4	6	4	5	4	4	4	3	11	5	4	6	3	6	4	11	7	4	10	18	
Totales por etapa		77									81													23					50					231	
Totales por actividad	Impactos adversos	0	0	0	0	13	10	7	7	3	6	7	4	4	2	4	2	3	2	2	2	1	1	3	0	4	3	0	3	2	0	3	6	0	104
	Impactos benéficos	9	7	8	4	2	2	2	2	1	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	10	2	4	2	0	6	1	9	7	1	4	18	127	
Totales por etapa	Impactos adversos	40									43													10					11					104	
	Impactos benéficos	37									38													13					39					127	
Actividades: 1. Delimitación del sitio del Proyecto; 2. Ejecución de actividades de protección y conservación de flora silvestre; 3. Monitoreo de flora silvestre reubicada; 4. Ejecución de actividades de protección y conservación de fauna silvestre; 5. Desmonte; 6. Despalme; 7. Manejo y conservación del material de desmonte y despalme; 8. Movimiento de tierras; 9. Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial; 10. Excavación en áreas de canal y cortina de represos; 11. Nivelación y compactación; 12. Construcción de represos para la captación de aguas pluviales; 13. Construcción de canal para captación y desvío de aguas pluviales; 14. Construcción y adecuación de caminos; 15. Construcción de cimentación para torres de la LTE; 16. Instalación de sistema de tierras; 17. Montaje de las estructuras; 18. Tendido de cables; 19. Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda; 20. Tendido, regulado y engrapado de cables; 21. Colocación de accesorios (señalética, protección anti aves, amortiguadores y anillos equipotenciales); 22. Restauración de suelo y revegetación en áreas de obras provisionales; 23. Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial; 24. Operación de los represos y el canal de captación y de desvío de aguas pluviales; 25. Carga, acarreo y depósito de tepetate; 26. Operación de la LTE; 27. Mantenimiento de caminos, represos, canal y LTE; 28. Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial; 29. Desmantelamiento de equipos (retiro de los equipos, cableado, demolición de cimentaciones y edificaciones); 30. Limpieza del sitio (retiro de todos los restos de materiales para su adecuada disposición para reciclaje, reuso o final); 31. Generación de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial; 32. Programa de cierre o abandono para el tepetate; 33. Restauración del sitio.																																			

En el **Cuadro 5.4**, se presenta el total de los impactos ambientales identificados por factor ambiental y en la **Figura 5.4** por factor ambiental en cada una de las etapas del Proyecto. El factor ambiental atmósfera será el que tendrá la mayor cantidad de impactos adversos, esto será por la alteración de la calidad del aire y por el incremento en el nivel de ruido y ocurrirán durante la etapa de Construcción (ver **Figura 5.4**); el factor suelo tendrá 15 impactos adversos debido al riesgo de contaminación que altera su calidad; el factor agua presentará 10 impactos adversos también por el riesgo de alteración en su calidad pero se incluye la disminución en su captación por las obras permanentes del Proyecto, aunque si bien una de las obras (canal) será un impacto benéfico ya que se realiza para reincorporar el agua a las microcuencas hidrológicas ubicadas aguas abajo del complejo minero metalúrgico; los procesos del medio abiótico que son la erosión y el drenaje superficial presentarán 11 impactos adversos y éstos ocurrirán principalmente durante la etapa de preparación del sitio en la cual se realizan las actividades de desmonte y despalle que son actividades que inciden sobre estos factores, debido a la remoción de la vegetación y de la cubierta vegetal del suelo; los factores vegetación y fauna, tendrán 4 y 6 impactos adversos respectivamente, éstos ocurrirán en su mayoría durante la etapa de preparación del sitio (ver **Figura 5.4**) por las actividades de desmonte y despalle; los procesos del medio biótico que se encuentran referidos a la movilidad de la fauna tanto terrestre como avifauna, tendrán 8 impactos adversos por las actividades de construcción y preparación del sitio, que producen en la fauna alteraciones puntuales y serán temporales solo durante estas etapas, y durante la operación de la LTE ya que las estructuras pueden incrementar el riesgo de afectación a la avifauna que ve esto como una barrera en sus rutas de movimiento, si bien el sitio tiene alta actividad humana y esto ha propiciado que sean pocas las aves que aún circulan por este territorio, pues la minería tiene una historia de varias décadas en el sitio. Para el paisaje se han identificado 18 impactos adversos, por la introducción que se tendrá de elementos que incrementan los elementos de origen humano en el fondo escénico en que se ubica todo el complejo minero metalúrgico. La mayor cantidad de impactos benéficos se tendrán sobre el medio Población, esto por lo que representa en inversión la realización del Proyecto y que es parte del beneficio que tiene toda la operación del complejo minero metalúrgico a nivel local y a nivel nacional por la producción del cobre, en particular el desarrollo del Proyecto tendrá el consumo de bienes y servicios que son locales y generan este beneficio en la comunidad.

Cuadro 5.4. Impactos identificados por factor ambiental por la realización del Proyecto.

Medio	Factor ambiental	Número de impactos adversos	Número de impactos benéficos	TOTAL
Abiótico	Atmósfera	32	1	33
	Suelo	15	3	18
	Agua	10	9	19
	Procesos del medio abiótico	11	2	13
Biótico	Vegetación	4	14	18
	Fauna	6	13	19
	Procesos del medio biótico	8	8	16
Perceptual	Paisaje	18	18	36
Población	Estructura de la población	0	59	59
TOTAL		104	127	231

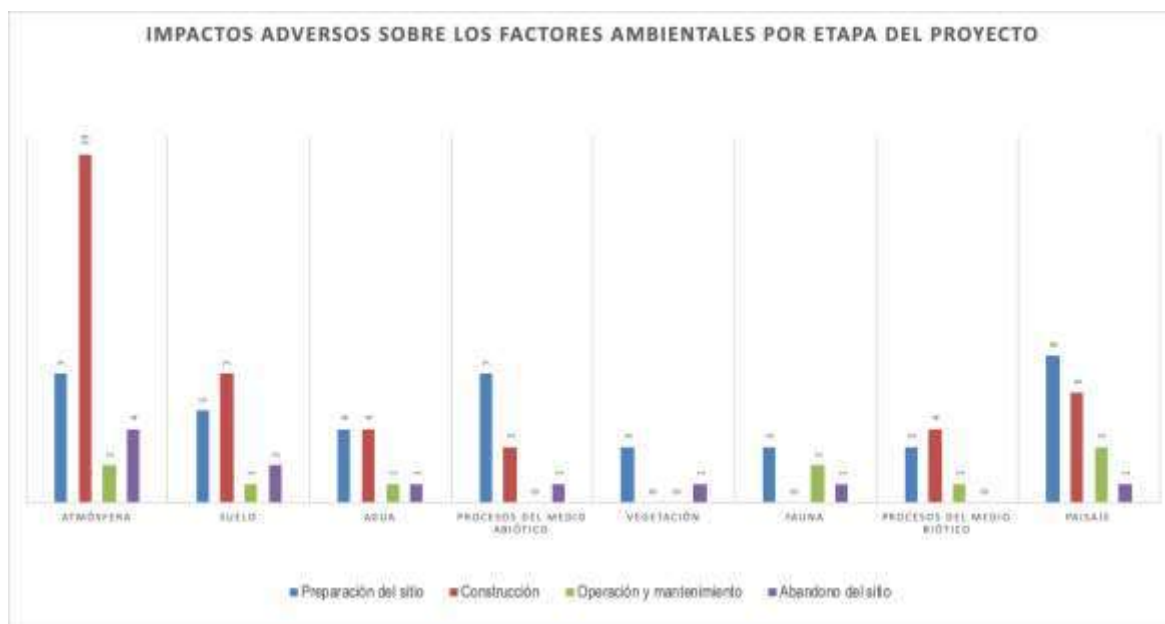


Figura 5.4. Número de impactos adversos que se tendrán por el desarrollo del Proyecto sobre los factores ambientales en cada una de las etapas.

V.1.2. Descripción de los impactos

Con lo anterior, se han identificado los impactos potenciales que podría generar el desarrollo e implementación del Proyecto sobre el entorno en el cual se ubica. Ahora se realiza el análisis para identificar el conjunto de impactos y para desarrollar una primera aproximación acerca de la selección de aquellos impactos que, por sus características pudieran identificarse como significativos.

Esta etapa del proceso se abordó en primera instancia identificando la significancia con bases cualitativas y tomando como referencia el alcance de la definición de impacto significativo que establece la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA):

IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;

Posteriormente, se tomó la propuesta de Gómez Orea (2013)⁶, la cual integra un enfoque que ayuda a limitar la incertidumbre natural asociada a un proceso de predicción como lo es la evaluación de impacto ambiental. Dicha técnica permite obtener determinaciones sobre las desviaciones de la calidad ambiental del área de influencia del Proyecto, tanto para cada impacto potencial a generar, como por el Proyecto en su conjunto. Esta metodología adaptada y modificada, permitió aplicar las definiciones y disposiciones del marco jurídico que regula este procedimiento como ya se describió (LGEEPA y su Reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental).

V.1.2.1. Nominación de los impactos.

A partir de la matriz de interacciones, se ha realizado un proceso de cribado para identificar la nominación de los impactos con *ideas concretas, completas e independientes*. Para esto, se identificaron e integraron aquellas interacciones provocadas por acciones

⁶ Gómez Orea, D. y Gómez Villarino M. T. 2013. Tercera edición. Evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 745 p.

similares entre sí hacia un factor ambiental determinado, evitando con esto duplicar la caracterización de los impactos. A partir de la matriz de interacciones, se realizó una depuración identificando todos los impactos para luego proceder a la valoración. Con este análisis, se obtuvieron los resultados de la fragilidad de los factores ambientales frente al Proyecto y los impactos de las acciones sobre su entorno⁷. En el siguiente **Cuadro 5.5** se presentan estos resultados.

Resultado de este análisis, se identificaron 14 impactos caracterizados con atributo negativo o adverso y 2 impactos con atributo positivo o benéfico. Para valorar la magnitud del impacto, es necesario realizar la caracterización, para determinar, en primera instancia su significancia y posteriormente caracterizar su magnitud e importancia en el entorno ambiental en que será realizado el Proyecto. Cabe mencionar que los impactos benéficos que se identificaron y que presentan la mayor cantidad de interacciones positivas, son impactos que tendrán un beneficio en el medio de población, economía y servicios, por lo que estos impactos se consideran en sí mismo una bondad del Proyecto (ver **Cuadros 5.4 y 5.5**).

⁷ Encinas Malagón, MA., Gómez de Balugera, Z. 2011. Evaluación de Impacto Ambiental: Aspectos Teóricos. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16783/Evaluación%20de%20impacto%20ambiental.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

Cuadro 5.5. Descripción de los impactos que serán generados por el desarrollo, cambio de uso de suelo en terrenos forestales y operación del Proyecto.

Factor ambiental afectado	Indicador ambiental	Impacto identificado		Atributo del impacto	Etapas del Proyecto en que se presenta
Atmósfera	Calidad del aire	1	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión de combustibles fósiles y en la concentración de partículas suspendidas en el aire	-	Preparación del sitio, Construcción, Abandono
	Nivel de ruido	2	Incremento de los niveles de ruido durante el día	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación, Abandono
Suelo	Compactación y permeabilidad	3	Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo	-	Preparación del sitio, Construcción
	Calidad	4	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, Abandono
Agua	Cantidad	5	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo	-	Preparación del sitio, Construcción
	Calidad	6	Modificación de los índices de calidad del agua por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos.	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, Abandono
Procesos del medio abiótico	Drenaje superficial	7	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales	-	Preparación del sitio, Construcción
Vegetación	Cobertura vegetal	8	Pérdida de cobertura vegetal con reducción de superficie forestal	-	Preparación del sitio
	Abundancia de especies vegetales listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas de interés biológico	9	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que cuenten con algún régimen de protección	-	Preparación del sitio

Cuadro 5.5. Descripción de los impactos que serán generados por el desarrollo, cambio de uso de suelo en terrenos forestales y operación del Proyecto.

Factor ambiental afectado	Indicador ambiental	Impacto identificado		Atributo del impacto	Etapas del Proyecto en que se presenta
Fauna	Abundancia de especies (Especies de fauna (terrestres y voladoras) en riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010)	10	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, Abandono
		11	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna	-	Operación
	Hábitat	12	Disminución, pérdida o fragmentación del hábitat	-	Preparación del sitio, Construcción, Abandono
Procesos del medio biótico	Movilidad de especies avifauna	13	Efecto barrera derivado de la implementación de la LTE	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación
Paisaje	Calidad paisajística	14	Reducción de la calidad paisajística	-	Preparación del sitio, Construcción, Operación, Abandono
Estructura de la población	Empleo	15	Incremento en la oferta laboral	+	Preparación del sitio, Construcción, Abandono
	Sector productivo (uso de bienes y servicios locales)	16	Incremento en la derrama económica por adquisición de insumos	+	Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, Abandono

V.1.2.2. Identificación de la significancia de los impactos adversos.

Una vez identificados de manera concreta los impactos adversos que puede generar el Proyecto en su operación, mantenimiento, cierre y abandono (ver **Cuadro 5.5**), se procedió a identificar su significancia en base a lo descrito por el REIA en su artículo 3, fracción IX, que menciona frases clave para la definición de un impacto significativo: *i) alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales; ii) alteración de la salud; iii) obstaculización de la existencia del hombre y de los demás seres vivos; iv) continuidad de los procesos naturales.*

Haciendo un análisis de cada uno de los impactos adversos identificados (ver **Cuadro 5.5**), se tiene que todos los impactos son producidos por la acción del hombre y no son producto de la naturaleza, con esto todos los impactos cumplen con este supuesto de la definición para impacto adverso. Para desarrollar una primera aproximación acerca de la selección de aquellos impactos que, por sus características pudieran identificarse como significativos, se procede a la caracterización de los impactos adversos identificados. Con la metodología empleada, se realiza la definición de los atributos para determinar la significancia de cada uno de los impactos adversos. Los atributos utilizados para la caracterización se presentan en el **Anexo 5.1**. Con el uso de los valores de estos atributos, se determinó la destacabilidad, que según la metodología empleada correspondería a la significancia de cada impacto. Son destacables por el efecto que pudieran llegar a ocasionar sobre algún factor del ambiente, en el contexto general de los impactos identificados.

A cada uno de los 14 impactos negativos identificados, se le atribuye una categoría de significancia que va desde Baja a Muy alta, de acuerdo a los atributos que definen la magnitud y características del impacto, en el siguiente **Cuadro 5.6** se presentan los resultados para los impactos adversos identificados y en la **Figura 5.5** se presentan los resultados de manera gráfica, observándose que los impactos serán de categoría Baja en su mayoría (71%) y categoría Moderada el resto (29%), no habiéndose identificado impactos adversos en las categorías de Alta y Muy alta. En el **Anexo 5.1** se describe la metodología de cómo fue obtenido este valor para cada uno de los impactos.

Cuadro 5.6. Caracterización de los impactos adversos para la determinación de la significancia.

Factor ambiental afectado	Impacto	Índice de Incidencia del impacto	Categoría de la significancia del impacto
Atmósfera	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión de combustibles fósiles y en la concentración de partículas suspendidas en el aire	0.197	Bj
	Incremento de los niveles de ruido durante el día	0.251	Bj
Suelo	Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo	0.377	Md
	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos	0.251	Bj
Agua	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo	0.342	Md
	Alteración de la calidad del agua por generación de derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos.	0.465	Md
Procesos del medio abiótico	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales	0.251	Bj
Vegetación	Pérdida de cobertura vegetal con reducción de superficie forestal	0.154	Bj
	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que cuenten con algún régimen de protección	0.154	Bj
Fauna	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento	0.154	Bj
	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna	0.154	Bj
	Disminución, pérdida o fragmentación del hábitat	0.251	Bj
Procesos del medio biótico	Efecto barrera derivado de la implementación de la LTE	0.251	Bj
Paisaje	Reducción de la calidad paisajística	0.377	Md

Bj: Significancia Baja; **Md:** Significancia Moderada; **A:** Significancia Alta; **MA:** Significancia Muy alta.

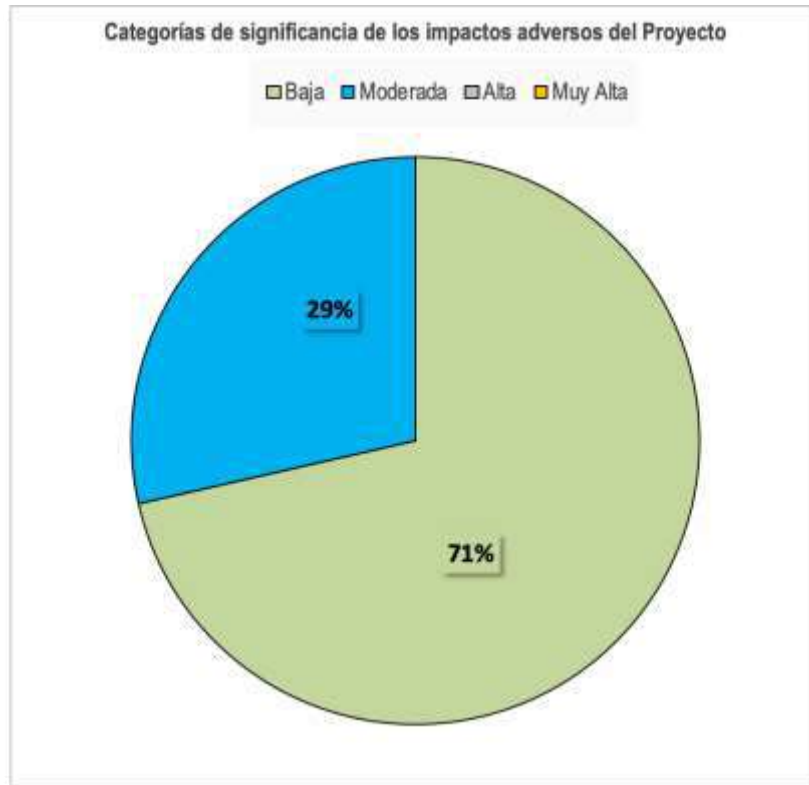


Figura 5.5. Proporción de la categoría de significancia que tendrán los impactos adversos generados por el desarrollo del Proyecto. Se observa que todos los impactos serán de significancia Baja y Moderada.

En la **Figura 5.6** se observan los resultados para la categoría de significancia que tendrá cada uno de los impactos adversos identificados por factor ambiental sobre el cual incidirán. La categoría de significancia Baja, significa que el impacto adverso identificado con esta caracterización tendrá una recuperación inmediata del componente ambiental tras el cese de la actividad. Los factores ambientales que tendrán impactos con esta categoría son atmósfera, suelo, vegetación, fauna, procesos del medio abiótico y biótico, esto es que el Proyecto producirá una alteración en estos factores por el desarrollo de alguna de sus actividades pero que al cese de esta actividad, se tendrá una recuperación inmediata, esto es serán impactos adversos puntuales y temporales que no comprometen la calidad del factor más allá de la duración de la actividad. Para la protección de estos factores ambientales se

tendrán medidas preventivas que permitirán su conservación, dichas medidas serán descritas en el capítulo VI de este documento.

Los impactos con significancia Moderada, significa que la recuperación de las condiciones iniciales del factor ambiental requiere cierto tiempo, por lo que se precisan medidas ambientales para minimizarlos, los factores ambientales que tendrán impactos adversos de esta categoría son suelo, agua y el paisaje (ver **Figura 5.6**). Para asegurar que el desarrollo del Proyecto no compromete la calidad de estos factores, se aplicarán medidas de prevención y mitigación, que permiten minimizar al mínimo el riesgo de afectación, dichas medidas son particulares y obligatorias y garantizan que los factores ambientales no se vean afectado por las actividades del Proyecto. En el siguiente capítulo de esta MIA-P se presentan estas medidas y son descritas a detalle.

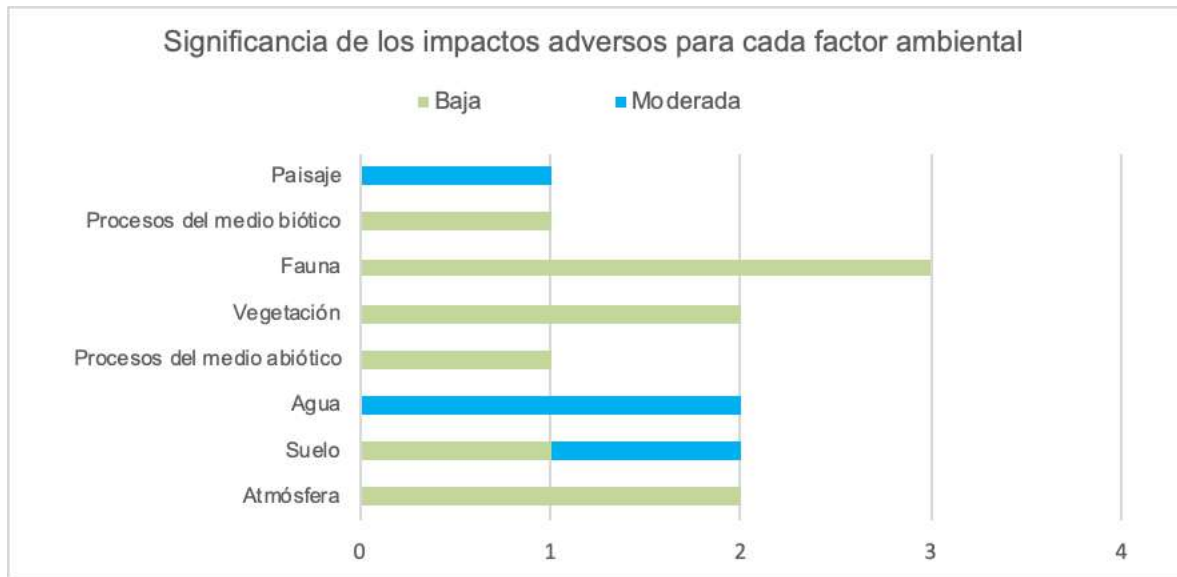


Figura 5.6. Categoría de la significancia de cada uno de los impactos adversos que incidirá en cada factor ambiental por el desarrollo del Proyecto.

Según la metodología empleada para evaluar la significancia de los impactos adversos se consideran significativos los que presentaron un valor mayor o igual a 0.60 (ver **Cuadro 5.7**), esto corresponde a una categoría de significancia Alta o Muy alta, para el caso del presente Proyecto no se tuvieron impactos de estas categorías, esto es porque todas las

actividades del Proyecto se realizarán dentro de las instalaciones del complejo minero metalúrgico, tanto el depósito de mineral estéril en la tepetatera como la instalación de la LTE son obras que ya se realizan en el sitio, y para el caso del canal poniente, si bien es una obra de construcción civil que implicará impactos su construcción, se considera una obra que tendrá un impacto benéfico para el sistema ambiental, pues servirá para captar el agua pluvial y evitar que ésta escurra por los terrenos dentro del complejo minero metalúrgico, sino que pueda ser llevada hacia su reincorporación en los cauces naturales fuera de las instalaciones del mismo, tal como se explicó en el capítulo II del presente estudio.

Sin embargo, dado que la metodología marca que para los impactos de significancia Moderada deben establecerse medidas de mitigación para ayudar a que no se comprometa la calidad del factor ambiental que será alterado, se realiza la descripción de estos impactos en sus atributos por apartado ambiental y por indicador ambiental, en el siguiente **Cuadro 5.8**, se presenta la descripción de los impactos con significancia Moderada (4 impactos) sobre el factor suelo, agua y paisaje, pues los otros impactos de significancia Baja (10 impactos), como ya se mencionó, serán alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos, serán puntuales y temporales (ver Anexo 5.1).

Cuadro 5.7. Categoría de los impactos adversos ambientales evaluados.

Categoría	Interpretación	Intervalo de valores
Despreciable	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a 0.33
No significativo	Se afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.59
Significativo o destacable	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SA	Mayor o igual a 0.60

Cuadro 5.8. Descripción de los impactos adversos significativos por las actividades del Proyecto.

Factor ambiental afectado:	Agua						
Impacto	Etapa en que se presenta				Atributos	Significancia	Descripción del impacto
	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono			
Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo	✓	✓			Es un impacto directo ya que se construirán obras permanentes lo que provocará una disminución en la captación; su magnitud es mínima, su extensión es puntual, su duración es larga pues son obras de ocupación permanente por lo que corresponde a todo el tiempo de la etapa de operación, es un impacto que presenta sinergia ligera pues la disminución en la captación provocará presión hídrica sobre el acuífero al no tener recarga; es un impacto simple y de controversia mínima, se puede presentar a mediano plazo, es un impacto permanente por la vida útil del Poyecto; se podrán implementar medidas que compensen la disminución en la captación, es irreversible, de media recuperación ya que necesita la intervención humana para ser compensado, continuo y se presenta de forma periódica.	Moderada	La superficie requerida para el Proyecto es de 97.1312 ha, lo que representa el 45.3% de la superficie total del polígono envolvente (214.4390 ha), toda esta superficie será ocupada de manera permanente, lo que a nivel el sistema ambiental representa el 1.78% que se tendrá en afectación de superficie, considerando que el 96.5% de la superficie del Proyecto se encuentra con vegetación forestal que deberá ser removida para la implementación de las obras, se tendrá una disminución en la captación de agua, pues la cobertura vegetal es un factor importante para promover la infiltración de agua al subsuelo. Si bien la magnitud del impacto no comprometerá la captación de agua pluvial a nivel del sistema ambiental, si causara una alteración de manera puntual en el sitio donde se implementarán las obras.

Cuadro 5.8. Descripción de los impactos adversos significativos por las actividades del Proyecto.

Alteración de la calidad físico-química del agua por derrames accidentales de grasas, lubricantes y otros líquidos	✓	✓	✓	✓	Es un impacto directo pues ocurre inmediato a la acción que lo genera, su magnitud es mínima y su extensión local, su duración es larga ya que las actividades que lo pueden generar son realizadas durante toda la etapa de operación y durante el cierre y abanono; presenta ligera sinergia y es acumulativo, se presenta a corto plazo, es temporal, su recuperabilidad necesita la atención humana, es un impacto de controversia mínima, ya que se encuentra normado y la población si manifiesta preocupación por la calidad del recurso agua, es un impacto reversible, de recuperabilidad fácil, discontinuo e irregular.	Moderada	En el sitio del Proyecto se utilizan o manejan sustancias que pueden alterar la calidad del agua superficial por arrastre, contaminando también suelo superficial o magnificando la contaminación, estas aguas pueden además de estar contaminadas con grasas o lubricantes.
Factor ambiental afectado:	Suelo						
Impacto							
Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo	✓	✓			Es un impacto directo, su magnitud es mínima, la extensión es local, su duración es larga pues está asociado a la presencia física de las obras permanentes del Proyecto, es un impacto no sinérgico, con acumulación poca debido a que en el sitio hay otras obras que lo han producido también; no presenta controversia, se tienen medidas de compensación, se presenta de forma permanente, es irreversible, de media recuperabilidad, por intervención de acciones humanas, es discontinuo y también irregular.	Moderada	Las actividades que se realizarán durante las etapas de preparación del sitio y construcción generarán modificaciones en la estructura del suelo, pues se realizará la remoción de la capa superficial de suelo y actividades de excavación para nivelación del terreno, así como compactación para instalar las obras e infraestructura, estas obras son de carácter permanente en el sitio.
Factor ambiental afectado:	Paisaje						

Cuadro 5.8. Descripción de los impactos adversos significativos por las actividades del Proyecto.

Impacto							
Reducción de la calidad paisajística	✓	✓	✓	✓	Es un impacto directo, de magnitud mínima y extensión local, duración larga, no sinérgico pero si acumulativo, sin controversia y no tiene medidas para mitigarlo, se presenta a corto plazo, es permanente e irreversible de media recuperabilidad.	Moderada	El Proyecto es un conjunto de obras que se realizan en los terrenos del complejo minero metalúrgico de la empresa Buenavista del Cobre, son obras necesarias para las actividades que se realizan aquí, y en el caso del canal poniente, es una obra de prevención para no afectar la cantidad de agua pluvial que puede ser recarga al acuífero. Todas las obras son permanentes y al ser implementadas en un sitio con infraestructura industrial, es poca la afectación a la calidad del paisaje que está dominado por toda la actividad minera y metalúrgica, siendo todo el Proyecto actividades ya realizadas con anterioridad en algún otro lugar dentro del complejo, por lo que paisajísticamente es poco el impacto que se tendrá por estas nuevas estructuras y obras para el sitio.

V.1.3. Evaluación de impactos

Con la aplicación de la metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que ocasionará el desarrollo del Proyecto, se garantiza en gran medida estimar la dimensión real de los impactos provocados por la ejecución del Proyecto, determinando las afectaciones y modificaciones que presentarán sobre los componentes, factores e indicadores ambientales. Por estas razones, la metodología seleccionada para la identificación y evaluación de impactos queda plenamente justificada.

V.1.3.1. Valoración de los impactos

De acuerdo a los valores de las categorías para los impactos ambientales evaluados, los impactos con categoría Moderada, no se consideran como impactos significativos para el Proyecto, ya que con la aplicación de las medidas de mitigación se evita la afectación a los factores ambientales con una recuperación en corto plazo. Como ya se mencionó, la afectación en cuanto a superficie con respecto a la superficie del Sistema Ambiental del Proyecto será del 1.78%, la calidad ambiental en el sitio donde se implementará no es alta, debido a las actividades humanas realizadas, esto se observa con el tipo de vegetación que es Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino, en la **Figura 5.7** se observa el tipo de vegetación y uso de suelo que tiene el sitio del Proyecto. Las obras del canal y los repesos que se realizarán como parte del Proyecto es para la protección de la captación del agua pluvial que será reincorporada a los cauces naturales para alimentar las cuencas ubicadas aguas abajo del complejo (ver **Figura 5.8**), estas obras representan casi el 40% en superficie del total requerida para el Proyecto, un 7.2% (6.9846 ha) corresponden a la LTE que es una obra lineal, lo que hace que la afectación sea solo por la cimentación de las torres, y en cuanto al área para el depósito de tepetate, representa casi la mitad de la superficie total requerida para el Proyecto, esto es 51.1109 ha, que con relación al sistema ambiental del Proyecto es menos del 1% (0.93%), con lo que cuantitativamente la implementación del Proyecto causará una alteración en el sitio sobre el factor agua al disminuir la captación, pero esta alteración no comprometerá al factor en el sistema ambiental en el cual se ubica. De esta manera se tiene también el análisis para el impacto sobre el factor suelo, por la compactación y la pérdida de la permeabilidad que tendrá por la instalación de las obras e infraestructura del Proyecto, al

instalar las obras en esta superficie se evitará la erosión del suelo en superficies mayores, el suelo retirado por la actividad de desmonte y despalme será utilizado para actividades de reforestación en donde sean requeridas por las actividades del complejo minero metalúrgico.

El paisaje es considerado como la expresión externa y perceptible del medio. Debido a que este es un impacto de percepción, la valoración es cualitativa. La calidad paisajística en el sitio se identificó como baja debido a modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje, las actividades del Proyecto serán incrustadas en un paisaje común, con la inexistencia de elementos únicos o singulares. Por lo que las actividades del Proyecto no causarán una modificación importante en el paisaje del sitio donde se implementará ni en el sistema ambiental, al ser un sitio con un grado de degradación considerable.

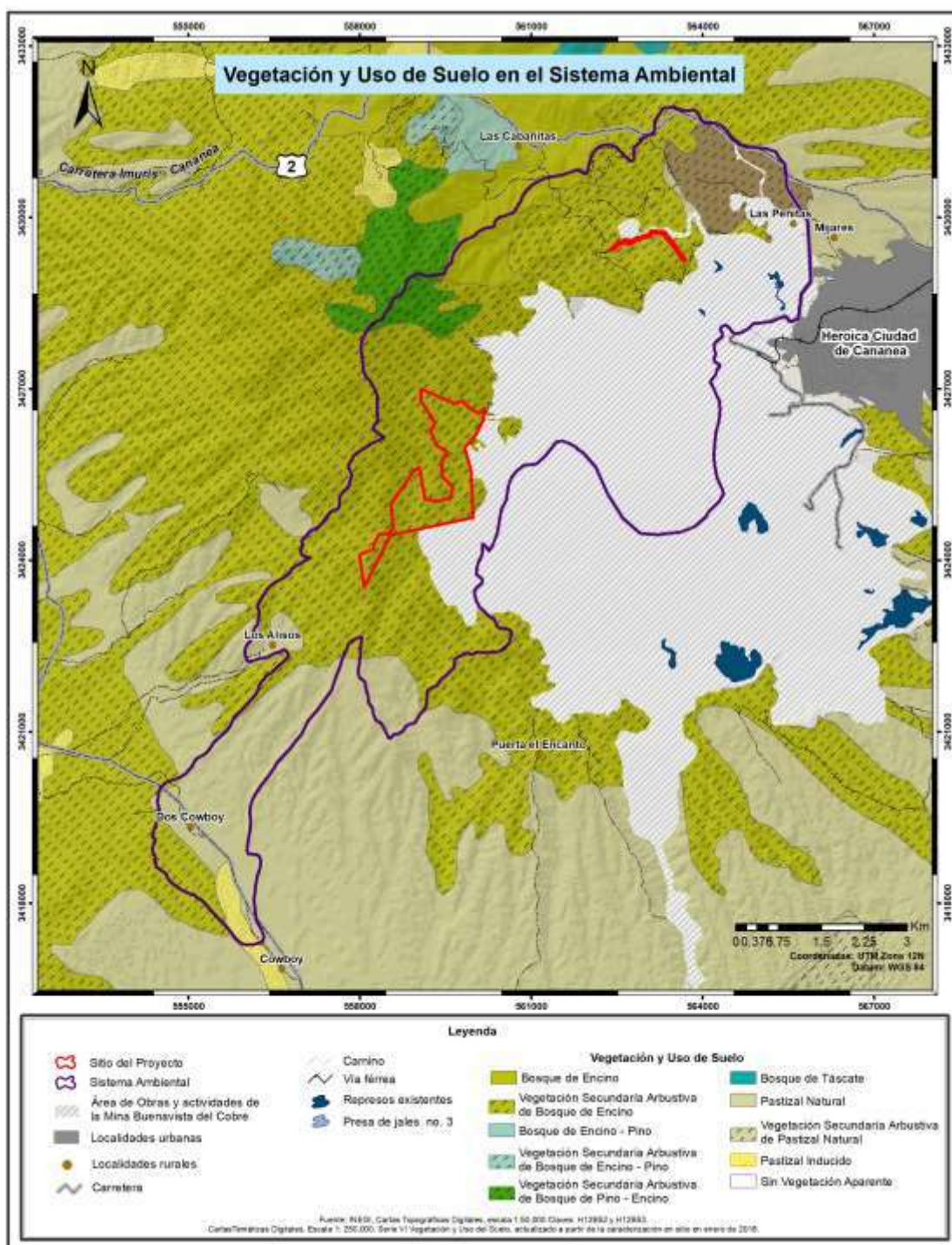


Figura 5.7. Vegetación y uso de suelo en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.

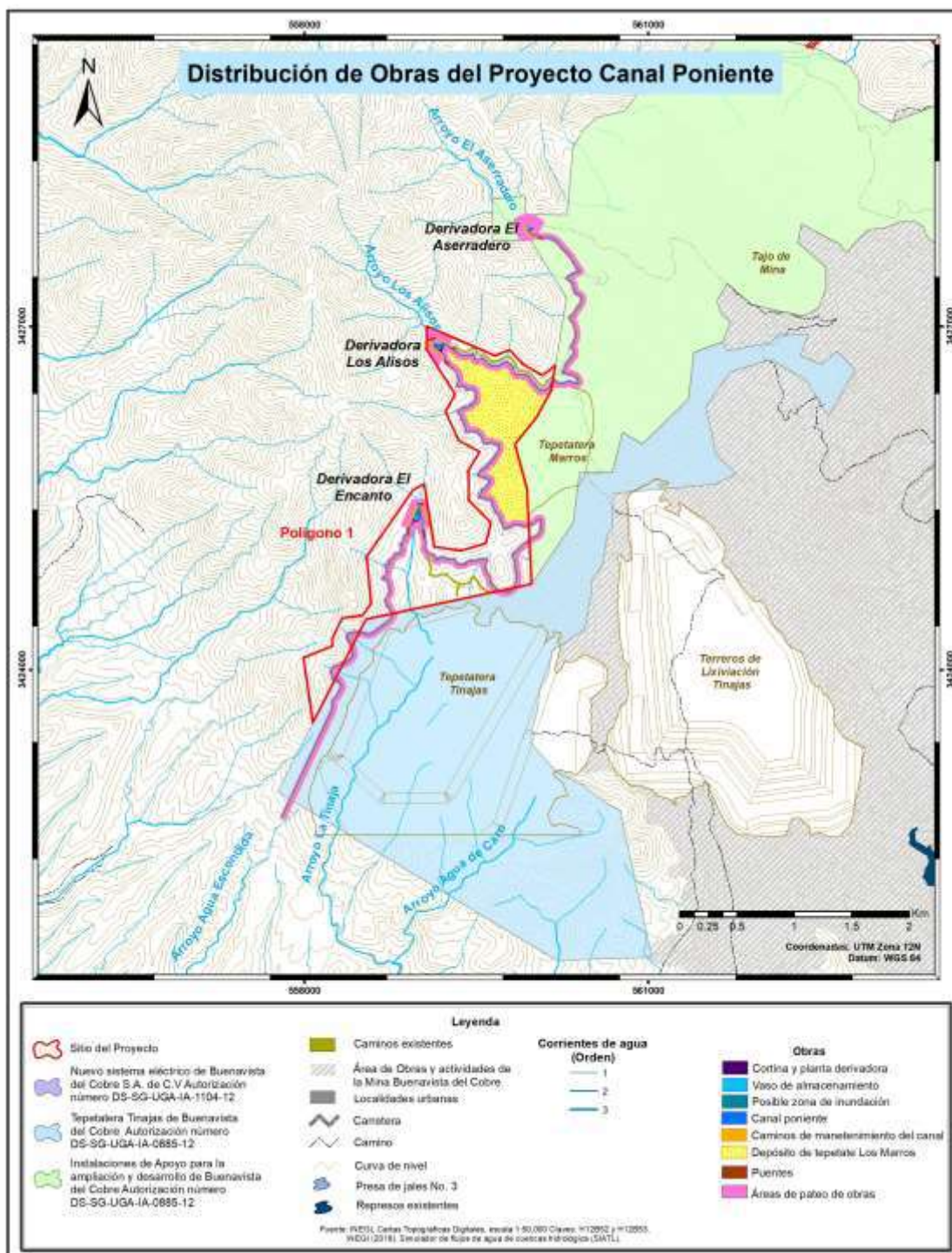


Figura 5.8. Obras del Proyecto que se consideran son una medida de prevención para la protección del factor agua en el sistema ambiental del Proyecto.

Con base en los resultados anteriormente expuestos, se tiene que las etapas de construcción y preparación del sitio son las que presentan un mayor número de impactos adversos, dentro de las categorías de significancia Baja y Moderada. Se tienen que ocurrirán 10 impactos adversos con una significancia Baja y ocurrirán sobre los factores atmosfera, suelo, vegetación, fauna y procesos del medio abiótico y biótico; los impactos con significancia Moderada serán 4 y ocurrirán sobre los factores suelo, agua y paisaje; por lo que estos resultados son concordantes con el giro y naturaleza del Proyecto, por actividades como remoción de vegetación (desmonte y despalde), excavaciones y nivelaciones, cortes y compactación, tránsito de maquinaria entre otros, que generan impactos al paisaje, donde criterios como la magnitud, extensión y duración del impacto son determinantes para su evaluación. En base a la evaluación de los impactos se deduce que las actividades del Proyecto causarán una alteración puntual en los factores ambientales del sitio pero éstas no comprometen la integridad y funcionalidad de los ecosistemas en el estado actual.

En lo que respecta a impactos benéficos, éstos se presentan en su mayoría durante la etapa de abandono del sitio sobre los factores suelo, agua y paisaje, donde se involucran actividades que tienen como objetivo la restauración y reforestación del sitio, mismas que buscan el restablecimiento del sitio del Proyecto a un largo plazo a las condiciones iniciales que presentaba antes de la perturbación.

A manera general, es destacable mencionar que todos los impactos identificados y evaluados para el desarrollo del Proyecto son prevenibles, mitigables o compensables, con la aplicación inmediata de las medidas establecidas en el Capítulo VI del presente estudio, propuestas en cada una de las etapas y como resultado de la evaluación realizada en el presente capítulo.

CONTENIDO

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	3
VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.....	3
VI.2. Medidas Generales.....	14
VI.3. Impactos residuales.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 6.1.	Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.	5
Cuadro 6.2.	Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.	15
Cuadro 6.3.	Impactos residuales detectados para el Proyecto y las posibles medidas de mitigación aplicables durante la etapa de abandono.	22

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

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

En este capítulo se describen las medidas preventivas y de mitigación, que se relacionan directamente con los impactos ambientales identificados y evaluados en el Capítulo V del presente estudio, y que tienen que ver con las diferentes etapas del Proyecto: [i] preparación del sitio; [ii] construcción; [iii] operación y mantenimiento; y [iv] post operativa.

De inicio, se considera que la implementación del proyecto denominado “**Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre**” (enseguida referido como el Proyecto), traerá como consecuencia una serie de impactos adversos sobre el ambiente. Ya que todo proyecto tiene impactos en mayor o menor grado, el propósito es establecer medidas preventivas en todos los casos que sea posible, así como medidas para mitigar, controlar, corregir y compensar todos aquellos impactos ambientales generados por la implementación del Proyecto. Las medidas de prevención o de mitigación, definidas por el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiente (LGEEPA), en su artículo 3, como:

...

XIII. *Medidas de prevención: el conjunto de acciones que deberá de ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente;*

XIV. *Medidas de mitigación: el conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se provoque por la implementación y ejecución de un proyecto en cualquiera de sus etapas;*

...

Una vez identificados los impactos ambientales que puede provocar el Proyecto, se proponen las medidas necesarias para que sean aplicables en cada etapa. Es importante señalar que las medidas propuestas, incluyen: [i] “*Medidas Preventivas*”, las más adecuadas para evitar impactos ambientales y las que se deberán de implementar principalmente antes de la ejecución del Proyecto; [ii] “*Medidas de Mitigación*”, que pueden disminuir impactos ambientales negativos ocasionados por la implementación del Proyecto; y [iii] “*Medidas de Compensación*”, que promueven la restauración, restitución, reparación, sustitución, y reemplazo de los impactos.

Para llevar a cabo la identificación objetiva y viable de las medidas que se ejecutarán durante el Proyecto, se toma primero en cuenta a las actividades por desarrollar en el Proyecto. Los impactos residuales identificados son escasos en número, aunque de importancia significativa por la naturaleza y características del Proyecto, ya que afectan a los componentes ambientales de suelo, topografía (relieve) y paisaje. Aunque a estos impactos residuales se les aplicarán medidas preventivas y de mitigación, permanecerán hasta el final de la implementación del Proyecto, ya que no serán totalmente eliminados. Más adelante se describirán estos impactos residuales.

En el **Cuadro 6.1**, se presenta el listado de las medidas preventivas y de mitigación que se proponen para el Proyecto con base a los impactos ambientales identificados que serían producidos por el desarrollo del Proyecto. En este Cuadro, se indica el impacto que se pretenden mitigar, la etapa a ejecutar, el tipo de medida, objetivo de la aplicación de la medida, su indicador y evidencia de cumplimiento de la aplicación.

Cabe mencionar que en el caso del indicador de desempeño cuando se señala una periodicidad de entrega, ésta es para requerimientos de cumplimiento y será evidencia que se integrará como parte de los informes anuales o semestrales que señale la autoridad deberán ser entregados como parte del cumplimiento de los resolutivos de Autorización.

Cuadro 6.1. Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.

Factor ambiental afectado	Impactos a los que van dirigidas las medidas					
Atmósfera	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión en vehículos, equipo y maquinaria					
	Incremento en la concentración de partículas suspendidas en el aire					
	Incremento de los niveles de ruido durante el día					
Medida	Descripción	Tipo	Etapas en que se instrumentará	Objetivo de la medida	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento
1	Aplicación de un Plan de Mantenimiento Preventivo de maquinaria y vehículos. Los vehículos y maquinaria utilizados para el Proyecto deberán contar con dicho programa, que incluirá verificación, cambio de aceite y neumáticos, actividades que serán realizadas fuera de las áreas de operación y/o en su caso en áreas acondicionadas para su desempeño.	MP y MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Reducir las emisiones de gases de combustión por el uso de Maquinaria y Vehículos, así como no sobrepasar los límites establecidos en las normas y Evitar que la calidad del aire dentro del sitio del Proyecto y sus inmediaciones sufra deterioro.	PMP=100% ; donde PMP se refiere a la ejecución del programa de mantenimiento preventivo programado.	Documentación de la ejecución del programa de mantenimiento preventivo de todos los equipos y vehículos empleados en el proyecto (bitácoras, registros y fotografías).
2	Realizar y ejecutar un programa de trabajo para el monitoreo de emisiones a la atmósfera en el complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre, S.A. de C.V.	MP y MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Realizar el total de monitoreos necesarios para dar cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas, en materia de atmósfera, considerando el cumplimiento con la periodicidad y los métodos establecidos para la toma de muestras, trabajos en laboratorio y registro de información. Evaluar la eficiencia de los sistemas de control de emisiones que el complejo implementa para que sean la base de la toma de decisiones operativas que se traduzcan en la prevención y control de las emisiones dentro de	RA/LMP < ó = 1; Dónde RA se refiere a los Resultados de los parámetros monitoreados de manera anual y LMP se refiere a los límites Máximos Permisibles Norma NOM-085-SEMARNAT-2011. RA/LMP < ó = 1; Donde RA se refiere a los resultados de los parámetros monitoreados de manera anual y LMP se refiere a los límites Máximos Permisibles Norma NOM-043-SEMARNAT-1993. RA/LMP < ó = 1; Donde RA se refiere a los resultados de los parámetros monitoreados de manera anual y LMP se refiere a los límites Máximos Permisibles Norma NOM-081-SEMARNAT-1994.	Documentación de la ejecución del programa de monitoreo de emisiones a la atmósfera (bitácoras, registros, informes y fotografías).

Cuadro 6.1. Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.

				sus procesos operativos y áreas de servicio y como consecuencia resulte en un cumplimiento normativo.	RPST/LMP < ó =1; Donde RPST, se refiere a los resultados del monitoreo de partículas suspendidas totales y LMP se refiere a los límites Máximos Permisibles Norma NOM-025-SSA1-1993.	
3	Establecer un programa de riego (agua o supresor de polvos) en las áreas de tránsito de equipos y vehículos dentro del sitio del Proyecto.	MP y MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	La medida tiene por objetivo prevenir el deterioro de la calidad del aire, durante las diferentes actividades del Proyecto, por la generación de polvo o partículas.	$(m^2R)/(fR)/(m^2P)/(fP)=1$; donde: m²R se refiere a los metros cuadrados reales de riego; fR se refiere a la frecuencia real; m²P se refiere a los metros cuadrados programados para riego; fP se refiere a la frecuencia real de riego. Cuando el indicador sea menor o mayor a 1 se deberá justificar la causa.	Bitácoras de riego; Evidencia fotográfica de riego de caminos.
4	Establecer límites de velocidad máximos para los vehículos que circulen por el sitio del Proyecto y la instalación de letreros que indiquen los límites de velocidad para el tránsito en los caminos.	MP	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Reducir al mínimo la generación de partículas suspendidas y reducir el riesgo de atropellamiento de fauna terrestre que cruce por los caminos.	LLV=100%; donde LLV se refiere a los Letreros de Límite de Velocidad, que deben estar instalados en su totalidad respecto a lo programado; cero cadáveres de especies de fauna.	Evidencias fotográficas de instalación de letreros para establecer velocidad máxima.
5	Los vehículos que transporten algún material (suelo vegetal o materiales de construcción), deberán cargar sus unidades sin exceder la altura de la caja para evitar la dispersión de polvo o partículas. En su caso, humedecer un poco el material durante su carga.	MP	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Reducir las emisiones de polvos y permanecer por debajo del límite máximo permisible que establece la NOM-025-SSA1-1993.	Los límites máximos permisibles: RM < 210 µg/m ³ promedio de 24 horas de polvos suspendidos totales; RM < 120 µg/m ³ promedio de 24 horas de PM10.	Registro de monitoreo de polvos.

Cuadro 6.1. Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.

6	La maquinaria y equipo será usada en horario diurno, evitando la emisión de ruido en horario nocturno en cumplimiento de la norma NOM-080-SEMARNAT-1994. Establecer jornadas de trabajo en horario diurno y nocturno conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994.	MP y MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Mantener los niveles de ruido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994. Evitar daños a la salud en los operarios por la exposición al ruido producido por la maquinaria y vehículos.	MR≤68DB de 6:00 a 22:00 horas; MR≤66DB de 22:00 a 6:00 horas , donde MR se refiere a la Medición realizada .	Reglamento interno con horarios de trabajo establecidos.
Factor ambiental afectado	Impactos a los que van dirigidas las medidas					
Suelo	Modificación en la compactación y la permeabilidad del suelo					
	Incremento de los procesos erosivos					
	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de grasas, lubricantes y otros líquidos					
Medida	Descripción	Tipo	Etapas en que se instrumentará	Objetivo de la medida	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento
1	Delimitación del sitio del Proyecto, exclusivamente al sitio del proyecto y a los polígonos forestales, por lo que se deberán restringir las actividades a las superficies contempladas por el Proyecto sin afectar superficies adicionales, ni cauces naturales.	MP	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	La medida tiene por objeto mantener las zonas aledañas al proyecto, libres de un CUSTF no autorizado, así como de cualquier impacto provocado por las diferentes etapas del proyecto.	SAI/SACUS=0; donde: SAI se refiere a la superficie aledaña al proyecto impactada; SACUS se refiere a la Superficie autorizada para cambio de uso de suelo.	Bitácora campo; evidencia fotográfica de la delimitación física del proyecto; levantamiento topográfico de los avances del proyecto; matriz de identificación de hallazgos en recorrido de verificación ambiental.
2	Implementar las técnicas apropiadas para asegurar una estabilidad adecuada (realizar la sección tipo de corte con bermas o banquetas).	MP y MM	Construcción	La medida tiene como objetivo asegurar la estabilidad de la obra o actividad, asegurando la no afectación de las geoformas y del paisaje.	FS ≥1 ; donde FS es el factor de seguridad.	Evidencia documental de las mediciones como medida de monitoreo de estos parámetros

Cuadro 6.1. Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.

3	Asegurar la estabilidad de taludes en canal, caminos y tepetatera conforme a las características geotécnicas.		Preparación del sitio y Construcción			
4	Asegurar la estabilidad de obras construidas a partir del relleno con material tipo tepetate o material de corte y excavación en camino.					
5	Estabilizar los taludes en áreas de corte durante la construcción y ampliación del camino y del canal, así como en los taludes de la tepetatera.					
6	Realizar y ejecutar programa de trabajo en el que se especifican las acciones a implementar y ejecutar con el fin de reducir la degradación de los suelos forestales.	MM y MC	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Establecer como medida de compensación técnicas prácticas que ayuden en su caso a disminuir, detener y/o prevenir la degradación del suelo, disminuir la velocidad de las escorrentías y aumentar la infiltración de agua; Realizar un diagnóstico objetivo y descriptivo de los grados o índices de alteración mediante el Método Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) en las microcuencas de los sitios que resulten seleccionados para la construcción obras de conservación de suelos; Estimar el volumen de captación de azolves para cada obra implementada (m3).	CSC/CSE=1; donde CSC se refiere a la cantidad de suelo captado mediante obras implementadas, CSE se refiere a la cantidad de suelo estimado captar con las obras implementadas.	Bitácora de campo del seguimiento a los programas de conservación a la biodiversidad; Informe avalado por el técnico forestal que se asigne al proyecto del seguimiento a los programas propuestos; Informe avalado por el técnico forestal que se asigne al proyecto del seguimiento a los programas propuestos; Evidencia fotográfica, video gráfica y documental de las actividades de seguimiento de dicho programa; Matriz de identificación de no conformidades en recorridos de verificación; formato FMA-BVC-GN-13; Lista de verificación de obras de captación de suelo; formato FMA-BVC-RN-02.

Cuadro 6.1. Medidas de mitigación propuestas para proteger los factores ambientales de cada impacto adverso generado por las actividades de cada etapa del Proyecto.

7	Estabilización de taludes y reincorporación del material de desmonte y despalle para promover la revegetación.	MP	Preparación del sitio y Construcción	Evitar procesos erosivos asociados a los cortes y excavaciones realizadas, promover la revegetación para impedir la erosión hídrica y eólica.	OET/ENTNE= 1; donde OET se refiere al número de obras de estabilización de taludes y de cortes, ENTNE se refiere al número de taludes no estables.	Planos y detalles técnicos de las obras ejecutadas para el Proyecto.
8	Se construirán obras civiles para, desvío y reincorporación de los escurrimientos a cauces naturales, con capacidad suficiente a la del escurrimiento al que le dan paso, como son obras de drenaje de losa y tubo entre otros; así como obras para evitar o mitigar la erosión del suelo.	MP MC		Evitar el proceso erosivo hídrico asociado al incremento de escorrentías por modificación del drenaje superficial del agua de lluvia.	OCD/ENA= 1; donde OCD se refiere al número de obras de conducción o desvío, ENA se refiere al número de escorrentías naturales afectadas.	Bitácoras y evidencias fotográficas de construcción de las obras.
9	Actividades para promover la revegetación y realizar la reforestación en el sitio del Proyecto al término de su vida útil en las áreas donde sea posible realizarlo.	MC	Abandono del sitio	Evitar procesos erosivos debido a los cortes y excavaciones realizadas, promover la revegetación para impedir la erosión hídrica y eólica. Para la tepetatera se cumplirá con los criterios de la NOM-157-SEMARNAT-2009	SSPREF/SSP= 1; donde SSPREF se refiere a la Superficie en hectáreas del Sitio del Proyecto restaurada y reforestada al término de vida del Proyecto; SSP se refiere a la superficie del sitio del proyecto en hectáreas.	Informe del Programa de Restauración del Sitio. Bitácoras de cumplimiento de las actividades del programa de cierre de acuerdo a los criterios de la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Factor ambiental afectado	Impactos a los que van dirigidas las medidas					
Agua	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo					
	Alteración de la calidad del agua por derrames accidentales de grasas, lubricantes y otros líquidos					
	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales					
Medida	Descripción	Tipo	Etapas en que se instrumentará	Objetivo de la medida	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento
1	Implementar un programa de trabajo para la captura de agua y su reincorporación de los escurrimientos a cauces naturales, que incluye la construcción de obras civiles para la captación de agua pluvial.	MM y MC	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Evitar la afectación y obstrucción de las corrientes superficiales presentes en el sitio del Proyecto, a través de la compensación de agua captada, permitiendo de esta manera no disminuir la cantidad de agua superficial que se integra al medio en los escurrimientos naturales (incluidos los intermitentes).	$VCACM/VPAC = 1$; donde VCACM se refiere al volumen anual de captación de agua por obras de mitigación y compensación; VPAC = volumen de pérdida de agua captada por el desarrollo del Proyecto.	Disño de obras de captación de agua para compensación; Planos topográficos y constructivos de obras.
2	Implementar obras para la captación, desvío y reincorporación de los escurrimientos a cauces naturales.			No disminuir la cantidad de agua superficial que se integra al medio en los escurrimientos naturales (incluidos los intermitentes).		Evidencia fotográfica de la construcción de las obras para desvío.
3	Se realizará el mantenimiento preventivo y correctivo a las obras de drenaje instaladas, con la finalidad de evitar deterioro y azolve en los mismos.	MP y MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	No disminuir la cantidad de agua superficial que se integra al medio en los escurrimientos naturales (incluidos los intermitentes).	AZOD = 0; donde AZOD se refiere al Azolve de obras de drenaje instaladas.	Bitácora de mantenimiento a las obras de drenaje y evidencia fotográfica de la ejecución de las actividades.
4	Reforestación al término de su vida útil.	MC	Abandono	Recuperación de la superficie con vegetación natural para aumentar la captación de agua.	Superficie restaurada.	Informe del Programa de Restauración y Reforestación del Sitio.
5	El mantenimiento correctivo de la maquinaria <i>in situ</i> se prevé que se realice con los cuidados y técnicas especializadas para no generar impactos al suelo por contaminación de aceites y/o grasas y por consiguiente al agua superficial.	MP	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento, y Abandono del Sitio	Evitar la contaminación del suelo y del agua superficial con productos contaminantes provenientes de los vehículos, equipos o maquinaria.	CSC = 0, donde CSC se refiere a cantidad en kg de suelo contaminado; CAC = 0, donde CAC se refiere a cantidad en m³ de agua contaminada.	Manifiestos de entrega, manejo y disposición de residuos.

Factor ambiental afectado	Impactos a los que van dirigidas las medidas					
Vegetación	Reducción de la superficie forestal					
	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que son de importancia biológica regional					
Fauna	Disminución del hábitat de especies de fauna					
	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento					
	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna					
Medida	Descripción	Tipo	Etapas en que se instrumentará	Objetivo de la medida	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento
1	Previo a las actividades de desmonte y despálme, realizar y ejecutar un programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre , identificando también especies arbóreas de especies de interés biológico (NO se encontraron especies de NOM-059-SEMARNAT-2010) susceptibles de trasplante, y aquellas con algún tipo de importancia económica y/o valor regional. Se realizará el monitoreo de los individuos reubicados por cinco años posteriores a su reubicación.	MP MM MC	Preparación del Sitio.	Rescatar los individuos de especies florísticas presentes en el área del proyecto, considerando a las especies de interés biológico y/o aquellas de difícil regeneración y lento crecimiento, en el ámbito local o regional, tendientes a la conservación, desarrollo y evolución de las especies.	SR/SA₁ ; donde SR es la superficie donde se realizó ya actividad de rescate de flora; SA es la superficie autorizada por CUSTF. La superficie susceptible de rescate, desmonte y despálme dependerá de topografía y presencia de suelo. ERe/ERs=1 ; donde ERe se refiere a los ejemplares reubicados; ERs se refiere a la cantidad total de ejemplares rescatados.	Bitácora de campo y electrónica del seguimiento a las actividades de rescate y reubicación de flora silvestre. Planos de avance de actividades de rescate y reubicación.
				Compensar la pérdida de flora silvestre más representativa dentro de la superficie ocupada por el proyecto donde no ha sido posible su rescate, realizando un programa de reproducción y resiembra que sea cuantificable.	ERL/ER_{20.95} ; donde ERL es el número de ejemplares reubicados y liberados sanos; ER se refiere al número total de ejemplares rescatados, medible esta relación periódicamente a partir del primer informe.	Informe del programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.
					SAI/SACUS=0 ; donde SAI se refiere a la superficie aledaña al proyecto impactada; SACUS se refiere a la superficie autorizada para cambio de uso de suelo.	Planos topográficos de áreas seleccionadas para las actividades de compensación.
2	Realizar y ejecutar un programa de compensación, donde se involucren las especies más representativas de la zona impactada.	MC		Evitar la afectación a la vegetación aledaña y a la fauna presente del SP y áreas aledañas al mismo.	ES/EC_{20.90} ; donde ES son ejemplares sembrados y liberados; EC es total de ejemplares por compensar cuantificando en las áreas donde no ha sido posible el manejo de especies maderables. I = 0 ; donde I se refiere a los incidentes presentados en las inmediaciones (incendios, tala y deforestación clandestina, tiradero de residuos, etc.)	Inventarios florísticos de las zonas para el respeto de densidades y especies. Levantamiento topográfico de los avances del proyecto. Matriz de identificación de hallazgo en recorrido de verificación ambiental.

3	Realizar y ejecutar un programa de conservación de suelos para el Proyecto, donde se incluya el manejo del suelo fértil y especies maderables y el programa de trabajo para la extracción, almacenamiento y utilización del suelo, en actividades de restauración del Proyecto o en otros sitios.	MP MM MC	Preparación del sitio y Abandono del Sitio.	El programa tiene como objetivo recuperar el suelo fértil (capa orgánica) durante el despalme y el enriquecimiento del mismo con el material producto del desmonte, para que este sea utilizado en espacios abiertos susceptibles a fenómenos de erosión, también se pretenden mantener las características del ecosistema para su conservación y restablecimiento una vez iniciado el Proyecto.	CSC/CSE=1 ; donde CSC se refiere a la cantidad de suelo captado mediante obras implementadas, CSE se refiere a la cantidad de suelo estimado captar con las obras implementadas.	Memoria de cálculo para la estimación de captación de suelo de acuerdo a las obras planeadas.
			Preparación del sitio, Construcción y Abandono del Sitio.	Recuperación y manejo de las especies maderables en las áreas autorizadas por CUSTF, donde sea posible su recuperación.	EME/EMI ≤ 1 ; donde EME se refiere a los m ³ de especies maderables extraídas, EMI se refiere a los m ³ de especies maderables inventariadas en el ETJ para este fin. CSR/CSE ≤ 1 ; donde CSR se refiere a la cantidad de suelo extraído, CSE se refiere a la cantidad de suelo estimado de acuerdo a los perfiles que se observaron, en caso que este indicador sea menor a 1 se debe justificar técnicamente la causa.	Papeletas de acarreo de material maderable y de suelo extraído. Plano topográfico de avance de actividad de extracción de especies maderables. Memoria fotográfica y/o videografía. Matriz de identificación de hallazgos en recorrido de verificación ambiental.
4	Previo a las actividades de desmonte y despalme, realizar y ejecutar un programa de ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre; el desmonte y despalme se deberá de realizar de manera direccionada, esto con el objetivo de permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas, el rescate y reubicación de individuos de fauna silvestre, se llevará a cabo bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características. Además, se permitirá el desplazamiento y libre tránsito de los individuos encontrados, hacia las áreas aledañas al sitio del Proyecto.	MP	Preparación del sitio, Construcción y Abandono del Sitio.	Es una medida de carácter monovalente cuyo objetivo es ahuyentar y/o reubicar mediante técnicas prácticas las especies de fauna que se presenten en el área del proyecto, consideradas o no bajo algún estatus de protección con base a los listados de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.	NOF/SACUS=0; donde NOF se refiere al número de observaciones de presencia de fauna en el polígono (incluye excretas, huellas, capturas dentro del polígono, etc.). Esto aplica en la superficie ya impactada, debido a los trabajos de manera paulatina que se realizarán.	Bitácora del rescate de especies. Evidencia de las cámaras trampa que se empleen para el monitoreo del ahuyentamiento, dichos documentos avalados por el técnico forestal que se asigne al proyecto. Matriz de identificación de hallazgos en recorrido de verificación ambiental. Informe del programa de ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre.

5	Colocar disuasores de vuelo en las líneas de transmisión para evitar colisiones y dispositivos antipercha en las torres de soporte de las líneas de transmisión.	MP y MM	Preparación del sitio y Construcción	Correctora, el objetivo es conseguir una mejor integración ambiental.	Cero individuos de fauna afectados	Informe de ejecución; Bitácoras de identificación, ahuyentamiento, rescate, y reubicación de fauna; Registro fotográfico. Informe de Cumplimiento de Términos y Condicionantes.
6	Las obras de drenaje que serán construidas en los cruces de caminos, servirán también como pasos para la fauna terrestre.	MM	Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento	Curativa, se construyen para recuperar las rutas de los animales en el sitio.	NOF/PF=1; donde NOF se refiere al número de observaciones de presencia de fauna (incluye excretas, huellas, capturas dentro del polígono, etc.), y PF se refiere al paso de fauna donde se realizó el registro.	Diseño y construcción de las obras de drenaje superficial, los cuales podrán ser utilizados como pasos de fauna y evidencia fotográfica de la construcción de los mismos.
Factor ambiental afectado	Impactos a los que van dirigidas las medidas					
Paisaje	Reducción de la calidad paisajística					
Medida	Descripción	Tipo	Etapas en que se instrumentará	Objetivo de la medida	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento
1	Implementar un programa de abandono con actividades de revegetación y reforestación con especies nativas (retiro de todo tipo de residuos generados durante el Proyecto) y descompactación de suelo.	MC	Abandono del sitio	Reincorporar la superficie del proyecto a su entorno, regresando las aportaciones ambientales que el sitio tenía al ecosistema.	ES/EE $\geq$ 0.90 donde ES se refiere a las especies sembradas y liberadas; EE a las especies existentes antes de la construcción del proyecto de acuerdo al inventario forestal. SL/STI=1; donde SL se refiere a la superficie liberada por concluirse las actividades de restauración; STI se refiere a la superficie total impactada por el proyecto.	Documentación de las actividades de restauración que se apliquen, dichos documentos avalados por el técnico forestal que se asigne al proyecto, donde se incluyen bitácoras de campo, memoria fotográfica, etc. Informe del Programa de Restauración y Reforestación del Sitio.

VI.2. Medidas Generales

Estas medidas se originan por la necesidad de evitar impactos supervinientes o no considerados mediante la evaluación del impacto ambiental, **con el único objetivo de incidir en la mínima medida sobre la calidad ambiental del SA.**

En el siguiente **Cuadro 6.2** se presenta y caracteriza cada una de las medidas mediante los descriptores que se detallaron al inicio de este capítulo, con el objetivo de facilitar su seguimiento en el Programa de Manejo Ambiental (PMA).

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

Medida general 1: Diseñar e implementar un programa de Gestión Ambiental.					
Objetivo de la medida	Optimizar los procesos de protección al ambiente y dar a conocer a todos los involucrados en el proyecto por mínima que sea su aportación, cada uno de los lineamientos ambientales que se deben de seguir en todas las etapas del proyecto.				
Etapas en que se aplicará:	Todas las etapas (operación, mantenimiento, cierre y abandono) y aplica a todas las actividades de operación, mantenimiento, servicios y administrativas llevadas a cabo en el sitio del Proyecto, incluyendo empresas contratistas y proveedores.				
Factores ambientales que protege:	Atmósfera, suelo, agua, flora y fauna silvestre, paisaje.				
Incluye:	Política ambiental de la empresa, la planeación (aspectos ambientales, objetivos, metas y programas), implementación y operación (recursos, funciones, capacitación, comunicación, preparación y respuesta ante emergencias), los procedimientos para la verificación (seguimiento y medición, evaluación de conformidad, acciones correctivas y preventivas, control de registros).				
Tipo de acuerdo al número de impactos a que se dirige	Descripción	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento	Tipo de medida	Carácter
Polivalente	Implementar un programa de concientización ambiental, el cual involucre la capacitación a los actores involucrados de todos los temas de importancia tales como el conocer los propios procedimientos o estándares ambientales con que ya se cuentan para asegurar el desempeño ambiental, dando a conocer las restricciones y precauciones que se deben de tener a lo largo del proyecto y en sus diferentes etapas. Realizar cursos de inducción ambiental, en los que se dé a conocer el reglamento ambiental del Proyecto, y se enfatice la prohibición de colecta, comercialización y tráfico de individuos de flora silvestre que se encuentren en el área del Proyecto y en las áreas adyacentes al mismo, así como la caza, captura, comercialización y tráfico de individuos de fauna silvestre.	DRVA=0; donde DRVA se refiere a desviaciones, hallazgos o áreas de oportunidad detectadas en los recorridos de verificación ambiental.	Calendarios de la programación de pláticas informativas y cursos.	Protectora, Preventiva (P) y correctora	Es una medida obligatoria cuyo fin es prevenir impactos corregibles y ambientalmente inadmisibles.
		HCR/HCP≥1; donde HCR se refiere a horas de capacitación registradas; HCP se refiere a horas de capacitación programadas.	Registro de asistencia del personal a los cursos y pláticas calendarizadas; Registro de verificaciones en campo, donde se visualizará la aplicación del programa de concientización ambiental.		

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

Medida general 2:	Realizar un Programa de Vigilancia Ambiental				
Objetivo de la medida	Asegurar el cumplimiento y seguimiento de cada una de las medidas propuestas para la ejecución del Proyecto.				
Etapas en que se aplicará:	Todas las etapas				
Factores ambientales que protege:	Atmósfera, suelo, agua, flora y fauna silvestre, paisaje.				
Incluye:	Una política ambiental que proporciona un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos ambientales, que incluye un compromiso para la protección del medio ambiente, cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos, además de la mejora continua y promoviendo una cultura ambiental. Es aplicable a todas las actividades y servicios, que pueden ser controladas por el personal que opera en el sitio del Proyecto.				
Tipo de acuerdo al número de impactos a que se dirige	Descripción	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento	Tipo de medida	Carácter
Polivalente	Implementar un programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental. Contar con la supervisión de personal técnico preparado y capacitado ambientalmente, para que supervise la implementación de todas las medidas propuestas para el buen desempeño ambiental del proyecto.	SPVA=100%; donde SPVA se refiere a seguimiento al programa de vigilancia y monitoreo ambiental.	Evidencia documental y de campo de la supervisión, para lo cual se implementarán formatos de registro que ya el complejo minero tiene tales como: Matriz de entrega y recepción de evidencias de cumplimiento al Programa de Vigilancia y Monitoreo Ambiental. Informe del PVA. Informe de hallazgos. Reportes de seguridad.	Protectora o Preventiva (P), correctora y de mitigación (M)	Es una medida obligatoria cuyo fin es prevenir impactos corregibles y ambientalmente inadmisibles.
Medida general 3:	Implementar un Programa de Manejo Integral de Residuos				
Objetivo de la medida	Garantizar la protección de todos los factores ambientales que pueden llegar a ser afectados por los residuos generados durante todas las etapas del Proyecto.				
Etapas en que se aplicará:	Todas las etapas.				
Factores ambientales que protege:	Atmósfera, suelo, agua, flora y fauna silvestre, paisaje.				
Incluye:	Plan de manejo de residuos mineros (metalúrgicos), plan de manejo de residuos peligrosos, plan de manejo de residuos de manejo especial.				

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

Tipo de acuerdo al número de impactos a que se dirige	Descripción	Indicador de desempeño	Evidencia de cumplimiento	Tipo de medida	Carácter
Polivalente	Implementar infraestructura apropiada para la captura y almacenamiento de las aguas residuales, por la instalación de sanitarios portátiles en el SP en relación al número de trabajadores.	FT/LI/FTL ; donde FT se refiere a fuerza de trabajo; LI se refiere a letrinas instaladas en campo; FTL se refiere a la cantidad de sanitarios portátiles letrinas por trabajadores o fuerza de trabajo, dependiendo la naturaleza del proyecto.	Contrato de sanitarios portátiles y señalizaciones; Bitácora de mantenimiento de sanitarios portátiles; Registro fotográfico.	Protectora o Preventiva (P), correctora y de mitigación (M)	Es una medida obligatoria cuyo fin es prevenir impactos corregibles y ambientalmente inadmisibles.
	Prohibir la defecación al aire libre	CSR/CSP=1 ; donde CSR se refiere a la cantidad de servicios realizados, CSP se refiere a la cantidad de servicios programados de acuerdo a la propia naturaleza del proyecto.			
	Contratar a una empresa especializada y autorizada para el manejo (acciones periódicas de limpieza y recolección), transporte y disposición final de aguas residuales, y en su caso, de la remediación de los impactos que se generen, por los sanitarios.				
	Implementación de los Estándares de Medio Ambiente con que ya cuenta el complejo minero, y donde se incluyen los siguientes: Estándar para el manejo de Residuos Peligrosos; Estándar para el Manejo de Residuos Sólidos Urbanos; Estándar para el Manejo de Residuos de Manejo Especial.	ASO/ASE ≥ 1 , donde ASO se refiere a número de áreas de segregación operando, ASE se refiere a número de áreas de segregación estimadas operar, dicho se modificará conforme avance la fuerza de trabajo. CSC = 0 , donde CSC se refiere a cantidad en kg de suelo contaminado; CAC = 0 , donde CAC se refiere a cantidad en m ³ de agua contaminada.	Bitácoras de generación y recepción en los centros de acopio de cada residuo. Manifiestos de entrega, manejo y disposición de residuos.		

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

	Ejecución del Plan Integral de Manejo de Residuos (peligrosos, manejo especial y sólidos urbanos), el cual incluye actividades de prevención en la generación, manejo, almacenamiento, transporte y disposición final, así como alternativas de manejo como reciclaje, aprovechamiento y valorización en los términos de la LGPGIR y demás normatividad aplicable en la materia.	$\frac{RPLBG - RPG}{RPLBG} \leq 0.10$ Donde: RPLBG se refiere a la cantidad de generación registrada como línea base; RPG se refiere a los residuos peligrosos generados en el periodo y/o año en curso y 0.10 se refiere a que del total de residuos generados que se debe de reducir la generación en un 10% como mínimo. $\frac{RPV}{RPG} \geq 0.80$ Donde: RPV se refiere a la cantidad de residuos peligrosos valorizados; RPG se refiere al total de residuos peligrosos generados y el 0.80 se refiere a que el total de residuos peligrosos generados que se deben de valorizar en un 80% como mínimo.	Evidencias documentales del manejo de registros por los generadores en sus tres modalidades. Informe Bimestrales sobre el manejo de los residuos una vez que salen del complejo, soportado con la evidencia necesaria (Manifiestos, Facturas, etc).		

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

		$\frac{RPG - RPP,D - RPV}{RPG} \leq 0.10$ Donde: RPG se refiere al total de residuos peligrosos generados; RPP,D se refiere al total de residuos peligrosos que se previno o disminuyo su generación; RPV se refiere a los residuos peligrosos valorizados y el 0.10 se refiere a que el total de residuos peligrosos generados que su disposición final debe ser un 10% como mínimo. $\frac{RSUV}{RSUG} \geq 0.20$ Donde RSUV se refiere a los kg de residuos sólidos urbanos valorizados, RSUG se refiere a la cantidad total de residuos sólidos urbanos generados; 0.20 se refiere que del total de residuos sólidos urbanos generados se tiene como objetivo valorizar el 20%.			

Cuadro 6.2. Medidas Generales para evitar impactos adversos por las actividades del Proyecto.

		$\frac{RMEV}{RMEG} \geq 0.75$ Donde RMEV se refiere a los kilogramos de residuos de manejo especial valorizados; RMEG se refiere a la cantidad total de residuos de manejo especial generados; 0.75 se refiere que del total de residuos de manejo especial, de acuerdo a los planes de manejo se tiene que valorizar mínimo el 75%.			
		HR = 0 ; dónde HR se refiere a hallazgos registrados sobre el mal manejo de residuos dentro de la verificación ambiental del proyecto.			
	El manejo de los materiales peligrosos se realizará acorde a las Normas Oficiales mexicanas aplicables tanto en su almacenamiento, identificación, transporte y manipulación.	CSC = 0 , dónde CSC se refiere a cantidad en kg de suelo contaminado;	Inventario de materiales peligrosos.		
		CAC = 0 , dónde CAC se refiere a cantidad en m3 de agua contaminada.	Evidencia fotográfica del manejo de residuos peligrosos.		

VI.3. Impactos residuales

De acuerdo con SEMARNAT (2011), los impactos residuales se definen como aquellos impactos que persisten en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación incorporadas sistemáticamente en el Proyecto. Los que podrían persistir, serían aquellos impactos que carecen de medidas correctivas, los que sólo se mitigan de manera parcial o los que no alcanzan el umbral suficiente para poder aplicar alguna medida de compensación. Los impactos residuales, presentan sus efectos sobre el ambiente, dependiendo de las acciones que le dan origen. Por su parte, Estevan (1999) define a los impactos residuales, como aquellos que, pese a la aplicación de otras alternativas y medidas correctivas, no pueden ser eliminados en su totalidad, debido a limitaciones de tecnología, costos excesivos, o a incompatibilidad con los objetivos del Proyecto.

Cabe mencionar que cada impacto residual, presenta efectos sobre los elementos del ambiente, dependiendo en gran medida de las acciones que le dan origen. El proceso de selección de los impactos residuales ha considerado las interacciones adversas que al aplicar una medida de mitigación, su impacto residual recae en la categoría de significativo o medianamente significativo, descartando aquellas interacciones en las cuales el impacto residual se convierte en irrelevante.

Para el Proyecto, considerando la superficie impactada, tipos de impactos, y características particulares, se considera que el **impacto residual** que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación y de acuerdo a la identificación y cuantificación de los impactos generados por el Proyecto, se determina que el único impacto residual es la **modificación de la estructura del suelo en el sitio** y en consecuencia la modificación a la **calidad del paisaje**, que aun cuando se apliquen las medidas necesarias este tardará en formar parte del entorno natural (ver **Cuadro 6.3**).

Cuadro 6.3. Impactos residuales detectados para el Proyecto y las posibles medidas de mitigación aplicables durante la etapa de abandono.

Componente ambiental	Impacto Ambiental	Efecto Residual	Medida de Compensación	Objetivo
Suelo	Modificación de su compactación y alteración de la permeabilidad.	Cambio en la estructura del suelo, pérdida de la función de captación de agua pluvial.	Utilización del suelo. Almacenamiento para posibles usos futuros (actividades de reforestación). Realizar obras para evitar o mitigar la erosión del suelo. Reforestación de superficies abiertas con vegetación de la región. Ejecución de un Programa de Recuperación y Restauración.	Promover la restauración y conservación del sitio, sin embargo algunas de las propiedades dinámicas como la porosidad, la cantidad de materia orgánica y el grado de agregación de las partículas se verán afectadas y deberá pasar un tiempo significativo para poder recobrarlas.
Paisaje	Impacto visual por el desmonte y despalle de la superficie forestal.	Afectación visual remoción de la vegetación.	Actividades Proyecto de Restitución General del Paisaje, con actividades de revegetación , acordes a las condiciones ecológicas imperantes de la zona y con especies nativas , establecidos en el Programa de Cierre que será elaborado para el Proyecto.	Reducir los efectos sobre la estética del paisaje. En este sentido el impacto residual sobre la estética del paisaje se extiende más allá de la vida útil del Proyecto, hasta el momento en que la reforestación se desarrolle para compensar el impacto.

CONTENIDO

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	5
VII.1. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO	5
VII.1.1. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.	30
VII.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	32
VII.2.1. OBJETIVO GENERAL	33
VII.2.2. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	35
VII.2.3. RUBROS DE INSPECCIÓN	35
VII.2.4. DÍAS DE INSPECCIÓN.....	35
VII.2.5. EJECUCIÓN DE LA INSPECCIÓN.....	35
VII.2.6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y COMPENSACIÓN COMPROMETIDAS EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	36
VII.2.7. EVIDENCIAS DE EJECUCIÓN, EVALUACIÓN Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	36
VII.3. CONCLUSIÓN.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 7.1. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO DEL PROYECTO “CANAL PONIENTE Y AMPLIACIÓN DE INSTALACIONES DE APOYO PARA EL DESARROLLO DE BUENAVISTA DEL COBRE” A UBICARSE EN EL MUNICIPIO DE CANANEA, SONORA.....	8
CUADRO 7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS QUE SERÁN GENERADOS POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	10
CUADRO 7.3. ETAPAS DEL PROYECTO EN QUE SE PRESENTARÁN LOS IMPACTOS ADVERSOS IDENTIFICADOS.....	11
CUADRO 7.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS ADVERSOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA (BJ=BAJA; MD=MODERADA; A=ALTA; MA= MUY ALTA).....	12
CUADRO 7.5. PROGRAMAS QUE SE REALIZARÁN COM PARTE DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	39

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 7.1.	GRÁFICA QUE MUESTRA LOS IMPACTOS BENÉFICOS Y ADVERSOS QUE SE TENDRÁN POR EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	7
FIGURA 7.2.	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL EN EL SITIO DEL PROYECTO Y SE OBSERVAN LAS OBRAS QUE SERÁN CONSTRUIDAS EN LOS ARROYOS INTERMITENTES PARA REINCORPORAR EL AGUA PLUVIAL A CAUCES NATURALES AGUAS ABAJO DEL COMPLEJO MINERO METARLÚRGICO.	16
FIGURA 7.3.	HIDROLOGÍA EN EL SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO.	17
FIGURA 7.4.	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL SISTEMA AMBIENTAL Y SITIO DEL PROYECTO, EN UNA PROYECCIÓN DE ESCENARIO FUTURO CERCANO, MEDIO Y LEJANO PARA LA TEMPERATURA PROMEDIO.	19
FIGURA 7.5.	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL SISTEMA AMBIENTAL Y SITIO DEL PROYECTO, EN UNA PROYECCIÓN DE ESCENARIO FUTURO CERCANO, MEDIO Y LEJANO PARA LA PRECIPITACIÓN.	20
FIGURA 7.6.	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA Y UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL SISTEMA AMBIENTAL Y SITIO DEL PROYECTO.	21
FIGURA 7.7.	VEGETACIÓN Y USO DE SUELO EN EL SISTEMA AMBIENTAL DONDE SE UBICA EL PROYECTO. SE OBSERVAN LAS PORCIONES NORTE Y ESTE CON MAYOR GRADO DE CONSERVACIÓN.	24
FIGURA 7.8.	PRONÓSTICO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS CORREDORES BIOLÓGICOS DE LA FAUNA POR LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN EL SISTEMA AMBIENTAL.	25
FIGURA 7.9.	PERFIL DE VEGETACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SITIO DEL PROYECTO QUE MUESTRAN LA INFLUENCIA DEL ESTRATO ARBÓREO EN LA VISIBILIDAD DEL PAISAJE.	26
FIGURA 7.10.	VISIBILIDAD QUE TENDRÁ LA POBLACIÓN DE CANANEA HACIA EL SITIO DONDE CRECERÁ LA TEPETATERA.	28
FIGURA 7.11.	VISTA HACIA EL NORTE DEL SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO Y DE UNA PARTE DEL MATERIAL LLAMADO TEPETATE QUE ES COLOCADO EN EL SITIO CONOCIDO COMO TEPETATERA.	29
FIGURA 7.12.	IMAGEN PANORÁMICA DEL SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO EN LA CUAL A DETALLE SE PUEDEN DISTINGUIR LAS TORRES DE UNA LTE.	30

FIGURA 7.13. MICROCUENCAS DE LAS CUALES CAPTARÁ EL AGUA PLUVIAL EL CANAL Y LOS REPRESOS CONSTRUIDOS COMO PARTE DE LAS OBRAS DE COMPENSACIÓN QUE COMPRENDE EL PROYECTO.....	31
FIGURA 7.14. DISTRIBUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO, SE OBSERVA EN EL POLÍGONO 1 LA UBICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN PARA LA DISPOSICIÓN DEL TEPETATE Y EN EL POLÍGONO 2 Y 3, LA AMPLIACIÓN DE LA LTE.....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexo 7.1	Programa de Vigilancia Ambiental asociado a este Proyecto.
Anexo 7.2	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.
Anexo 7.3	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.
Anexo 7.4	Programa de Reforestación.

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

VII.1. Pronóstico del escenario

En este capítulo se presenta el análisis del escenario ambiental resultante al evaluar el Proyecto “**Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre**” (enseguida referido como el Proyecto), en base a la caracterización ambiental del territorio donde se pretende instalar el Proyecto, se tiene el escenario ambiental sobre el cual se realiza una proyección para ilustrar el resultado de la aplicación de las medidas de mitigación sobre los impactos ambientales relevantes o significativos, es importante mencionar que este escenario considera un análisis por factor ambiental para facilitar la comprensión del pronóstico, considerando la dinámica ambiental que resulta en los impactos que generará el Proyecto y que serán residuales, tomando en cuenta los mecanismos de autorregulación así como la estabilización del ecosistema en el cual se pretende incluir el Proyecto.

La ejecución del Proyecto implica obras que si bien requerirán un cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se ubican en la periferia del complejo minero metalúrgico de la empresa Buenavista del Cobre, y que además una de las obras (Canal) tiene la función de ser una medida de prevención para mantener la capacidad recarga del agua pluvial, ya que es un canal que servirá para captar el agua pluvial y reincorporarla a las microcuencas ubicadas aguas abajo del complejo minero metalúrgico; esto implica que la magnitud de los impactos por las obras sean de baja magnitud, no llegando a comprometer el estado del ecosistema en que se ubican, que se encuentra en un estado de degradación avanzado por la actividad humana realizada por la actividad minera durante años.

La proyección del sitio donde será ubicado el Proyecto implica la consideración de los impactos que producirán las acciones y actividades implicadas en su desarrollo; como se describió, cada acción o actividad del Proyecto, podrá generar una alteración en algún factor ambiental o en varios de ellos, los resultados de la evaluación de estas alteraciones o

impactos, se presentan en la siguiente **Figura 7.1**, donde se observan los impactos benéficos (columnas verdes) y adversos (columnas grises) que generará cada una de las actividades del Proyecto.

Se observa que hay actividades que solo tienen una columna verde, esto es que solo tendrán impactos benéficos; algunas de estas actividades son consideradas como medidas preventivas o de mitigación por sí mismas y que son realizadas con el objeto de proteger los medios del ambiente; por ejemplo, las primeras cuatro actividades, que son para la protección de factores como la vegetación y la fauna.

Los números sobre las columnas, son los impactos que se tendrán sobre los diferentes factores además de los mencionados, esto es, por la interrelación que guardan como parte del ecosistema, el proteger la vegetación tendrá también efectos sobre el suelo y la infiltración de agua pluvial al subsuelo, de esta manera se tienen también impactos benéficos sobre los factores agua y suelo, en su cantidad y calidad, respectivamente. En este punto es importante mencionar la temporalidad en que se realizan estas actividades, determinan el grado de magnitud del impacto benéfico, pues no son actividades aisladas, sino que son realizadas bajo programas específicos que definen no solo la actividad protectora, sino también las actividades correctoras, objetivos específicos, indicadores de éxito y las debidas evidencias del cumplimiento.

En el **Cuadro 7.1** se muestra el Cronograma General de Trabajo para la realización del Proyecto y se resaltan las actividades que son consideradas como medidas preventivas, de mitigación o incluso compensación. Estas medidas son consideradas como obligatorias y se describieron a detalle en el capítulo VI de este documento.



Figura 7.1. Gráfica que muestra los impactos benéficos y adversos que se tendrán por el desarrollo del Proyecto.

Cuadro 7.1. Programa general de trabajo del Proyecto “Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre” a ubicarse en el municipio de Cananea, Sonora.

Actividad	Tipo de Medida	Años													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 15	16 a 30	31 a 40	41 a 50
Preparación del Sitio (CUSTF)															
Delimitación del sitio del proyecto	P														
Ejecución de actividades de protección y conservación de flora silvestre	M														
Monitoreo de flora silvestre reubicada	M														
Ejecución de actividades de protección y conservación de fauna silvestre	M														
Desmonte	M														
Despalme	M														
Manejo y conservación del material de desmonte y despalme	M														
Movimiento de tierras															
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial	M														
Supervisión Ambiental	S														
Construcción															
Excavación en áreas de canal y cortina de represos.															
Nivelación y compactación.															
Construcción de represos para la captación de aguas pluviales.	C														
Construcción de canal para captación y desvío de aguas pluviales.	C														
Construcción y adecuación de caminos															
Construcción de cimentación para torres de la LTE.															
Instalación de sistema de tierras															
Montaje de las estructuras															
Tendido de cables															
Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda															
Tendido, regulado y engrapado de cables															
Colocación de accesorios (señalética, protección anti aves, amortiguadores y anillos equipotenciales)															
Restauración de suelo y revegetación en áreas de obras provisionales.	M														

Cuadro 7.1. Programa general de trabajo del Proyecto “Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre” a ubicarse en el municipio de Cananea, Sonora.

Actividad	Tipo de Medida	Años													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 15	16 a 30	31 a 40	41 a 50
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.	M														
Supervisión Ambiental	S														
Operación y Mantenimiento															
Operación de los represas y el canal de captación y de desvío de aguas pluviales.	C														
Carga, acarreo y depósito de tepetate															
Operación de la Línea de Transmisión Eléctrica (LTE)															
Mantenimiento de caminos y de represas, canal de captación y LTE.	M														
Generación y manejo de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial.	M														
Supervisión Ambiental	S														
Cierre y Abandono															
Desmantelamiento de equipos (retiro de los equipos, cableado, demolición de cimentaciones y edificaciones)	M														
Limpieza del sitio (retiro de todos los restos de materiales para su adecuada disposición para reciclaje, reuso o final)	M														
Generación de residuos peligrosos, residuos no peligrosos, sólidos urbanos y residuos de manejo especial	M														
Programa de cierre o abandono para el tepetate	C														
Restauración de suelo y revegetación del sitio en áreas permanentes	C														
Supervisión Ambiental	S														
Medidas de Prevención, de Mitigación y/o de compensación				P		Prevención									
				M		Mitigación									
				C		Compensación									
Actividades de Supervisión				S		Supervisión									

En la **Figura 7.1**, se observa que habrá actividades que generarán impactos adversos en diferentes factores ambientales (los números sobre las columnas color gris), se puede ver que las actividades que más impactos adversos causarán son las relacionadas con el cambio de uso de suelo, ya que comprenden la remoción de la cubierta vegetal y de suelo (desmonte y despalme); la eliminación de la vegetación tendrá afectación sobre factores como fauna, suelo, drenaje superficial del agua en arroyos intermitentes, aumento de la erosión de suelo, alteración puntual del desplazamiento de la fauna y sobre el paisaje; por lo que las acciones para proteger, mitigar y compensar este factor es elemental para el pronóstico del escenario en el sitio del Proyecto. En el **Cuadro 7.2**, se presentan los impactos que se tendrían por el desarrollo del Proyecto, agrupándolos de la manera en que sería alterado cada factor ambiental, y en el **Cuadro 7.3** se muestra la etapa en que se generará cada impacto.

Cuadro 7.2. Descripción de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Factor ambiental afectado	Indicador ambiental	Impacto identificado		Atributo del impacto
Atmósfera	Calidad del aire	1	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión de combustibles fósiles y en la concentración de partículas suspendidas en el aire	-
	Nivel de ruido	2	Incremento de los niveles de ruido durante el día	-
Suelo	Compactación y permeabilidad	3	Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo	-
	Calidad	4	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos	-
Agua	Cantidad	5	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo	-
	Calidad	6	Modificación de los índices de calidad del agua por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos.	-
Procesos del medio abiótico	Drenaje superficial	7	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales	-
Vegetación	Cobertura vegetal	8	Pérdida de cobertura vegetal con reducción de superficie forestal	-
	Abundancia de especies vegetales listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas de interés biológico	9	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que cuenten con algún régimen de protección	-

Cuadro 7.2. Descripción de los impactos que serán generados por el desarrollo del Proyecto.

Factor ambiental afectado	Indicador ambiental	Impacto identificado		Atributo del impacto
Fauna	Abundancia de especies (Especies de fauna terrestres y voladoras en riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010)	10	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento	-
		11	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna	-
	Hábitat	12	Disminución, pérdida o fragmentación del hábitat	-
Procesos del medio biótico	Movilidad de especies avifauna	13	Efecto barrera derivado de la implementación de la LTE	-
Paisaje	Calidad paisajística	14	Reducción de la calidad paisajística	-
Estructura de la población	Empleo	15	Incremento en la oferta laboral	+
	Sector productivo (uso de bienes y servicios locales)	16	Incremento en la derrama económica por adquisición de insumos	+

Cuadro 7.3. Etapas del Proyecto en que se presentarán los impactos adversos identificados.

Factor ambiental	Impacto adverso	Etapas del Proyecto			
		Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono
Atmósfera	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión de combustibles fósiles y en la concentración de partículas suspendidas en el aire				
	Incremento de los niveles de ruido durante el día				
Suelo	Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo				
	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos				
Agua	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo				
	Modificación de los índices de calidad del agua por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos.				
Procesos del medio abiótico	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales				
Vegetación	Pérdida de cobertura vegetal con reducción de superficie forestal				
	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que cuenten con algún régimen de protección				
Fauna	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento				
	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna				
	Disminución, pérdida o fragmentación del hábitat				

Cuadro 7.3. Etapas del Proyecto en que se presentarán los impactos adversos identificados.

Factor ambiental	Impacto adverso	Etapas del Proyecto			
		Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Abandono
Procesos del medio biótico	Efecto barrera derivado de la implementación de la LTE				
Paisaje	Reducción de la calidad paisajística				

Bajo este escenario, se observa que es durante las etapas de Preparación del sitio y Construcción cuando ocurrirán la mayor parte de los impactos adversos identificados, por lo que para conocer la magnitud de estos impactos sobre los factores ambientales del lugar, se realizó la determinación de la significancia de estos impactos, obteniéndose los siguientes resultados (descritos a detalle en el capítulo V del presente documento), presentados en el **Cuadro 7.4.**

Cuadro 7.4. Caracterización de los impactos adversos para la determinación de la significancia (Bj=Baja; Md=Moderada; A=Alta; MA= Muy Alta).

Factor ambiental afectado	Impacto	Categoría de la significancia del impacto
Atmósfera	Incremento en la concentración de emisiones de gases producto de la combustión de combustibles fósiles y en la concentración de partículas suspendidas en el aire	Bj
	Incremento de los niveles de ruido durante el día	Bj
Suelo	Incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo	Md
	Alteración de la calidad del suelo por derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos	Bj
Agua	Disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo	Md
	Alteración de la calidad del agua por generación de derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos.	Md
Procesos del medio abiótico	Alteración puntual del curso normal de las escorrentías temporales	Bj
Vegetación	Pérdida de cobertura vegetal con reducción de superficie forestal	Bj
	Afectación a individuos de especies vegetales susceptibles, con énfasis en aquellas que cuenten con algún régimen de protección	Bj

Cuadro 7.4. Caracterización de los impactos adversos para la determinación de la significancia (Bj=Baja; Md=Moderada; A=Alta; MA= Muy Alta).

Factor ambiental afectado	Impacto	Categoría de la significancia del impacto
Fauna	Afectación puntual a individuos de lento desplazamiento	Bj
	Riesgo localizado de colisión de especies de avifauna	Bj
	Disminución, pérdida o fragmentación del hábitat	Bj
Procesos del medio biótico	Efecto barrera derivado de la implementación de la LTE	Bj
Paisaje	Reducción de la calidad paisajística	Md

Los impactos con una significancia Baja, representan alteraciones de muy bajo impacto a factores o procesos que no comprometen la integridad de los mismos. Esto es que los factores atmósfera, procesos del medio biótico y abiótico, vegetación y fauna, no serán comprometidos por la ejecución del Proyecto, con lo que su pronóstico es que no será alterado por las actividades del mismo. Para demostrar que esta es la proyección esperada, se realiza el siguiente análisis desglosado por factor ambiental.

Atmósfera.

Las actividades que inciden sobre este factor ocurrirán en su mayoría durante la preparación del sitio y la construcción, son actividades que producen una alteración de la calidad del aire por la emisión de gases contaminantes provenientes del uso de combustibles fósiles en los vehículos, maquinaria y equipos, así como la dispersión de partículas; estos impactos son alteraciones puntuales y temporales, reversibles al terminar la acción que las genera, tampoco son entonces impactos residuales, pues su duración es de corto plazo, así como lo es el incremento en el nivel de ruido que será producido por las mismas fuentes que alteran la calidad del aire. Por lo que estas actividades no tendrán una alteración negativa en la proyección del escenario del sitio del Proyecto. Para la protección de este factor ambiental, se tienen medidas que garantizan que no se tendrá una alteración que comprometa el pronóstico; dichas medidas preventivas son las siguientes: revisión de los equipos para detectar fallas que no hayan sido advertidas; mantenimiento preventivo a toda la maquinaria y equipo; las fuentes móviles son remitidas a talleres para su revisión y corrección de fallas para

dar cumplimiento en los valores establecidos por las normas oficiales mexicanas que dan los criterios para la protección de la calidad del aire y ruido (ver capítulo III), se realizan monitoreos primetales para detección de concentración de partículas en la atmósfera (se debe cumplir con los valores límite que marca la NOM-025-SSA1-2014, en caso de que se tengan valores por arriba de los que marca en su numeral 5, en los puntos cercanos a la fuente de estas partículas dentro del sitio del Proyecto, entonces se aumenta el número de veces que se realiza el riego de caminos no asfaltados), se realiza revisión de los equipos que estén produciendo niveles sonoros por arriba de los establecidos y se le corrige en su funcionamiento.

Suelo.

El impacto de Baja significancia sobre el factor suelo es por alteración en su calidad debido a la probabilidad de que ocurran derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos. Para reducir esta probabilidad al mínimo, se tienen también medidas preventivas que son: el mantenimiento correctivo de la maquinaria, *in situ* se prevé que se realice con los cuidados y técnicas especializadas para no generar impactos al suelo por contaminación de aceites y/o grasas. Sobre este factor se identificó un impacto de significancia *Moderada*, esta categoría significa que los impactos afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte, este impacto es por un incremento en la compactación y disminución de la permeabilidad del suelo. Para la proyección del factor suelo en cuanto a la alteración de su estructura, se tiene que el polígono envolvente del Proyecto comprende una superficie de 214.4390 ha, pero de esta superficie solo serán ocupadas por las obras del Proyecto 97.1312 ha, esto es el 45.3% de la superficie del envolvente, pero toda esta superficie será ocupada por obras de carácter permanente, esto es toda el suelo en el sitio del Proyecto tendrá una modificación pero esta alteración no compromete la función del mismo en el Sistema Ambiental ya que a este nivel representa solo el 1.8% lo cual es un impacto que no causará efecto en la proyección del estado del suelo en el Sistema Ambiental. Es importante mencionar que se tendrán además medidas que permitirán compensar este impacto, como lo es acciones para la conservación y protección del suelo retirado en el sitio del Proyecto (el 96.5% de la superficie que ocupará el Proyecto tendrá una remoción de vegetación y suelo, para realizar un cambio de uso de suelo

para lo cual se construirán obras civiles para evitar o mitigar la erosión del suelo, ver capítulo VI), esto asegurará que este impacto permanezca con los atributos de ser puntual y con medidas que mitigarán el efecto, así como la compensación por la afectación que será permanente por la vida útil del Proyecto.

Agua.

Este factor tendrá dos impactos cuya significancia será Moderada, los impactos son que ocurrirá una disminución en los volúmenes de infiltración de agua al subsuelo y el riesgo por la probabilidad de que ocurra una alteración de la calidad del agua por generación de derrames accidentales de aceites, grasas, lubricantes y otros líquidos. Para realizar la proyección que tendrían estos impactos sobre el sitio del Proyecto, es necesario observar por un lado la posibilidad de que ocurra la contaminación del agua superficial en el sitio; en la **Figura 7.2** se observa la hidrología superficial que hay en el sitio y se pueden observar las obras que serán construidas, en particular el canal, cuya finalidad es almacenar el agua pluvial para luego conducirla hacia las cuencas hidrológicas aguas abajo del complejo minero de Buenavista del Cobre de tal forma que la operación de estas obras garanticen la captación y restitución de agua pluvial para no comprometer este factor en el escenario del Sistema Ambiental; en la **Figura 7.3**, se presenta la hidrología superficial en el SA y puede verse que los arroyos que cruzan los polígonos que forman el Proyecto no se verán alterados pues serán protegidos por las obras del Canal y en los polígonos de la LTE, no se afectan cauces ni escurrimientos naturales pues esta obra de infraestructura eléctrica es lineal y aérea, con solo afectación en los sitios donde son colocadas las torres y para el Proyecto ninguna de las torres será colocada en estos lugares, como parte de las medidas preventivas y de mitigación que se realizarán es la construcción de obras civiles para desvío y reincorporación de los escurrimientos a cauces naturales, con capacidad suficiente a la del escurrimiento al que le dan paso. En cuanto a la probabilidad de la contaminación de los arroyos se realizará el mantenimiento correctivo de la maquinaria *in situ*, se prevé que se realice con los cuidados y técnicas especializadas para no generar impactos por contaminación de aceites y/o grasas.

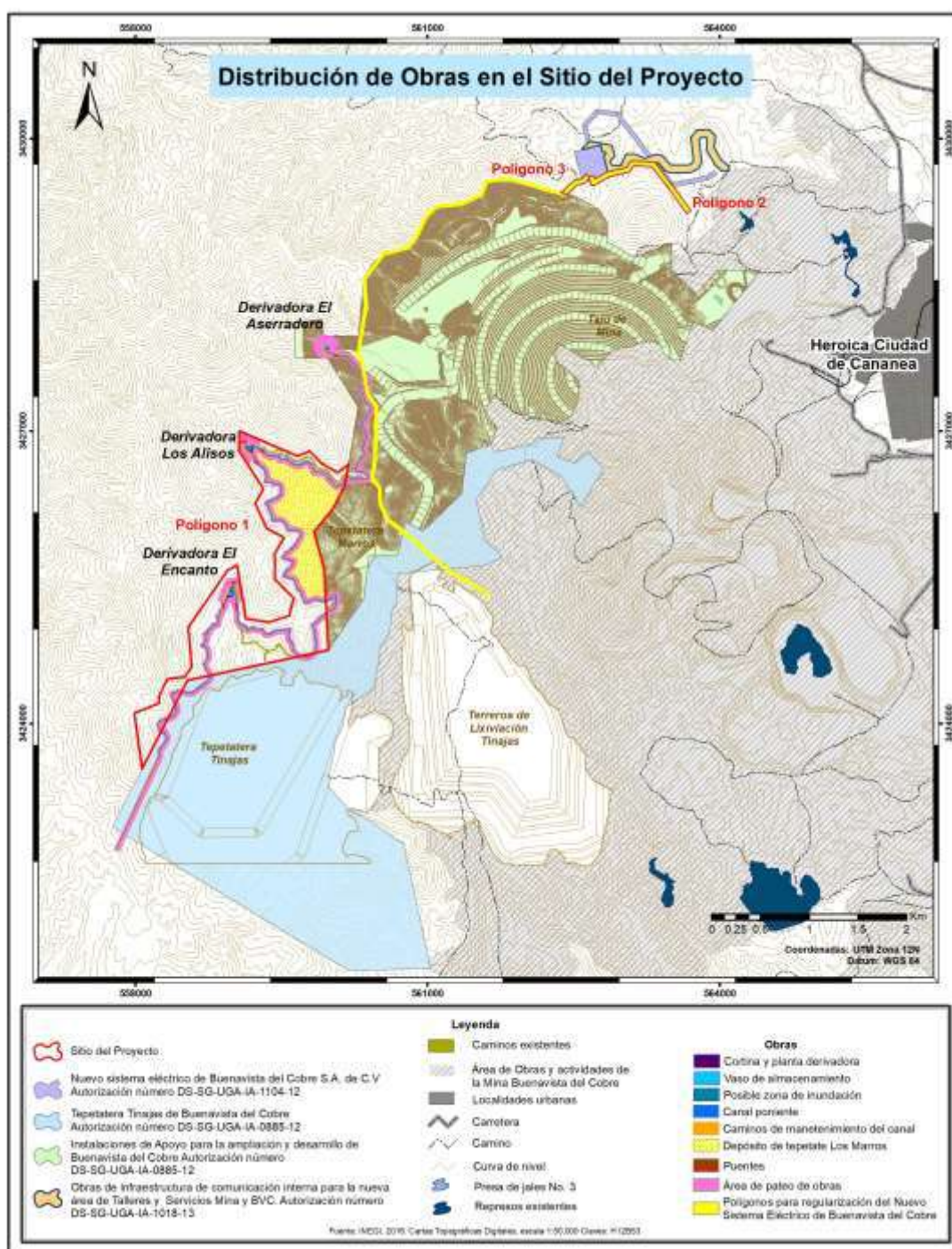


Figura 7.2. Hidrología superficial en el sitio del Proyecto y se observan las obras que serán construidas en los arroyos intermitentes para reincorporar el agua pluvial a cauces naturales aguas abajo del complejo minero metalúrgico.

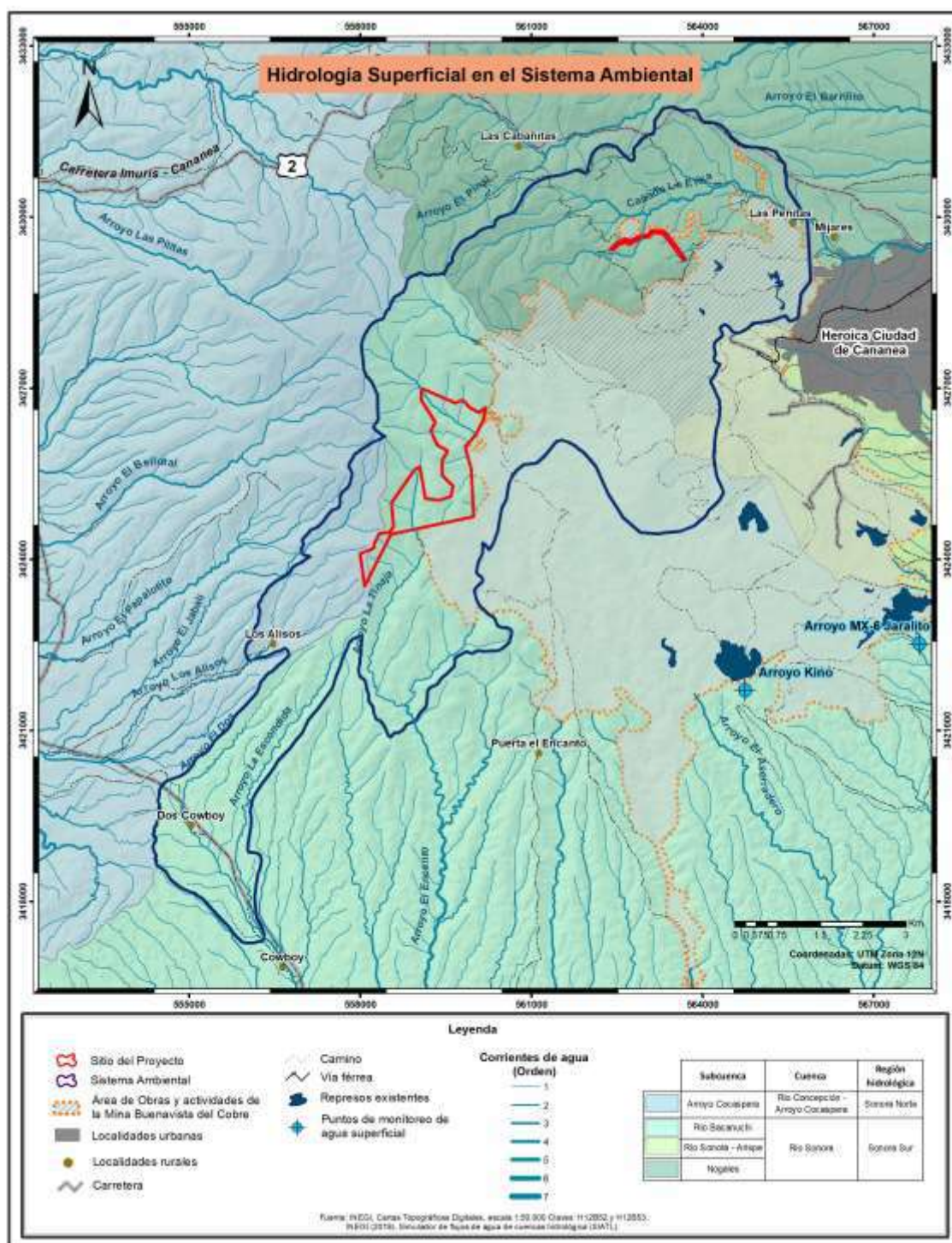


Figura 7.3. Hidrología en el Sistema Ambiental del Proyecto.

Sobre este factor, es necesario considerar también los escenarios futuros que tendrá el cambio climático sobre el sitio del Proyecto, ya que se preveen a nivel global periodos de sequías largos por aumentos de temperaturas y precipitaciones intensas en sitios donde no ocurren; para el sitio del Proyecto, se tienen los escenarios de cambio climático a un futuro cercano, medio y largo, dado que en el sitio se registra una temperatura máxima promedio de 26.6 °C; en la **Figura 7.4** se observa que se tendrá poca variación en este escenario de cambio climático, por lo que no se esperarían que el agua pluvial tuviera un incremento en eventos como lo es la evaporación por las altas temperaturas que produce una disminución en la infiltración de agua al subsuelo, por lo que el Proyecto tampoco alteraría estos escenarios de cambios en la temperatura promedio para un escenario futuro.

El otro efecto que se tendría por el cambio climático es la modificación de los patrones de precipitación, y es por tanto también un factor de cambio que podría alterar la cantidad de agua pluvial que se tendrá en el sitio del Proyecto, en la **Figura 7.5** se observan los escenarios para un futuro cercano, medio y lejano para los cambios en la Precipitación en el sitio del Proyecto, en el sitio se tienen actualmente precipitaciones de 605 mm aproximadamente, desde el escenario para el futuro cercano se tiene un porcentaje de cambio que generará incrementos en la cantidad de lluvia en el sitio, ante esto, las obras del Proyecto contribuirán a que se aproveche esta cantidad de lluvia pues será conducida hacia su reincorporación a cauces de arroyos naturales, este es también un escenario que favorecerá el recurso agua pues en cuanto a la infiltración para la recarga de acuíferos las características meteorológicas es uno de los componentes que darán la humedad al suelo, en la **Figura 7.6** se puede ver que el material de las unidades geomorfológicas en el sitio y el Sistema Ambiental son adecuadas para favorecer la recarga en la región, el canal llevará el agua hacia sitios donde las posibilidades son altas debido a suelo formado por materiales no consolidados.

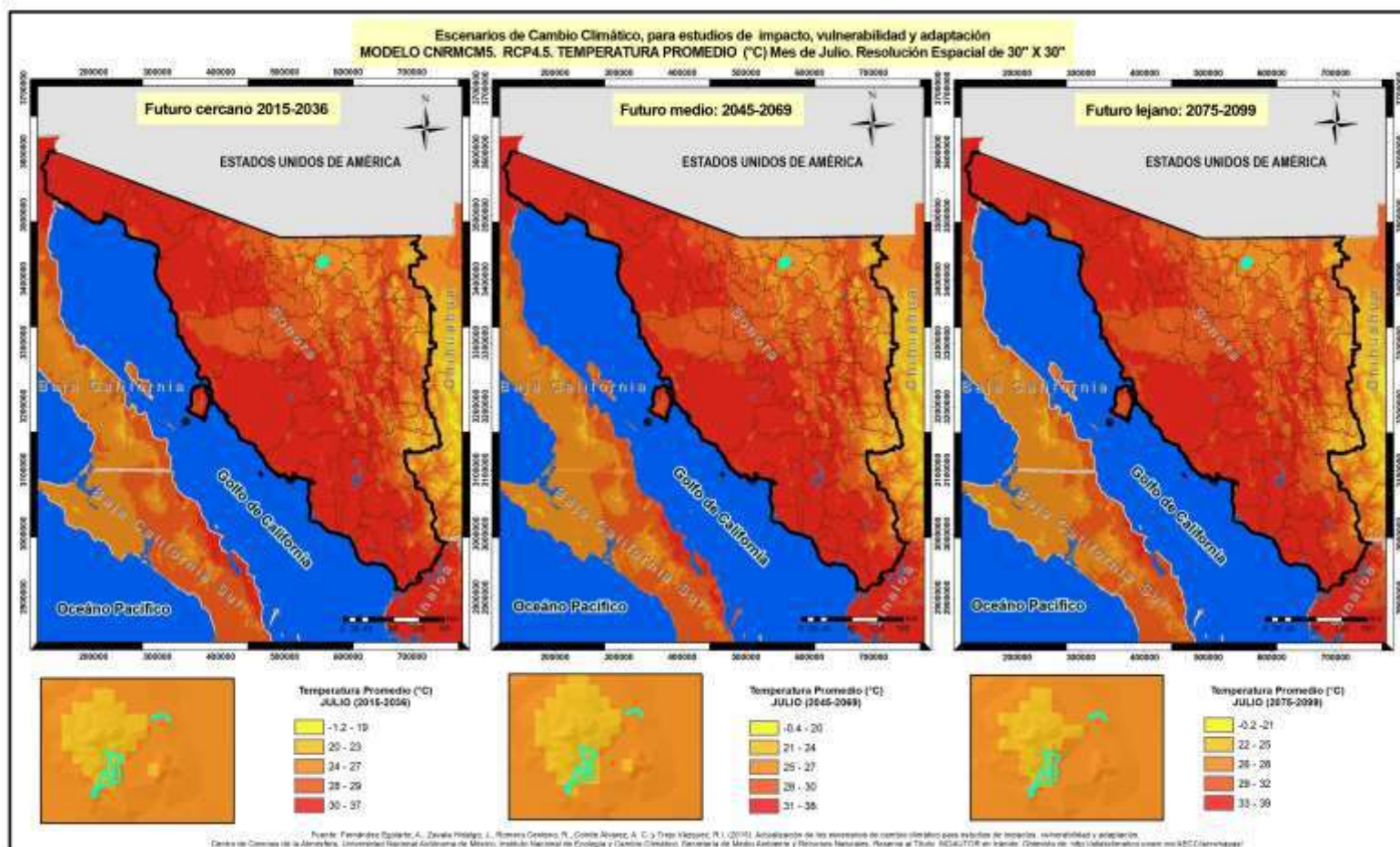


Figura 7.4. Escenarios de cambio climático para el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto, en una proyección de escenario futuro cercano, medio y lejano para la Temperatura promedio.

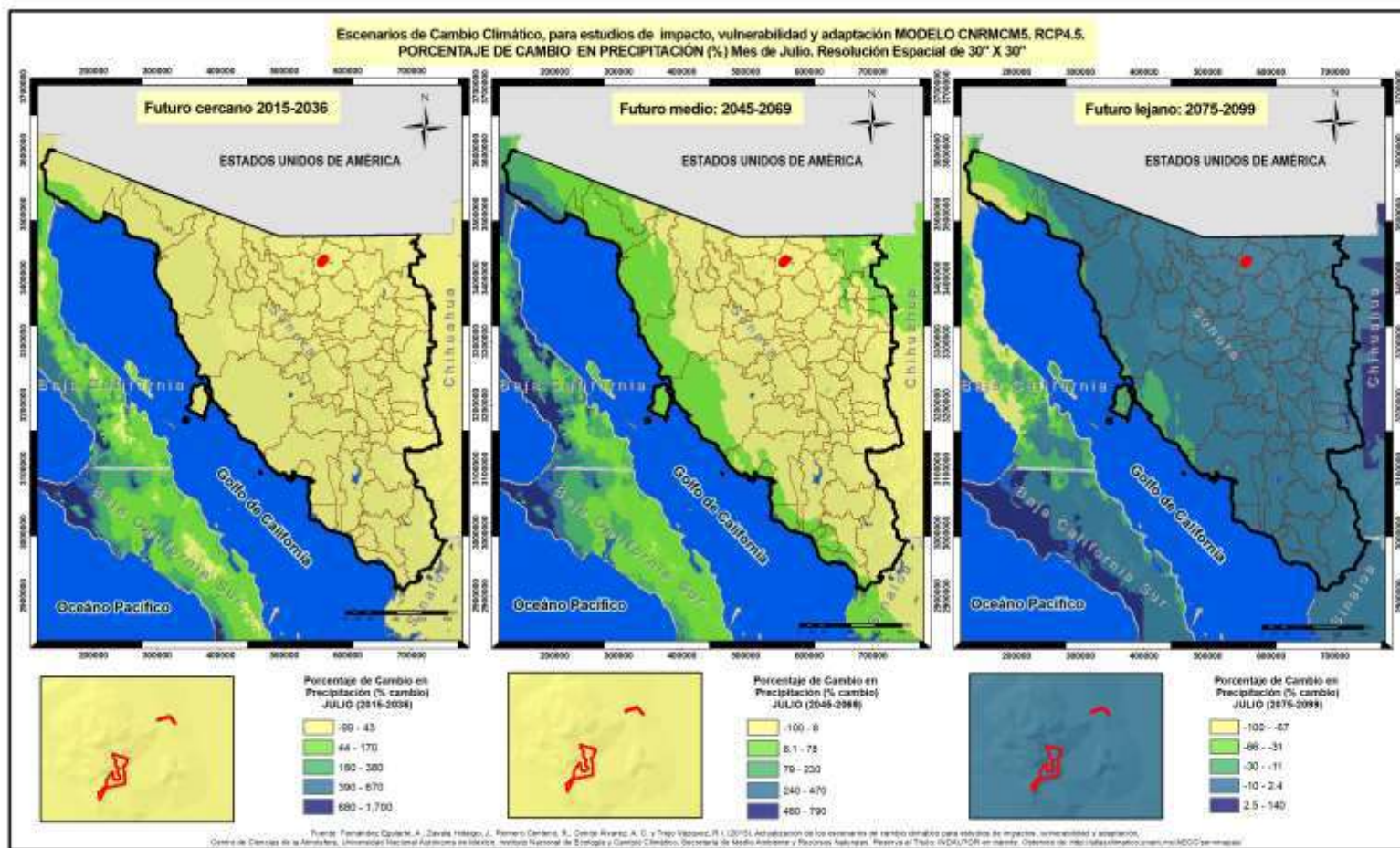


Figura 7.5. Escenarios de cambio climático para el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto, en una proyección de escenario futuro cercano, medio y lejano para la Precipitación.

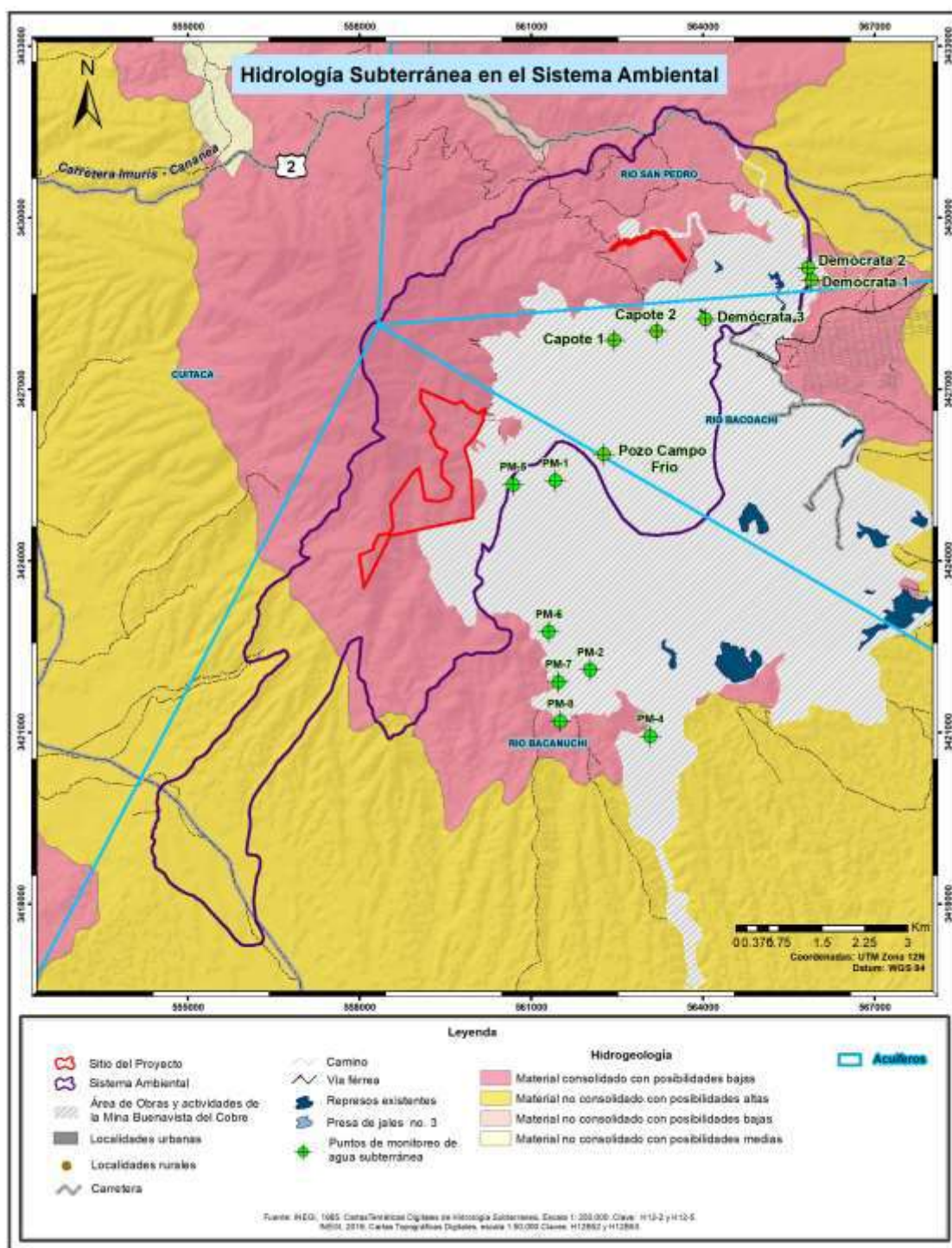


Figura 7.6. Hidrología subterránea y unidades geomorfológicas en el Sistema Ambiental y sitio del Proyecto.

Medio biótico.

Los factores que integran el medio biótico son la vegetación, la fauna y los procesos de este medio que están relacionados con la movilidad de la fauna terrestre y la avifauna. Los impactos sobre estos factores fueron identificados como de Baja significancia, esto es debido a que si bien por un lado se tiene en el sitio vegetación forestal en el 96.5% de la superficie que ocupará el Proyecto, ésta vegetación no es de tipo primaria sino vegetación secundaria en proceso avanzado de degradación, que ha sido anteriormente impactada por actividades como la ganadería extensiva que se realiza en las cercanías del complejo minero metalúrgico; en el sitio del Proyecto no se encontraron especies de flora silvestre protegidas o listadas en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y se observaron que las características fisonómicas y ecológicas de la vegetación en esta área son similares a las encontradas a nivel del Sistema Ambiental (SA). Con lo que la proyección del escenario para este factor no será comprometido por las actividades del Proyecto, para mitigar la alteración que se tendrá por la remoción de la vegetación, se realizarán actividades que son parte de un Programa de rescate y reubicación de flora silvestre (ver **Anexo 7.2**), se realizará un monitoreo de los individuos reubicados, además de actividades de restauración que incluye acciones para revegetar, actividades de reforestación, que con como medidas de compensación permiten que este impacto no presente residualidad al ser un factor que podrá recuperarse en un futuro cercano para el SA, en el cual el Proyecto representa solo el 1.8% de su superficie.

En cuanto a la fauna, su pronóstico dentro del sitio del Proyecto no se verá comprometido en su diversidad, pues si bien se ubica en un área de conservación de aves (AICA 126), no forma parte de alguna ruta migratorias ni aún el SA; en campo se registraron especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, pero todas tienen una distribución muy amplia a lo largo del país, lo cual asegura que no se comprometen sus poblaciones, en caso de registrarse individuos de estas especies durante las actividades del Proyecto, se procederá a la implementación de actividades de rescate, que son ejecutadas como medidas de prevención y mitigación dentro también de un Programa para la protección de la fauna en el sitio (ver **Anexo 7.3**).

Como parte del escenario en el sitio para la proyección futura, es importante mencionar para este factor ambiental el territorio ha sufrido fragmentación por las actividades humanas, casi una tercera parte (34.3%) del SA es ocupada por actividad de minería, pero con la implementación de la obra del Canal y repesos, que como ya se mencionó es una obra de compensación para la recuperación del agua pluvial, la porción oeste, sur y norte del SA contribuirá a la conservación de estas áreas; como se observa en la **Figura 7.7**, el Canal y repesos serán una fuente de agua para la fauna del sitio, que además será elemental para la conservación de los corredores biológicos dentro del SA, manteniendo así la conectividad entre los extremos para evitar el aislamiento de las poblaciones; en la **Figura 7.8** se observan estos corredores y cómo la presencia del Canal será un elemento de buen pronóstico en la conservación de los mismos para la recuperación de la vegetación y para la fauna de la región.

Dado que la fauna es un factor que presenta movilización de manera natural, es importante realizar acciones que aseguren que no se será alterada la abundancia o la diversidad de las especies, por lo que de manera permanente se tendrá en el sitio un Programa de rescate y reubicación de la fauna silvestre (**Anexo 7.3**), además de que las obras construidas como obras de drenaje servirán también como pasos de fauna para impedir que se genere un efecto barrera, en cuanto a la infraestructura de la LTE, serán colocados dispositivos para que las aves que llegaran a pasar por allí los puedan divisar y desviar sus vuelos disminuyendo con esto el riesgo de colisión.

Por otra parte, se implementará un programa de reforestación (**Anexo 7.4**) que involucre la restitución de habitats para la fauna silvestre, que si bien no se ejecutará directamente en el mismo sistema ambiental, si dentro de cuencas hidrológicas adjuntas con tipos de vegetación similares, que permitan y favorezcan los corredores de fauna.

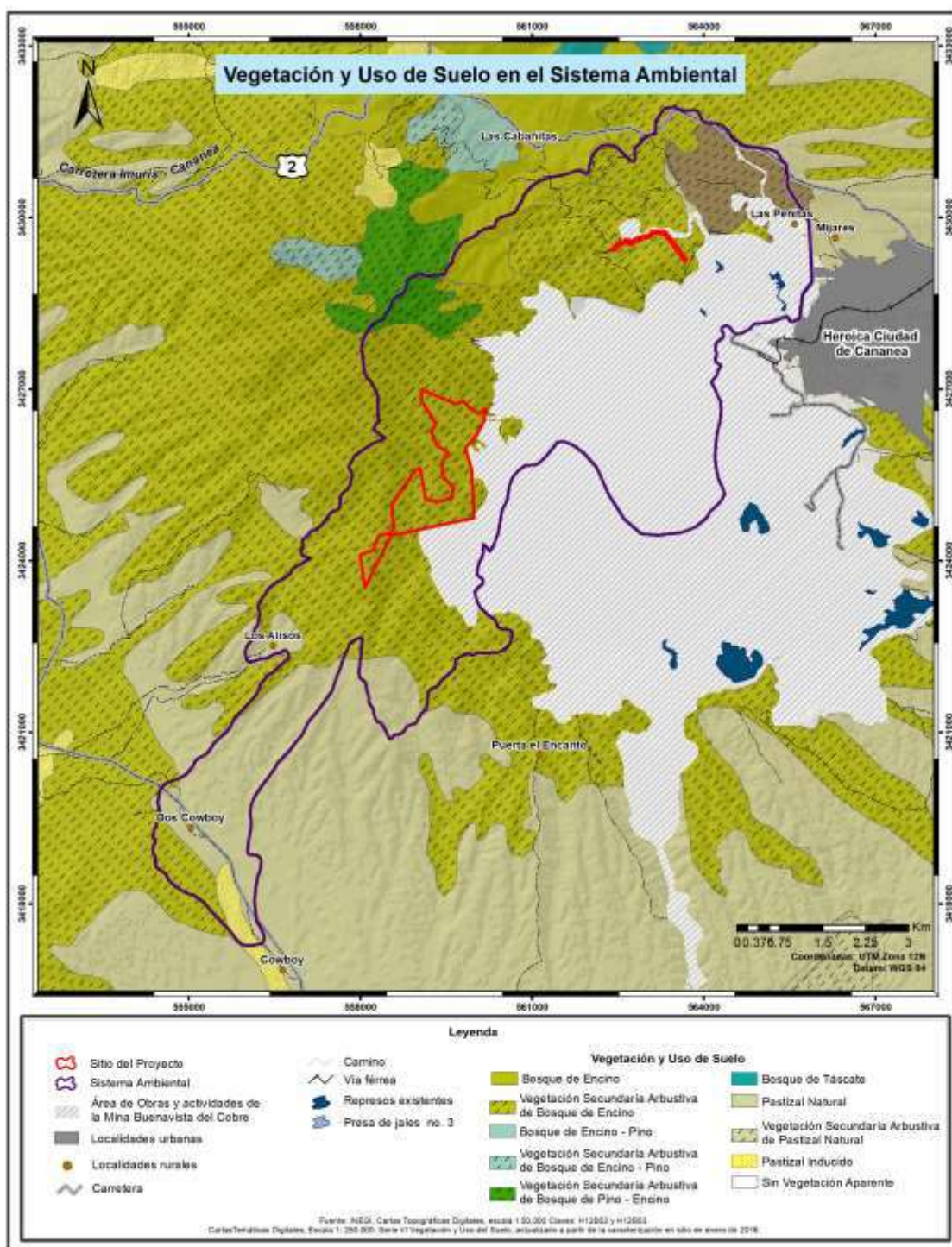


Figura 7.7. Vegetación y uso de suelo en el Sistema Ambiental donde se ubica el Proyecto. Se observan las porciones norte y este con mayor grado de conservación.

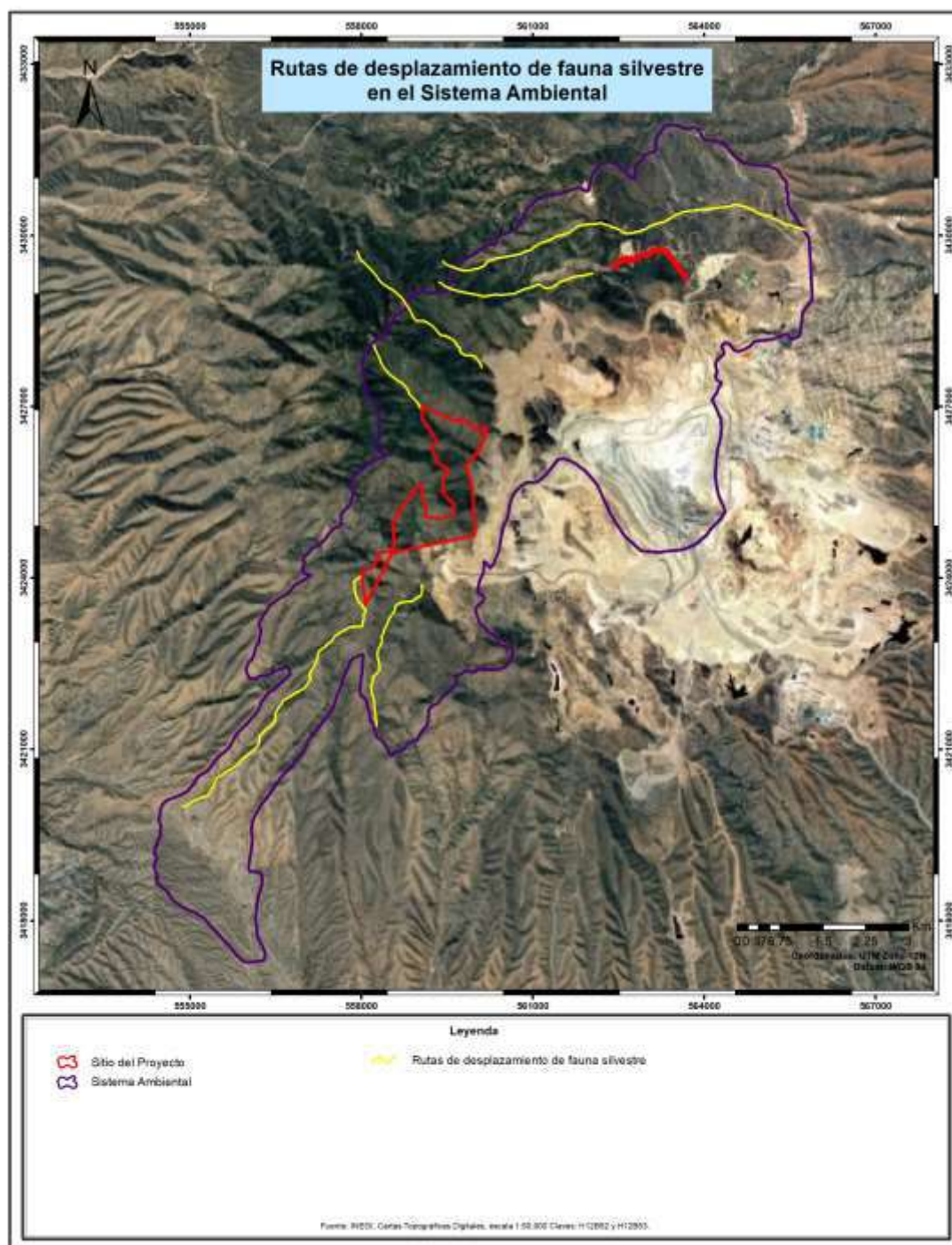


Figura 7.8. Pronóstico para la conservación de los corredores biológicos de la fauna por la implementación del Proyecto en el Sistema Ambiental.

Paisaje.

El pronóstico para el factor paisaje está basado en los criterios de visibilidad y la calidad del paisaje; a futuro este escenario con la presencia del Proyecto se verá modificado levemente y será por la remoción de la vegetación para realizar el cambio de uso de suelo. En la **Figura 7.9** se observa el perfil de vegetación que hay en el sitio del Proyecto y en el SA, este perfil de vegetación es en su mayoría de tipo arbóreo lo que, al ser removida la vegetación, podría dar un cambio al paisaje que será permanente en el lugar por todo el tiempo de vida del Proyecto.

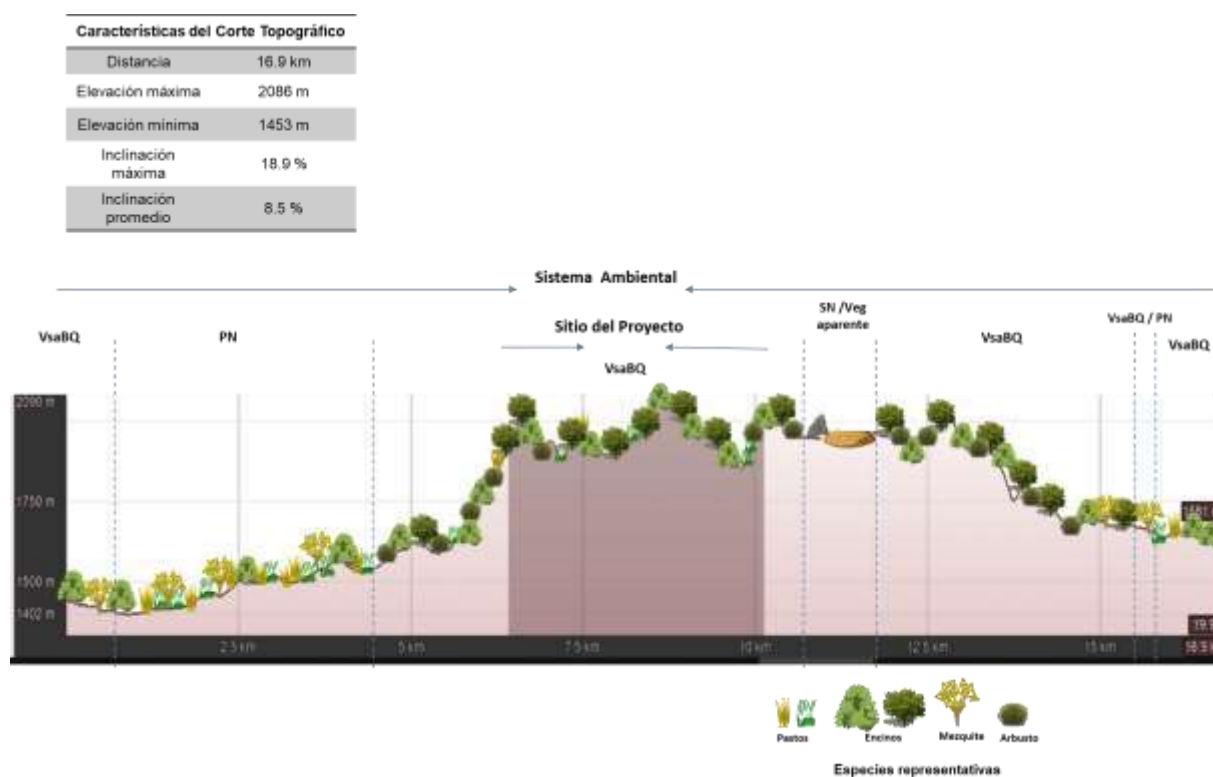


Figura 7.9. Perfil de vegetación del Sistema Ambiental y sitio del Proyecto que muestran la influencia del estrato arbóreo en la visibilidad del paisaje.

Sin embargo, la superficie que será desprovista de esta vegetación es de 93.7165 ha, lo que representa un 1.7% de la superficie total del SA y contribuye con esta proporción a la superficie sin vegetación dentro del SA. Después de los primeros cinco años del Proyecto que comprende las etapas de preparación del sitio (donde se removerá la vegetación) y la

construcción, la operación de las obras no altera el escenario del paisaje del sitio, excepto las obras que corresponden al depósito de tepetate, las cuales si cambiarán la calidad del paisaje de manera gradual, ya que irá incrementando el tamaño de la tepetatera conforme avance la explotación del mineral en el tajo, esta actividad representa una superficie de 51.1109 ha, que en relación a la superficie del SA, es un 0.9%, si bien a nivel de la región puede ser una alteración leve, es un impacto puntual que irá creciendo con el tiempo, pero este crecimiento será tan lento (más de 40 años), que la población no tendrá percepción general del crecimiento, además de recordar que esta obra ya existe como parte del complejo minero, y lo presentado en este documento corresponde a una ampliación de la tepetatera ya existente.

En la **Figura 7.10** se muestra la cuenca visual que tiene la población más cercana, que es la cabecera municipal de Cananea y se ve que no abarca la zona en la cual será ampliada la tepetatera. Un cambio que sí podrá apreciarse a lo largo de la operación de esta obra tendrá efecto sobre los colores del paisaje, ya que el color del material del tepetate es diferente a la gama de colores que hay en el sitio si se observa hacia la porción norte del SA, en la **Figura 7.11**, se observa parte de la tepetatera que ya está en operación y de la cual será ampliada con las obras del presente Proyecto.

En cuanto a la obra de la LTE, para el paisaje puede ser una estructura que fragmenta por su conformación lineal, sin embargo, esta obra es de una longitud de 1.6 km, teniendo en cuenta que en el sitio es un complejo minero metalúrgico de los más grandes del país, cuenta con un circuito de anillo eléctrico que rodea todas las instalaciones debido a la necesidad que se tiene para la operación de la mina y el beneficio del mineral de energía eléctrica, así la LTE tampoco tendrá influencia en generar algún cambio del pronóstico del paisaje del sitio del Proyecto y menos aún del SA.

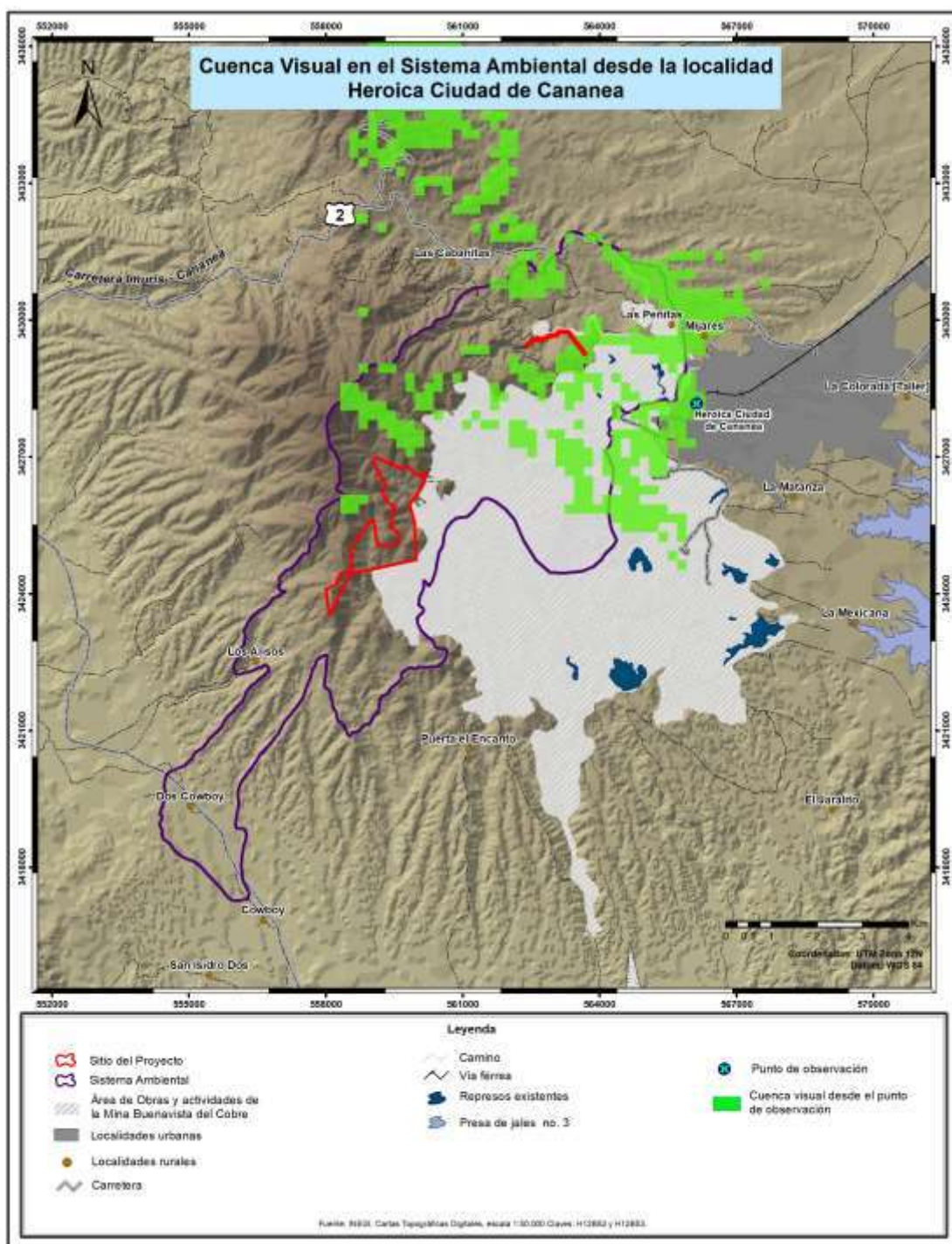


Figura 7.10. Visibilidad que tendrá la población de Cananea hacia el sitio donde crecerá la tepetatera.



Figura 7.11. Vista hacia el norte del Sistema Ambiental del Proyecto y de una parte del material llamado tepetate que es colocado en el sitio conocido como tepetatera.

En la **Figura 7.12** se observa el paisaje y cómo se distinguen a lo lejos y con mucho detalle el tipo de infraestructura eléctrica que representa la construcción del tramo de LTE que será parte del Proyecto. Los impactos sobre el factor paisaje, tienen un carácter de residualidad y no pueden ser mitigados, sin embargo, se ejecutarán medidas para su compensación, como lo son actividades de reforestación, acciones para promover la revegetación y en el caso de la tepetatera, se tendrá un programa de abandono o cierre, el cual será presentado a la Autoridad ambiental en base a los criterios que al día de hoy marca la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2003.



Figura 7.12. Imagen panorámica del Sistema Ambiental del Proyecto en la cual a detalle se pueden distinguir las torres de una LTE.

VII.1.1. Evaluación de alternativas.

El sitio donde se implementará el Proyecto corresponde a un uso de suelo con Aptitud de minería (con Estrategias y Lineamientos Ecológicos de acuerdo a esta actividad minera), según el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Sonora (POETSON), esto es debido a que en este sitio se encuentra el yacimiento del mineral del cual se extrae el cobre, dado que la ubicación de este yacimiento es natural, y que las obras del Proyecto son necesarias para las operaciones de extracción y aprovechamiento del mineral, así como las obras de compensación para la reincorporación del agua pluvial, **no es posible en este caso considerar alternativas** para la ubicación. Las obras del Canal son para captar el agua de lluvia aguas arriba del complejo, conducirla y ser reincorporada a las microcuencas aguas abajo del sitio; en la **Figura 7.13**, se observan las microcuencas en el sitio, a partir de las cuales el agua pluvial será captada y conducida aguas abajo fuera del complejo minero metalúrgico. Las otras obras que son el depósito del tepetate y la LTE, son obras de ampliación de unas ya existentes por lo que su ubicación se ha realizado en función a esto, buscando sitios para la ampliación que tengan el menor impacto posible a la vegetación presente en el lugar (ver **Figura 7.14**).

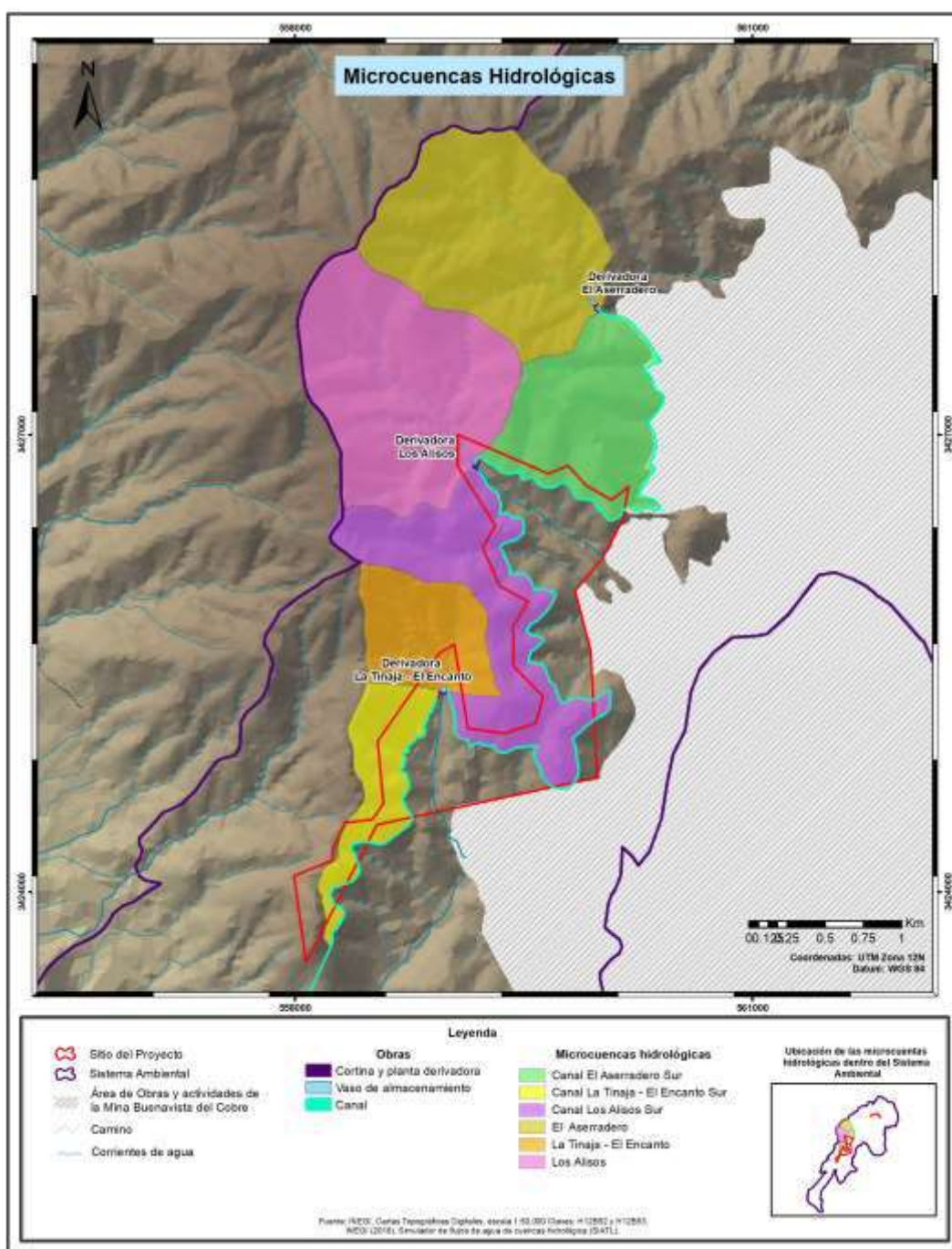


Figura 7.13. Microcuencas de las cuales captará el agua pluvial el Canal y los repesos construidos como parte de las obras de compensación que comprende el Proyecto.

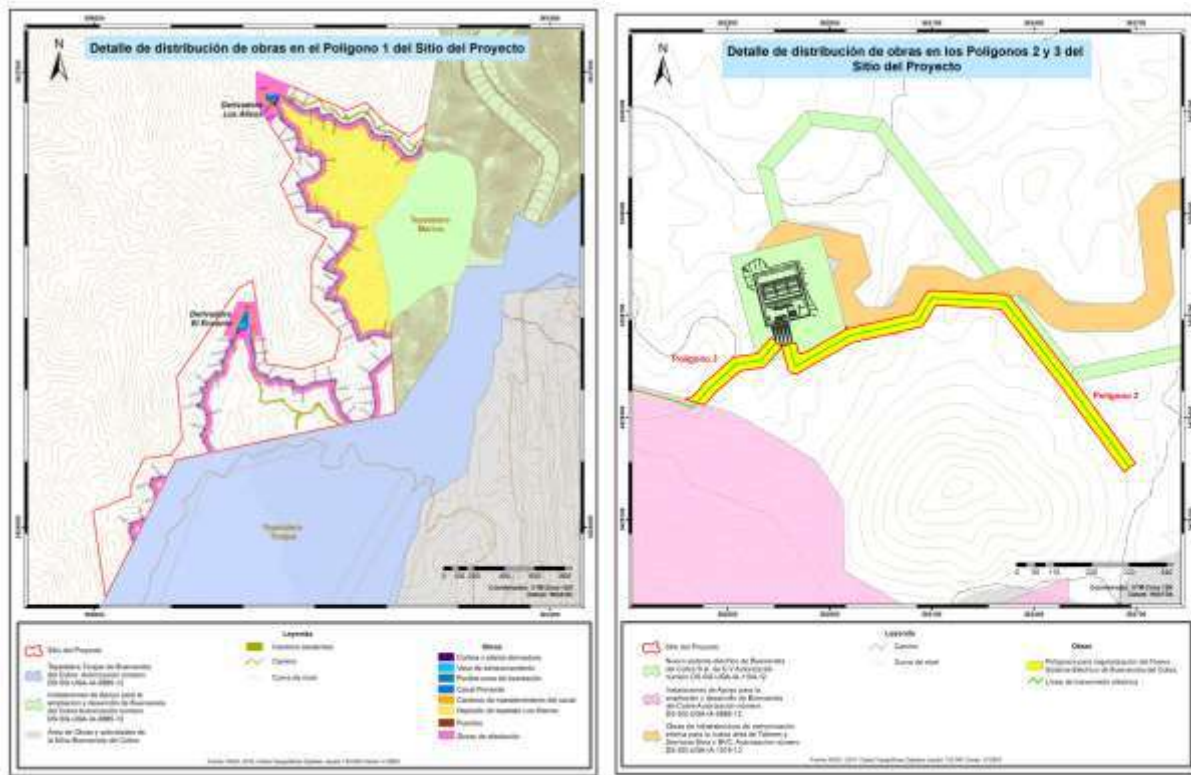


Figura 7.14. Distribución de las obras del Proyecto, se observa en el Polígono 1 la ubicación de la ampliación para la disposición del tepetate y en el Polígono 2 y 3, la ampliación de la LTE.

VII.2. Programa de Vigilancia Ambiental

Como parte del cumplimiento de las medidas establecidas para el Proyecto, se ejecutará un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), donde se aplicarán las especificaciones ambientales generales para el adecuado cumplimiento de las medidas de mitigación incluidas en el presente documento, así como de los términos y/o condicionantes que de su evaluación se deriven. En el **Anexo 7.1** se presenta el Programa de Vigilancia Ambiental asociado a este Proyecto.

En este documento se detallará el seguimiento de las actuaciones y se describirá el tipo de informes, la frecuencia y período de su entrega. Los informes deberán remitirse a la autoridad facultada para ejercer la inspección y vigilancia según corresponda.

Mediante la vigilancia se asegurará que, en relación con el ambiente, la infraestructura y las actividades se realicen según el diseño y características del proyecto autorizado.

Las medidas de mitigación irán encaminadas a incidir sobre el agente causante, para mejorar su comportamiento ambiental y en la etapa final con la aplicación de las medidas de compensación sobre el medio que la recibe, sobre todo en los impactos residuales.

Dicho PVA, considera los impactos ambientales ocasionados a los diferentes componentes ambientales, conteniendo las obligaciones, en materia de protección y conservación ambiental.

Servirá para vigilar el correcto cumplimiento de las medidas de mitigación y/o compensación. El Promovente propone dentro de esta MIA-P, que se ejecutará de acuerdo a los impactos detectados, e implementando indicadores para medir el éxito y la eficacia de dichas medidas de protección ambiental y en su caso, corregirlas.

El análisis de los resultados del Programa de Vigilancia Ambiental, determinará si el Promovente y las empresas subcontratistas cumplen adecuadamente con las medidas y acciones para proteger el ambiente y, en caso de no ser así, se establecerán las medidas correctivas necesarias.

VII.2.1. Objetivo general

Evaluar el grado de cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación, y compensación comprometidas en el presente estudio, teniendo como objetivos específicos.

- Comprobar la correcta ejecución de las medida de mitigación y los Términos y Condicionantes establecidos en la autorización del Proyecto.
- Comprobar la dimensión de ciertos impactos cuya predicción resulta difícil evaluar los impactos y articular nuevas medidas correctivas o de mitigación en el caso de que las ya aplicadas resulten insuficientes.
- Determinar las causas y establecer las medidas de restauración y/o de compensación que correspondan, cuando la eficacia de las medias de mitigación no sean satisfactorias.

- Identificar alteraciones o desviaciones no previstas en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso adoptar medidas correctivas.
- Dar seguimiento a los impactos ambientales negativos provocados por el desarrollo del proyecto y poder determinar, de manera inmediata, que los niveles de los mismos no se acerquen a un nivel crítico no deseado.
- Valorar la eficacia de las medidas de mitigación y compensación.
- Proponer, en su caso, ajustes o modificaciones a las mismas para evitar afectaciones ambientales.

Las actividades de vigilancia ambiental, tienen el fin de cumplir con las medidas de prevención, mitigación y compensación establecidas en esta MIA-P. Tales medidas establecen la obligación del Promovente de garantizar la realización y cumplimiento de todas y cada una de las acciones de prevención, mitigación y compensación propuestas, las cuales deberán ser consideradas por la autoridad ambiental como viables de ser instrumentadas y congruentes para la protección y conservación del ambiente.

La evaluación del cumplimiento de cada medida o acción, se hará en función de la fecha de término del cumplimiento de ésta, el porcentaje de avance en el momento de evaluación y la calidad de las medidas adoptadas. El resultado de las evaluaciones realizadas durante la inspección, se notificará a través de un informe que incluirá:

- Evidencia de cumplimientos a los términos, condicionantes y medidas de mitigación
- Estimación de los indicadores de éxito.
- Evidencia fotográfica.

Estos informes serán elaborados periódicamente para generar los informes semestrales y/o anuales de cumplimiento, dependiendo de lo dictaminado por la autoridad. La supervisión ambiental estará a cargo del personal especializado de la empresa, que será capacitado y designado para verificar el cumplimiento de las especificaciones establecidas y autorizadas para el Proyecto.

VII.2.2. Estrategia de ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental

VII.2.2.1. Áreas sujetas a inspección

La ejecución de las actividades de vigilancia ambiental se realiza en las instalaciones de todo el Proyecto, principalmente en las áreas de operación, manipulación y almacenaje sustancias y residuos peligrosos.

VII.2.3. Rubros de inspección

Los rubros que cubren las diferentes medidas de prevención y mitigación son los relacionados con los elementos del ambiente susceptibles a ser afectados: [1] Atmósfera; [2] Suelo; [3] Agua, [4] Vegetación, [5] Fauna y [6] Paisaje.

VII.2.4. Días de inspección

La inspección realizada por especialistas se llevará a cabo durante las horas de jornada laboral de la empresa para ejecutar el Proyecto.

VII.2.5. Ejecución de la inspección

Durante las inspecciones, el personal especializado recorrerá el área del Proyecto que abarca todos los frentes de trabajo, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación. Las evidencias encontradas serán registradas en una lista de verificación. Se tomarán evidencias fotográficas, que conforman el registro fotográfico de los cumplimientos. Al finalizar la inspección se dejan asentados los incumplimientos en una bitácora ambiental. En dicha bitácora se registrarán también las recomendaciones realizadas por los especialistas encargados de la vigilancia para corregir los incumplimientos detectados y con ello se esté en posibilidad de presentar evidencias de cumplimiento en los informes que deban de presentarse a la SEMARNAT. En caso de que, resultado de la inspección, se detecten situaciones críticas de riesgo ambiental, éstas se informan inmediatamente a la empresa, con el fin de que se realicen las acciones inmediatas necesarias para controlar, minimizar o eliminarlas.

VII.2.6. Medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación comprometidas en la Manifestación de Impacto Ambiental.

En el Capítulo VI del presente estudio se muestran las medidas que deberán de ser ejecutadas y vigiladas en el presente Programa de Vigilancia Ambiental.

VII.2.7. Evidencias de ejecución, evaluación y presentación de resultados.

Se elaborarán listas de verificación, las cuales consisten en una matriz en cuyas filas se presentan las medidas de mitigación a cumplir para el Proyecto, divididas por rubro o elemento del ambiente a afectar; mientras que en las columnas se registra el cumplimiento de cada medida, así como observaciones pertinentes al respecto y sus datos de ubicación.

La bitácora ambiental consiste en un cuadro en cuyas columnas se registrará el incumpliendo registrado y las recomendaciones hechas por los especialistas encargados de la vigilancia para subsanarlo. Además se generará un Anexo fotográfico que evidencia los cumplimientos más relevantes efectuados.

VII.2.7.1. Evaluación y presentación de resultados

Con la finalidad de mostrar la correcta ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental, las actividades y medidas preventivas o de mitigación serán evaluadas con uno o más indicadores de evaluación de cumplimiento, y estos pueden ser de carácter administrativo (presentación de bitácoras, informes, oficios o manifiestos) o ambiental (cumplimiento de una condición o medida), que puede constatare presencialmente, ejemplo son la construcción de las obras de drenaje. El intervalo de control que se presenta para cada actividad específica, indica el rango o el valor con el que cada actividad se considera como cumplida. Mientras que, la evaluación, indicará si se cumple o no con tal actividad. Dicha evaluación permitirá realizar una descripción y seguimiento de las actividades ambientales en las distintas etapas y actividades del Proyecto, agrupadas por componente e Indicador Ambiental.

VII.2.7.2. Elaboración de informes

La evaluación del cumplimiento de cada medida o acción, se hará en función de la fecha de término del cumplimiento de ésta, el porcentaje de avance en el momento de evaluación y la calidad de las medidas adoptadas. El resultado de las evaluaciones realizadas durante la inspección, así como el resto de los documentos generados durante su vigilancia (listas de verificación, bitácoras semanales y anexo fotográfico), se notificará en el Informe que será presentado a la Autoridad Ambiental, donde se incluirán: [i] el desglose de los resultados de inspección para cada uno de los rubros; [ii] la evidencia de cumplimiento a los términos, condicionantes y medidas de mitigación; [iii] la estimación de los indicadores de éxito; y [iv] la evidencia fotográfica.

VII.3. Conclusión

El pronóstico para el escenario donde se implementará el Proyecto, no se verá comprometido en su calidad ambiental actual, pues los impactos que se identificaron son de baja a moderada significancia, lo que implica que las acciones del Proyecto si bien alterarán los factores ambientales, no serán comprometidos en su funcionamiento como parte de los procesos que conforman el ecosistema que integra el Sistema Ambiental en el cual se ubica. Los impactos residuales que se tendrán serán sobre el paisaje debido a que las obras son de ocupación permanente y alteran la calidad al introducir no solo estructuras sino gamas de colores diferentes a las del fondo escénico, sobretodo hacia la porción norte del SA, no así hacia el sur que es donde se ubica todas las instalaciones del complejo minero metalúrgico, las medidas de mitigación que se tendrán serán realizadas para compensar este impacto, hasta el término de la vida útil del Proyecto y consisten en diseñar una cubierta para los residuos mineros llamados tepetate, de acuerdo a la normativa ambiental vigente para este rubro. Los impactos que no fueron identificados como residuales pero que sí podrían causar alteraciones serán protegidos a través de acciones que son parte de una estrategia de medidas aplicadas con Programas, en el siguiente **Cuadro 7.5**, se presentan los programas que se realizarán y que factor ambiental protegen. Estos programas serán objeto de vigilancia por parte del Programa de Vigilancia Ambiental diseñado y presentado para el Proyecto.

Las condiciones actuales dentro del SA y sitio del Proyecto presentan un dominio de la actividad antropogenica sobre los elementos naturales, dado que el Proyecto formara parte de las instalaciones del complejo minero metalúrgico de Buenavista del Cobre. El Proyecto involucra tanto su construcción como su operación, con enfoques en protección, preservación y equilibrio ambiental, igualdad social y crecimiento económico regional. Este enfoque mantendrá la integridad de los ecosistemas presentes, preservando las condiciones que permitan no deteriorar cuerpos superficiales de agua, no causar afectaciones al suelo como erosión y susceptibilidad de contaminación y mejora en la calidad paisajística a un nivel regional.

Cuadro 7.5. Programas que se realizarán con parte del desarrollo del Proyecto.

Factor ambiental	Programa con acciones para su protección y conservación
Atmósfera	Programa de riego
	Programa de Mantenimiento Preventivo de vehículos y maquinaria
	Programa de Monitoreo de ruido
Suelo y agua	Programa de Conservación y Restauración de Suelo
	Programa de Mantenimiento Preventivo de vehículos y maquinaria
	Programa de Manejo Integral de Residuos
	Programa de Manejo de Escorrentías
Vegetación	Programa de Rescate y reubicación de flora silvestre
	Programa de Monitoreo de la flora silvestre reubicada
	Programa de Reforestación
Fauna	Programa de Rescate y reubicación de fauna silvestre
Paisaje	Programa de Conservación y Restauración de Suelo
	Programa de Reforestación

Por lo antes expuesto, el Proyecto “**Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre**”, ubicado en el municipio de Cananea, Sonora, bajo el formato de Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular (MIA-P), permite concluir que la construcción y operación es factible y se ha diseñado para cumplir con los lineamientos en materia ambiental y han sido planteados con un enfoque preventivo. Los impactos negativos relevantes identificados son prevenibles y/o mitigables aplicando las medidas propuestas, por lo que permitirán mantener los niveles de presión actual, evitando la afectación del medio, mientras que a plazo futuro podrá restaurarse el ecosistema y con ello el impulso de los servicios ambientales.

VIII. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLOGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Se entregan un ejemplar impreso de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular para el sector Minero del Proyecto denominado “**Canal Poniente y ampliación de instalaciones de apoyo para el desarrollo de Buenavista del Cobre**”, incluyendo el que será utilizado para consulta pública. Asimismo, todo el estudio se ha grabado en memoria magnética (USB), incluyendo imágenes, planos e información que complementa el estudio, mismo que es presentado en formato *Word (.docx)*, y en los documentos que corresponden en formato *Excel (.xlsx)* o *Autocad (.dwg)*.

Cartografía.

Para la descripción del Sistema Ambiental Regional, del sitio del Proyecto y de sus diferentes elementos y características, se elaboró información geográfica georreferenciada, basada en la Serie VI de INEGI, en el SIGEIA (Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental) de SEMARNAT, así como de otras fuentes cartográficas, como el Servicio Geológico Mexicano y la Comisión Nacional del Agua. En el cuerpo de cada capítulo desarrollado Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular, se incluyeron los mapas georeferenciados para describir las características que se pretendía describir para propósitos del análisis de la información.

En el **Anexo 8.1** se presenta el **Anexo Cartográfico** que recopila todos los mapas georeferenciados incluidos en el cuerpo de los capítulos que integran la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular.

En el caso de los planos, todos están en la misma escala y el mismo tamaño, variando la escala regional o local del proyecto y sus obras, en función del análisis que pretende mostrar el plano. Los planos se presentan en formato impreso 90cm x 60 cm, y en formato digital en AUTOCAD (.dwg). Todos los planos contienen: título, clave de identificación, fecha de elaboración, nomenclatura, simbología, escala gráfica y numérica, y orientación. Todos los planos se incluyen como anexos referidos a los capítulos que incluyen su análisis.

Fotografías

En el cuerpo de los capítulos que integran la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular, se incluyen fotografías que facilitan el análisis de lo que se describe y caracteriza.

Otros anexos

En los anexos que integran cada Capítulo, se incluye documentación en la que se apoya la elaboración del análisis; escenarios y demás puntos en los que se recurre en el estudio. Los anexos contienen resúmenes del método empleado, participantes y resultados. Los anexos que incluye el documento son los siguientes:

Capítulo I

- Anexo 1.1** Plano de ubicación del Sitio del Proyecto
- Anexo 1.2** Acta constitutiva de la empresa Promovente.
- Anexo 1.3** RFC de la empresa Promovente.
- Anexo 1.4** Documentación que acredita a la personalidad del representante legal.
- Anexo 1.5** Copia simple de la identificación oficial del representante legal.

Capítulo II

- Anexo 2.1** Plano DWG con la ubicación de los polígonos que comprenden el sitio del Proyecto y su Cuadro de coordenadas UTM Zona 14N, WGS 84 de la huella del proyecto.
- Anexo 2.2** Plano DWG con la ubicación de las obras y actividades en el sitio del Proyecto y su Cuadro de coordenadas UTM Zona 14N, WGS 84 de la huella del proyecto.

- Anexo 2.3** Esquema General de Distribución de Gastos, con los datos generales para los canales y los repesos comprendidos en el Canal Poniente.
- Anexo 2.4** Plan de Manejo de Residuos que se aplicará en todas las etapas del Proyecto.
- Anexo 2.5** Reporte de resultados de la prueba realizada a los residuos mineros tipo tepetate, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009.

Capítulo IV

- Anexo 4.1.** Metodología para la elaboración del apartado de Clima.
- Anexo 4.2.** Metodología para la elaboración del apartado Geológico.
- Anexo 4.3.** Estudio Geotécnico.
- Anexo 4.4.** Metodología para la elaboración del apartado de Hidrología superficial y subterránea.
- Anexo 4.5.** Sistema de Restitución de Aguas del Norte" (CIEPS Consultores, 2018) y memorias de Cálculo.
- Anexo 4.6.** Base de datos de los puntos de muestreo y caracterización de la vegetación en el Sistema Ambiental Regional. Anexo en formato digital
- Anexo 4.7.** Metodología para la elaboración del apartado de Vegetación.
- Anexo 4.8.** Metodología para la elaboración del apartado de Fauna
- Anexo 4.9.** Listado faunístico de las especies registradas en el SA.
- Anexo 4.10.** Registro fotográfico de las condiciones generales del SA.
- Anexo 4.11.** Registro fotográfico de las especies registradas en los muestreos del SA.
- Anexo 4.12.** Cartas faunísticas de las especies registradas en el SA.
- Anexo 4.13.** Listado faunístico de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.14.** Registro fotográfico de las condiciones generales del sitio del Proyecto.
- Anexo 4.15.** Registro fotográfico de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.16.** Listado faunístico comparativo de los registros en el SA y sitio del Proyecto.
- Anexo 4.17.** Cartas faunísticas de las especies registradas en el sitio del Proyecto.
- Anexo 4.18.** Metodología empleada para la caracterización y descripción del paisaje.

Capítulo V

Anexo 5.1. La metodología que se utilizó para la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales asociados por la implementación del Proyecto.

Capítulo VII

Anexo 7.1 Programa de Vigilancia Ambiental.

Anexo 7.2 Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre

Anexo 7.3 Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre

Anexo 7.4 Programa de Manejo de Reforestación

Capítulo VIII

Anexo 8.1 Anexo de Cartografía.