I. Unidad Administrativa que clasifica: Delegación Federal en Sonora.

II. Identificación del documento: Se elabora la versión pública de la recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad particular Modalidad A, no incluye actividad altamente riesgosa (SEMARNAT-04-002-A) así como su respectivo resolutivo.

III. Partes o secciones clasificadas: La parte concerniente al Contienen DATOS PERSONALES concernientes a una persona identificada o identificable tales como: 1) Domicilio particular como dato de contacto o para recibir notificaciones. 2) Teléfono y correo electrónico de particulares. 3) OCR de la Credencial de Elector (domicilio y fotografía). 4) RFC personas físicas. 5) CURPs; los cuales se encuentran en el capítulo I de la MIA y primera página en el caso de los resolutivos. Consta de 66 versiones públicas.

IV. Fundamento legal y razones: La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en los artículos 116 primer párrafo de la LGTAIP; 69 fracción VII y 113, fracción I de la LFTAIP. Por las razones o circunstancias al tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.

V. Firma la Jefa de la Unidad Jurídica:

LIC. DULCE MARÍA VILLARREAL LACARRA.
"Con fundamento en artículo 84 del Reglamento Interior de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia Por ausencia del Titular de la Delegación Federal1 en el Estado de Sonora, Previa designación firma el presente la Jefa de Unidad Jurídica"

Fecha de Clasificación y número de acta de sesión: Resolución 034/2019/SIPOT, en la sesión celebrada el 02 de abril de 2019.

1 En los términos del artículo 17 Bis en relación con los artículos Octavo y Décimo Tercero Transitorios del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2018.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR PROYECTO LA VENTANA, MUNICIPIO DE BACADÉHUACHI, SONORA

ELABORÓ:

GRUPO ONZA
Consultoría ambiental

PARA:

MINERA SONORA BORAX, S.A. DE C.V.

MAYO DE 2017

RESUMEN EJECUTIVO

Información general del proyecto

El Proyecto La Ventana consiste en la construcción de infraestructura minera y de explotación de un yacimiento de Litio. En la Figura 1., se observa la ubicación del Proyecto, dentro del Municipio de Bacadéhuachi, aproximadamente a 17 Km hacia el Sur de la población del mismo nombre en el estado de Sonora.

El Proyecto consiste en la explotación de una mina a cielo abierto y la construcción y operación de una planta de procesamiento de carbonato de litio con una vida útil de 24.5 años. El Proyecto contempla el procesamiento del mineral que incluye la precipitación del litio con agua desmineralizada, seguida de una operación de intercambio iónico para remover impurezas y dos precipitaciones de carbonato de litio posteriores que dan lugar al producto de Carbonato de litio grado batería. La Compañía planea producir 17,500 toneladas de carbonato de litio en el primer año, a partir del 2019. Luego de producir a este nivel durante dos años, Bacanora proyecta elevar la producción a 35,000 toneladas anuales.

El litio combina un gran potencial electroquímico y una masa molecular baja, (es el elemento metálico más ligero, o el menos denso, tiene la mitad de densidad que el agua) y un alto calor específico lo que lo hace ideal para su utilización en baterías. El litio tiene múltiples usos, pero uno de los más conocidos es su uso en baterías recargables, las cuales proveen de energía a los vehículos que son completamente eléctricos, combinación híbridos/eléctricos y completamente híbridos.

La vida útil de este proyecto minero está determinada por la dimensión del yacimiento, a partir de la evaluación de la factibilidad técnica del aprovechamiento del recurso mineral presente en la zona. La etapa de diseño a detalle y construcción de la mina, ocurrirá de manera simultánea y se estima que será de 18 meses. Para la operación, explotación y aprovechamiento del recurso se calculó un tiempo de vida útil de 21 años y para la etapa de cierre abandono y remediación se calcularon 2 años. Con este cálculo se estima un total de 24.5 años de trabajo para el Proyecto La Ventana.

El polígono general del Proyecto La Ventana abarca una superficie total de 1,657.86 hectáreas; como se verá más adelante, este polígono general incluye todas las instalaciones de la mina y se planificó de tal manera que los límites del mismo se encuentran dentro de la microcuenca del mismo nombre.

De las 1,657.86 hectáreas del proyecto se espera realizar el cambio de uso de suelo por un total de 472.52 hectáreas para desarrollar las actividades de explotación y beneficio del mineral.

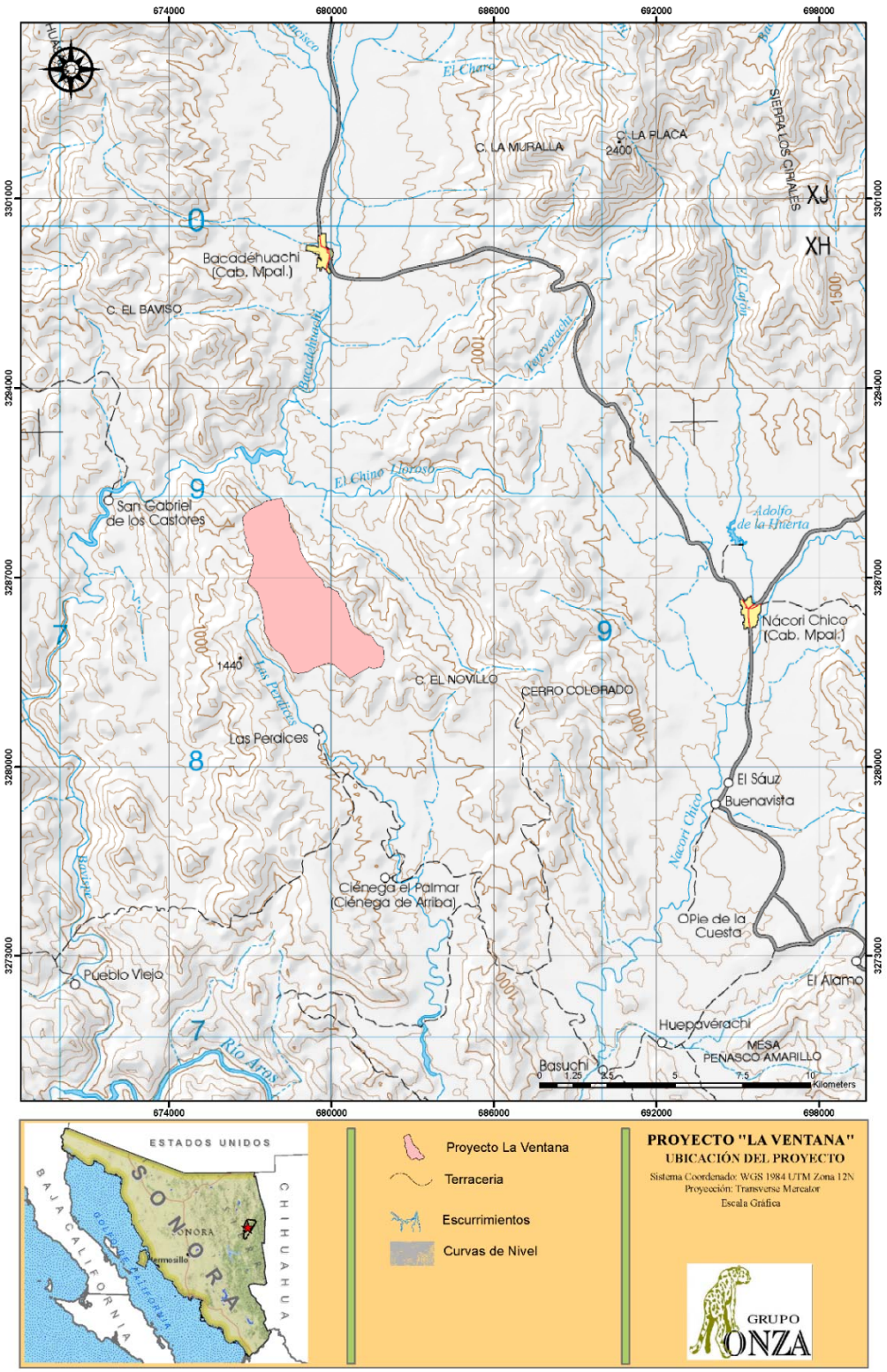


Figura 1 Ubicación del proyecto la Ventana.

Inversión requerida

La estimación del costo de capital para la primera fase es de 240’000,000 millones de dólares americanos y cubre el diseño y la construcción de las obras mineras, así como el equipo de minería, planta de proceso, junto con la infraestructura in situ y fuera del sitio para apoyar la operación, incluyendo agua y suministro de energía y servicios de apoyo y una inversión adicional de $177’100,000 millones de dólares americanos para concretar la Fase 2 del proyecto.

Dimensiones del proyecto

En apego a los términos de cambio de uso de suelo en materia de impacto ambiental, se presenta el desglose de superficies de las obras que conforman el proyecto La Ventana y la superficie a afectar por cada una de ellas en la Tabla 1

Tabla 1 Desglose de superficies de las obras del proyecto La Ventana.

Num. Identif.	Descripción	Superficie (ha)	Superficie perturbada (m^2)	Superficie natural (m^2)
1	Depósito de Residuos Mineros	209.56	13,347	2’082,253
2	Control de Avenidas	3.32	0	33,200
3	Polvorines	0.59	0	5,900
4	Control de escorrentias	11.10	0	111,000
5	SubEstacion	1.26	0	12,600
6	Planta	35.42	800	353,400
7	Tepetatera	43.39	0	433,900
8	Suelo Vegetal	4.74	0	47,400
9	Caminos Internos	23.65	0	236,500
10	Tajo	139.49	22,895	1’372,005
	Total de obras mineras	472.52	37,042	4’688,158
	Total del polígono del proyecto	1,657.86	94,669	16’483,931

Asimismo, en la Figura 2 se muestra el arreglo general del proyecto al terminar la producción en el año 21.

La superficie total del proyecto comprende 16’578,600 m^2 (1,657.86 ha) y dentro de dicha superficie total, el equivalente a 4’725,200 m^2 (472.52 ha) comprende la totalidad de las obras mineras requeridas para el proyecto La Ventana. El total de superficie que incluyen las obras mineras comprende el 28.5046% de la superficie total del polígono del proyecto; correspondiendo el 12.29 % del total la

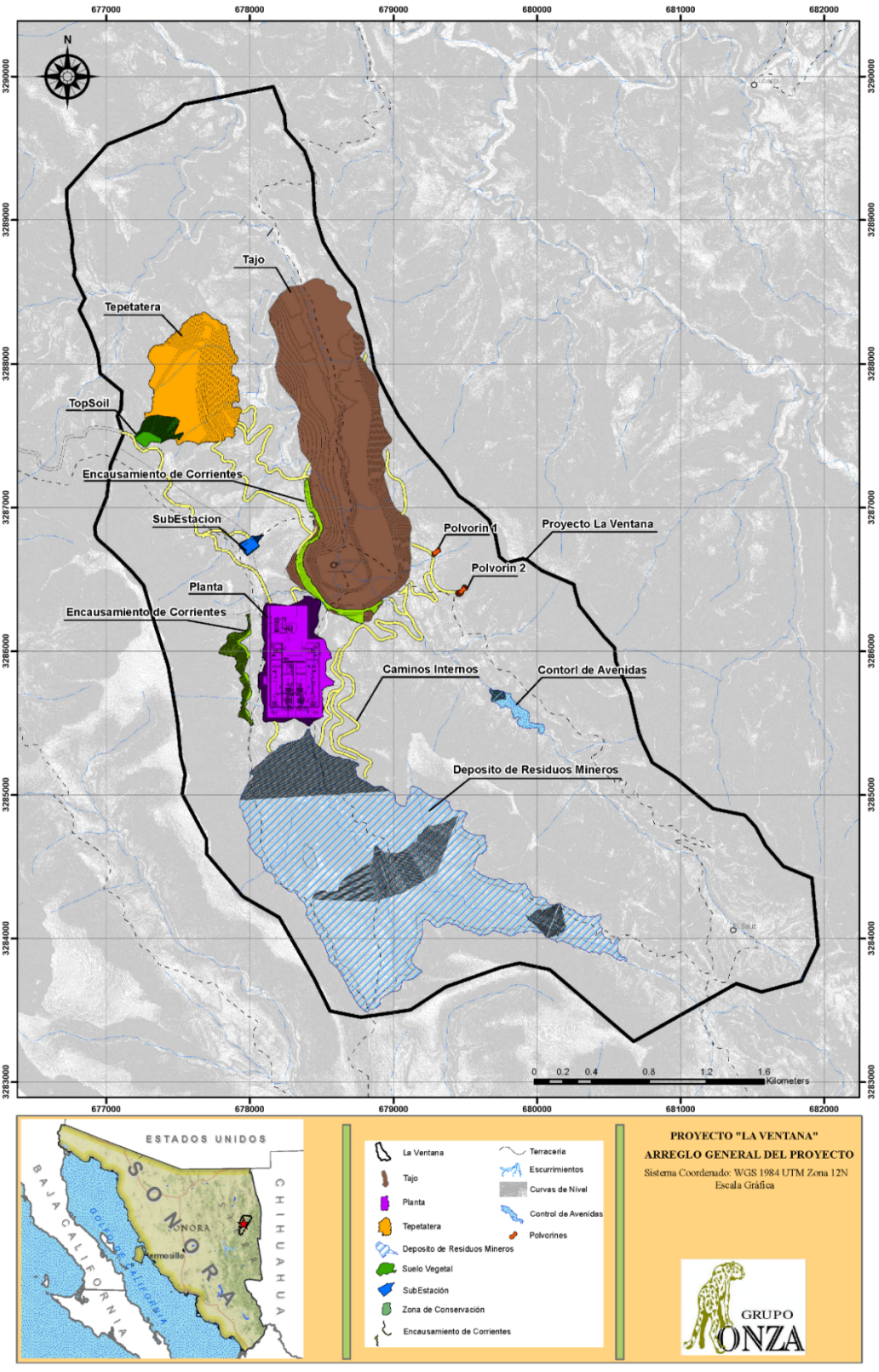


Figura 2 Arreglo general del proyecto al año 21 de operación.

superficie del proyecto (203.7605 ha) al tipo de vegetación de pastizal natural y el restante 16.2128 % (268.76 ha) a matorral subtropical.

Programa General de Trabajo

Las actividades del proyecto se inician con los estudios técnico-económicos y estudios ambientales de línea base, en forma casi paralela con la planeación del proyecto, siguiendo con la preparación de documentos técnico-ambientales para la obtención de permisos y autorizaciones en materia ambiental y cambio de uso de suelo. La siguiente etapa se relaciona con el diseño de ingeniería y construcción del proyecto, para entrar así a la etapa de operación por un período de 21 años y finalmente la etapa de cierre y abandono del proyecto. El programa general del proyecto se muestra en la Tabla 2.

En términos generales se contempla el inicio de construcción para mediados de 2018. El cálculo de la etapa de diseño a detalle y construcción de la mina, ocurrirá de manera simultánea y se estima que será de 18 meses. Para la operación, explotación y aprovechamiento del recurso se calculó un tiempo de vida útil de 21 años y para la etapa de cierre abandono y remediación se calcularon 2 años. Con este cálculo se estima un total de 24.5 años de trabajo para el Proyecto La Ventana.

Preparación del sitio y construcción.

En esta etapa se realizará primeramente el rescate de especies de flora y fauna de interés y los desmontes y despalmes del terreno, así como los cortes y rellenos y preparación del terreno a medida que las obras se van desarrollando. Las primeras obras civiles que se desarrollarán son las que tienen que ver con los caminos de acceso, el control de drenaje pluvial, el suministro de agua, suministro de energía eléctrica y el sistema de drenaje sanitario. La planta de trituración, la planta de proceso y demás instalaciones de servicio de apoyo se construirán en el primer año una vez iniciada la construcción. Se espera iniciar con las obras de construcción del proyecto para el 2018.

Operación.

Se planea iniciar con la en producción en el 2020. Las operaciones mineras tienen una duración de 21 años. Las actividades principales en esta etapa son el minado, trituración, molienda, precipitación de carbonato de litio y empacado. Durante la operación se conformarán apilamientos de tepetate, mineral de baja ley y mineral para procesamiento, así también se conformará el apilamiento de residuos filtrados. En esta etapa se realizarán monitoreos ambientales sistemáticos, trabajos de restauración concurrente y mantenimiento en todas las áreas.

Abandono.

El cierre y abandono de algunas áreas como la mina y trituración, iniciará luego del fin de minado. El cierre de otras áreas de la mina iniciará en el año 2041 y durará un lapso aproximado de 2 años. Las actividades se enfocarán a la suavización de taludes, obras de control de escurrimientos pluviales,

Tabla 2. Programa general de trabajo para desarrollar las obras del proyecto.

ACTIVIDADES A REALIZAR	-1		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10 al 20		21		22		23		24		25	
SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Planeación, Diseño e Ingenieria																																
Planeación del Proyecto																																
Diseño de Ingenieria Básica y de Detalle																																
Permisos y Autorizaciones																																
Estudios de Linea Base																																
INAH																																
SEMARNAT																																
CONAGUA																																
SEDENA																																
Municipales																																
Preparación del Sitio y Construcción																																
Rescate y Protección de Especies																																
Construcción de camino de acceso																																
Desmontes y despalmes (fase intermitentes)																																
Cortes y Rellenos																																
Obras de Control de drenaje																																
Obras de suministro de agua																																
Sistema de drenaje sanitario																																
Planta de proceso Fase 1																																
Planta de proceso Fase 2																																
Instalaciones de apoyo (talleres, oficinas, etc.)																																
Subestacion eléctrica																																
Operación																																
Pre-producción																																
Minado																																
Operación de planta																																
Mantenimiento Preventivo y correctivo																																
Vigilancia Ambiental																																
Restauración de áreas abandonadas durante la operación																																
Abandono																																
Fin de minado																																
Cierre de tajo																																
Fin de producción																																
Remoción de insfraestructura mínera																																
Suavización de taludes y establecimiento de cubierta vegetal																																
Monitoreo y Mantenimiento																																

desmantelamiento de instalaciones y edificios, estabilización y recubrimiento del sitio de almacenamiento de residuos secos, siembra y reforestación con especies nativas en las áreas afectadas.

Preparación del sitio

En la etapa de preparación del sitio se realizarán las siguientes actividades:

Las áreas donde se desarrollarán las diferentes obras mineras y las de apoyo serán sujetas a desmontes. El tipo de vegetación que será afectado es matorral subtropical y pastizal.

Previo a los desmontes, se propone un programa de rescate y protección de la flora de interés.

Una vez que se realicen las actividades de rescate de flora, se inicia con el despalme del terreno, recuperando los primeros centímetros de suelo en todas las áreas donde el terreno presente las condiciones propicias para ello. Tanto el desmonte como el despalme del terreno se realizarán por etapas a medida que se desarrollen las obras mineras. Estas actividades se realizarán con maquinaria pesada y se recomienda que sea en forma unidireccional.

Se construirán obras para desviar el agua de lluvia alrededor de las principales obras mineras, estas obras conducirán el agua hacia los cauces naturales más cercanos.

Almacenamiento de suelo vegetal (tierra fértil)

Se rescatará suelo orgánico de las áreas donde se realicen desmontes para el desarrollo de las obras mineras. El sitio de almacenamiento de suelo consta de un área de 4.74 ha.

Se prevé que se realice rescate de especies de flora de interés previo al desmonte de este sitio.

Construcción de obras mineras

Tajo

El diseño del tajo se basa en la construcción de bancos de mineral de 10 m de altura, caminos de acarreo con un ancho de 25 m (incluyendo espacio para bermas y cunetas) y un ángulo de talud de 42° en las interrampas en la pared este del tajo.

Tepetatera

En el depósito de tepetate ubicado al noroeste del tajo se estima que se depositarán 58.85 millones de toneladas de material esteril.

El material se irá depositando en capas de 10 metros de altura, cuyo talud tendrá el ángulo de reposo de 35° aproximadamente. La superficie total a ocupar por este depósito será de 43.39 ha.

Para evaluar la toxicidad y el potencial de generar ácido de la roca estéril a depositar en los terreros, se corrieron las pruebas correspondientes a muestras representativas tomadas de los núcleos de barrenación. Las pruebas realizadas mostraron que no hay riesgo de producción de drenaje ácido o lixiviación de tóxicos al disponer el material representado por las muestras analizadas.

Polvorines

Se construirá el camino de acceso y dos plataformas para los polvorines en dos áreas de 50 x 25 m. El volumen de corte para la construcción de la plataforma del Polvorín 1 es de 3,800 m^3 y el volumen de relleno de 3,700 m^3 cubriendo un área de 2,336 m^2. Para el Polvorín 2, el volumen de corte es de 9,787 m^3 y el volumen de relleno de 9,787 m^3 cubriendo un área de 3.334 m^2. Las áreas de los polvorines, se localizarán al sureste del tajo.

Depósito de residuos mineros

El depósito de residuos mineros es una infraestructura diseñada para contener residuos provenientes directamente del tajo (Tepetate), residuos de la planta de proceso y sub producto del proceso.

La infraestructura para la disposición de residuos mineros comprende lo siguiente:

- Co-disposición de residuos filtrados y tepetate
- Depósito de residuos filtrados
- Depósito de Subproductos: Sulfato de Sodio y Sulfato de Potasio

La Figura 3 muestra la vista de planta del depósito de residuos y la Figura 4 muestra una sección transversal del mismo, que a continuación se describen. Asimismo, estas figuras muestran las dimensiones de las estructuras que conformarán el almacenamiento de los materiales

Cada una de las tres (3) muestras de residuos del proceso fue analizada por Potencial de pH y ABA de acuerdo a la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 para determinar el potencial de generación de ácido de los jales. Los resultados de los ensayos de ABA estático y Potencial de pH muestran que los residuos de molienda AG, rechazos de cribado y residuos de calcinación se clasifican como NPAG y no representan riesgo de generación de ácido después de su disposición. Los ensayes de lixiviación de residuos también muestran que los tres tipos se clasifican como materiales no peligrosos.

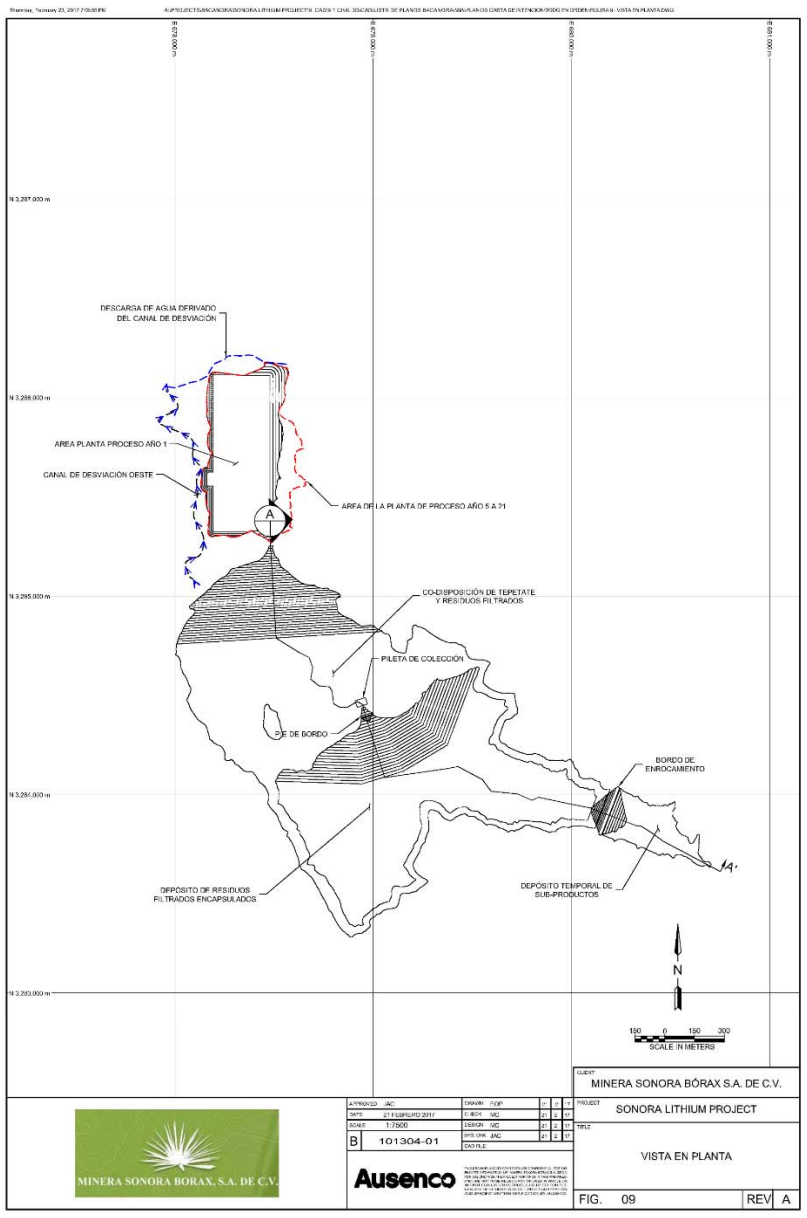


Figura 3 Vista de planta del depósito de residuos.

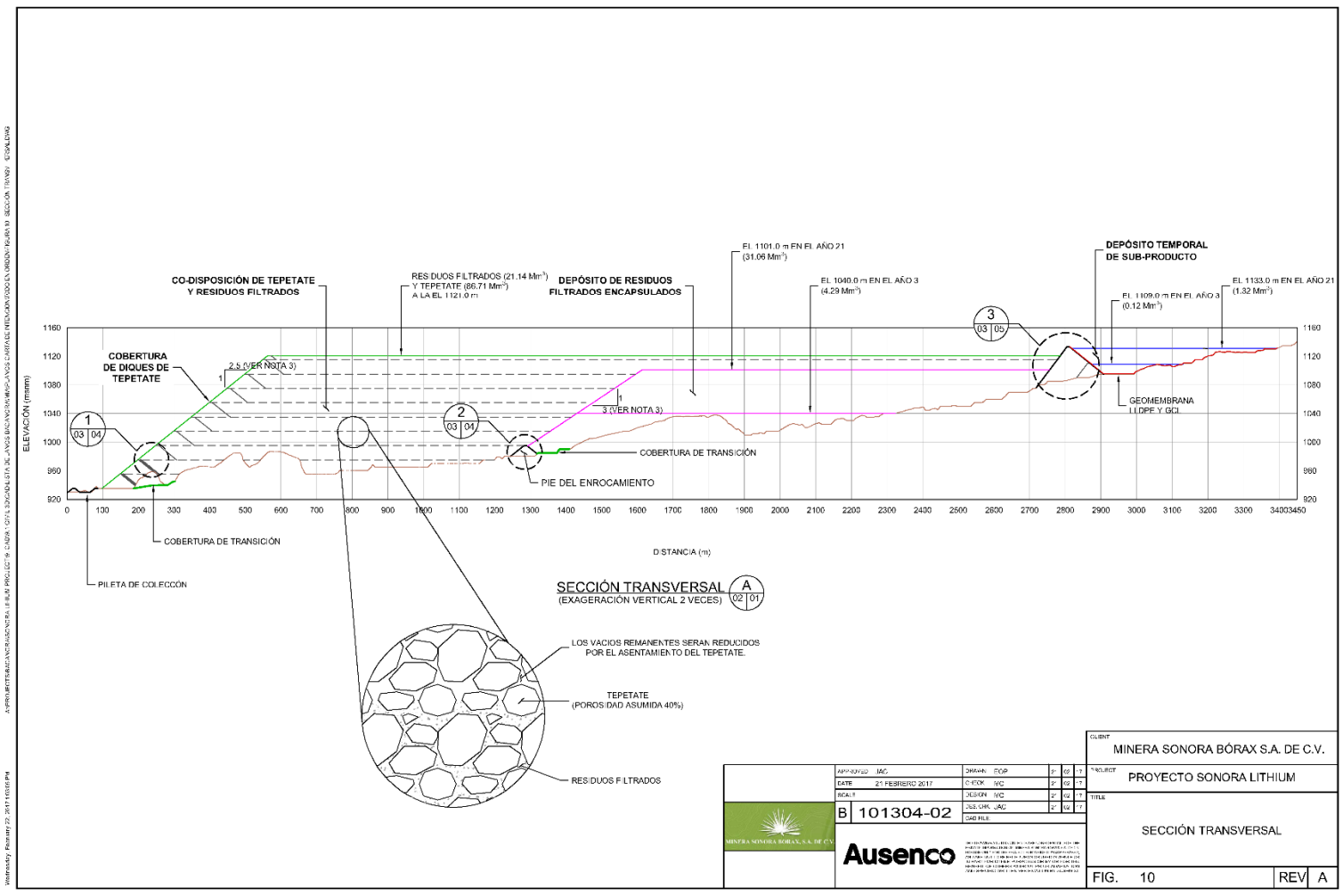


Figura 4 Sección transversal del depósito de residuos mineros.

Manejo de Agua Superficial y Pluvial

En todas de las instalaciones de proyecto, la canalización de las aguas pluviales seguirá en su mayor parte los cursos naturales de escurrimientos por lo que las obras para el desvío de agua serán poco significativas debido al aprovechamiento de los cauces naturales de la zona en particular.

El manejo de agua superficial dentro del área del sito del proyecto se realizará por medio de canales de desviación, bordos de contención de agua pluvial y de control de sedimentos.

Instalaciones de Planta de proceso (Planta)

La planta de proceso ha sido diseñada para una producción anual nominal de 17,500 toneladas por año ("t / año") de carbonato de litio (Li_2CO_3) de grado de batería (Etapa 1), durante los dos primeros años de producción del proyecto, seguida de una expansión la cual duplicaría la producción de la planta a 35,000 t/año (Etapa 2). Adicional a la producción de carbonato de litio el Proyecto ha sido diseñado para producir hasta 50,000 t/año de Sulfato de Potasio (K_2SO_4), para su venta a la industria de fertilizantes.

La planta de proceso ocupará aproximadamente 30.33 ha en su primera etapa y se requiere un incremento de 5.09 ha para la segunda etapa dando un total 35.42 ha en su etapa final.

La planta de proceso incluye el área de reducción y clasificación de tamaño del mineral, calcinación del mineral, el circuito de precipitación con agua desmineralizada, intercambio iónico y purificación, la primera y segunda precipitación de Li_2CO_3, y la sección de empacado del producto. Adicionalmente en la plataforma donde se instalará la planta de proceso, también se construirán en esta área las instalaciones de apoyo y servicios que se requerirán en la operación como son: laboratorio, almacén de insumos, enfermería, oficinas, vestidores, caseta vigilancia, báscula para camiones, almacén de combustibles, taller de mantenimiento, estacionamientos, comedor y almacén de residuos

Construcción de obras asociadas o provisionales

Taller de mina

El taller consistirá de tres bahías de servicio que tendrán capacidad para camiones de acarreo de hasta 240 toneladas (Cat 793) y también contará con un área de almacenamientos de herramientas. Cada bahía de servicio tendrá losas de concreto en los frentes permitiendo dar mantenimiento a los camiones fuera del edificio, de ser necesario.

Una de las bahías contará con rieles de acero embebidos en la losa de concreto para permitir dar mantenimiento a equipos montados en orugas y evitar daños en las losas de concreto. El edificio también incluirá un área de mantenimiento a llantas con almacén y servicio de cambio de llantas.

Almacenamiento y distribución de combustibles

La capacidad del tanque de almacenamiento para el diésel será de 450 m^3. Se cumplirá con los protocolos de seguridad para las estaciones de servicio que dicta la normatividad vigente.

En la parte oeste de la planta de proceso se instalará un tanque tipo intemperie cilíndrico-horizontal de 100,000 lts. base agua; sin embargo, la capacidad máxima de operación será de 90,000 litros base agua, con capacidad para una presión de trabajo de 17 Kg/cm^2 bajo Norma NOM/021 el cual almacenará Gas LP. Siempre se deberá tener cuidado de no rebasar el 90% de la capacidad de almacenamiento. El volumen máximo almacenado de gas LP será de 48,600 kg por lo que no se requiere la presentación de un estudio de riesgo ya que no se rebasa la cantidad de reporte del segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Almacén temporal de residuos peligrosos

En el sitio se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos de acuerdo a la normatividad vigente. Se tendrá un registro de los volúmenes y tipos de residuos peligrosos (bitácora) y un contratista debidamente certificado realizará la colecta, transporte y confinamiento de los residuos.

Sistema contra incendios

El sistema contra incendio se compone de un sistema de hidrantes, cuya cobertura abarca el 100% de las áreas de la planta.

Este sistema de hidrantes contará con conexiones para una manguera tipo industrial de 3” (75 mm), longitud total de 30 m, chiflón o boquilla de 3 pasos en la punta y capacidad de 180 L/min (50 gal/min) @ 65 psi (4,56 kg/cm^2). El alcance del chorro de agua de esta manguera es de 15 m.

De acuerdo a la Norma NFPA 14, este se considera un sistema CLASE II, “Protección en riesgos ordinarios, extinción de incendios en sus inicios” y es “Sistema de hidrantes para operarse por ocupantes del edificio sin adiestramiento”.

De acuerdo a esta misma Norma, el gasto mínimo debe ser el suficiente para mantener 2 hidrantes abiertos simultáneamente, lo que representa 360 L/min.

Oficina de medio ambiente

Para el Proyecto La Ventana, se conformará una oficina de medio ambiente y seguridad, tanto para la construcción y operación de la planta de proceso como para el tajo. La oficina de medio ambiente se localizará en el edificio administrativo, ubicado en la planta de proceso.

II.2.4.6 Suministro de agua

Dos pozos de agua localizados a 6 km del sitio de la planta bombearán agua al tanque de agua cruda instalado en la planta de proceso. El agua cruda se distribuirá hacia la planta de proceso y a los departamentos de minado y administración.

Tratamiento de aguas negras

La planta de proceso contará con una planta de tratamiento de aguas negras. Esta planta de tratamiento de aguas negras se alimentará de los colectores del sistema de drenaje. La planta de tratamiento está diseñada para contener y tratar todos los efluentes.

Edificios

Los edificios serán prefabricados (modulares) para las instalaciones administrativas, así como, para los edificios de controles de la planta de proceso, laboratorios y caseta de entrada.

Edificio administrativo

El edificio administrativo proporcionará oficinas y estaciones de trabajo para los departamentos de administración y minado. El edificio será de 450 m² e incluye un área de recepción, oficinas privadas, sala de juntas/capacitación, áreas abiertas de trabajo para empleados *juniors*, área de impresoras/fotocopiado y sanitarios.

Oficina en la planta de proceso

La oficina de la planta de proceso es aproximadamente de 200 m² y su uso será para el personal del proceso, con oficinas privadas para el equipo gerencial y un área de trabajo para los empleados *juniors*. La oficina incluye una sala de junta/capacitación y un cuarto de impresoras/fotocopiado.

Almacén y talleres de mantenimiento de la planta de proceso

El taller y almacén de la planta de proceso se construirán de acero estructural. El taller incluye una grúa viajera de 10 toneladas y compresores de aire, área de herramientas y equipos, estantería y gabinetes de almacenamientos menor. El edificio es de 500 m² e incluirá 7 oficinas para los supervisores de mantenimiento, planeación y empleados de almacén.

Laboratorio

Se incluye un laboratorio completamente equipado para la preparación de muestras y ensayos con capacidad de 200 muestras diarias. El número de muestras para proceso se estima a ser de 136 por día, quedando capacidad para 64 muestras por día para control de la ley de mineral. Las muestras ambientales se enviarán a un laboratorio externo para su análisis.

El edificio de laboratorio tendrá 300 m² de superficie y su construcción será de tipo modular, e incluirá el área de recepción de muestras, almacén, área de preparación de muestras, cuarto de pesado, cuartos de instrumentación y tres oficinas privadas.

Caseta de entrada

La caseta de entrada tendrá una superficie de 40 m^2 y constará de una oficina, pluma de control de entrada, un área para prueba de alcoholímetro, comedor/cocina y dos baños.

Las Áreas Nacionales Protegidas que se encuentran decretadas oficialmente por la Federación en el Estado de Sonora no incluyen el municipio de Bacadehuachi, así como tampoco los municipios aledaños a éste. El Área Natural Protegida más cercana al proyecto, se encuentra en el municipio de Nacori Chico a casi 50 Km del Proyecto.

Cabe hacer mención que en el Estado existen diferentes áreas propuestas en cuanto al Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Sonora (SANPES), ninguna de ellas se ubica en la zona de influencia del proyecto. Por parte de la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) que ha establecido un sistema de clasificación denominado “Área de Importancia para las Aves Silvestres (AICAS)”, donde si consideran al municipio de Bacadehuachi fuera de estas áreas

La CONABIO también clasifica al País en Regiones Terrestres Prioritarias, de las cuales el Municipio de Bacadehuachi es parte de la RTP-44 denominada como “Bavispe – El Tigre”

Las áreas de influencia del Proyecto se encuentra dentro de la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) establecida por la CONABIO No 16 denominada “*Río Yaqui – Cascada Basaseachic”* la cual comprende parte de los estados de Sonora y Chihuahua. La introducción del proyecto a esta RHP representa el 0.030% de ocupación de la RHP.

En el aspecto socioeconómico, desde las primeras etapas del proyecto de explotación, se consideró la participación social, incluso a la fecha se ha mantenido una comunicación con las autoridades del Municipio de Bacadehuachi y se les ha tomado en cuenta para la toma de decisiones frente al Proyecto y para la identificación de aquellas comunidades y rancherías que se verán directamente beneficiadas por el Proyecto.

El área del proyecto se definió dadas las particularidades y la afinidad que existe en función de la topografía y el relieve natural de la zona de interés de éste, el cual se encuentra sumergido dentro de la Sierra Madre Occidental al noreste de Hermosillo, capital del Estado de Sonora.

Para la delimitación del área de estudio se consideró la ubicación geográfica, así como las dimensiones del Proyecto La Ventana, la presencia de mineral, fisiografía, hidrografía, edafología y tipos de vegetación del sito; también se consideraron los diferentes decretos y programas aplicables a la zona de influencia al proyecto, tal y como se mencionaron anteriormente en el Capítulo III de este estudio.

Se consideró la delimitación del sistema ambiental del proyecto con base en su localización, la cual está representada bajo el nombre de Sierras y Valles de Norte (REG.12.30), respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Esta clasificación tiene una superficie de 4, 268,587 has., de las cuales el Proyecto La Ventana ocupa una superficie total de 0.03 %.

El área de estudio se localiza en la Región Hidrológica No. 9 Sonora Sur, donde el río Yaqui es la corriente más importante de esta Región; este río drena un área de 69,590 km2,hasta la presa Álvaro Obregón y aproximadamente 72,575 km2,hasta su desembocadura en el Golfo de California.

El Proyecto La Ventana queda comprendido en la cuenca hidrológica denominada Río Yaqui 1. La cuenca hidrológica Río Yaqui 1 comprende desde la Presa Lázaro Cárdenas “La Angostura” hasta donde se localiza la Presa Plutarco Elías Calles “El Novillo”; drena una superficie de 40,926.2 km^2

En cuanto a los servicios ambientales, el Proyecto La Ventana no interfiere con éstos a nivel regional, toda vez que la afectación será sobre las áreas destinadas a las obras permanentes, afectando de manera muy local y sin repercusión a nivel de cuenca, los atributos del ecosistema por el desarrollo minero.

El desarrollo del Proyecto se llevará a cabo en terrenos con alto potencial minero, con uso actual de agostadero extensivo, en las que solamente existen recursos forestales de poca relevancia económica y que no se identifican ni reportan áreas naturales protegidas dentro del Proyecto.

Para el desarrollo del presente Proyecto se establecieron los siguientes indicadores ambientales:

a) Concentración de gases y partículas sólidas en el aire. Estas características ambientales se verán afectadas por la emisión de polvos y gases de combustión debido a fuentes móviles en el Proyecto en fases pre operativas, de construcción, y operativas, siendo las principales fuentes emisoras los vehículos y equipo.

b) Ruido y vibraciones

Principalmente la generación de ruido y vibraciones se presentará en las etapas de preparación del sitio y construcción y en la operación al realizar las voladuras. Para prevención se compensará en toda etapa con el uso de equipo de protección personal adecuado y el mantenimiento preventivo de los equipos de acuerdo a un programa.

c) Geología y geomorfología

Se modificará la zona en cuanto a los patrones topográficos presentes actualmente debido a las labores de movimiento de terreno.

d) Hidrología superficial y subterránea

El desmonte, despalme, conformación de terreros y actividades de nivelación del terreno serán las acciones y componentes del Proyecto que incidirán directamente sobre la Hidrología general del sitio.

e) Suelo

Al desarrollarse un proyecto minero, uno de los componentes ambientales que suelen sufrir mayor impacto es el recurso suelo, modificándose en forma permanente la topografía, estructura y calidad del suelo en las áreas donde se desarrollarán las instalaciones.

La capa de suelo en los sitios donde se ubicaran las instalaciones del Proyecto, son de espesores relativamente pequeños lo que significa que habrá impactos significativos en dicho recurso debido a que ello implicará su remoción Estos impactos corresponden a la remoción en el sitio de las obras: además, y de forma paralela se ocasionará un cambio permanente en la topografía.

f) Vegetación terrestre

Este componente ambiental sufrirá su mayor impacto ambiental durante la etapa de preparación del sitio, ocasionado por el desmonte para la construcción de las diferentes obras que se requieren para el Proyecto, terreros, caminos internos. Con la remoción de la cubierta vegetal se afectarán las características ambientales de abundancia y cobertura vegetal propiamente dicha. No obstante, la cubierta vegetal se conservará para fines de restauración de estas mismas áreas lo cual implica también recuperación del recurso suelo.

g) Fauna.

Derivado del incremento del movimiento de personal y vehículos en el área del Proyecto, así como por la pérdida de vegetación, la fauna silvestre será desplazada hacia sitios con menor alteración y mejores condiciones de hábitat.

h) Paisaje

Se verá afectado principalmente por la formación del depósito de material, la ampliación del terrero, la construcción de instalaciones exteriores como taller, oficinas, comedor, lo cual contrastará con el relieve y panorama visual del sitio.

i) Socioeconómicos

El proyecto generará empleos en sus diferentes etapas, lo que implicará un incremento en la población flotante y fija en el municipio, y con posibilidad de modificar también las tasas actuales de emigración.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente podría generar el proyecto en el sistema ambiental y en su zona de influencia, se basó en la conjugación de dos técnicas convencionales: listas de chequeo y matrices de interacción.

Considerando que el medio físico, biológico y social, en el sitio en el que se pretende realizar el proyecto, presenta características propias, se ocasionarán impactos particulares de acuerdo al entorno que los rodea.

Un primer resultado del análisis de la lista de chequeo pone en evidencia que durante las etapas de preparación del terreno y durante la construcción del Proyecto puede producirse el mayor número de impactos ambientales negativos. Además se destaca que el componente que más impactos negativos

genera es el desmonte-despalme de terreno, excavaciones, relleno y nivelación del terreno.

De los resultados del análisis del sistema ambiental descrito en el Capítulo IV y de la identificación de los impactos que el establecimiento del Proyecto generará, se tiene la siguiente conclusión: Se estima que el Proyecto, generara un total de 361 interacciones con efecto en el sistema ambiental, de las cuales 169 serán impactos negativos, y 192 serán positivos.

En este sentido se considera el hecho de que algunos impactos son inevitables, dado el tipo de obra que nos ocupa; tal es el caso de las alteraciones ocasionadas en la vegetación que se distribuye en el área considerada para la construcción del Proyecto, y por ende al hábitat de la fauna silvestre, así como a las alteraciones en las características y estabilidad del suelo, los impactos negativos a la atmosfera por la generación de ruidos, polvos y destrucción de microclimas, el deterioro del paisaje original y los demás impactos referidos anteriormente.

Los impactos anteriores, y que por su origen y naturaleza no pueden ser mitigados en su totalidad, contarán con medidas de prevención, reducción y/o compensación. La mayoría de los impactos inevitables ocurrirán de manera no significativa, aunque se consideran también algunos significativos en la superficie donde se pretende instalar el Proyecto.

En lo referente a la fisonomía de la zona por la remoción de la vegetación y las actividades constructivas, las medidas contempladas, están encaminadas a proteger la vegetación aledaña, respetando en lo posible individuos dentro del área, y finalmente tratar de reintegrar el área afectada al paisaje natural y restablecer su funcionalidad en el ambiente.

La revisión de políticas, por su parte, requiere de un enfoque diferente para cumplir con lo establecido en la normatividad ambiental, la cual puede resultar muy controvertida.

En la superficie que ocupará las instalaciones de la mina y en general en el área de influencia, el o los impactos significativos son mitigables y si bien la residualidad se concretará en la pérdida de cobertura forestal en una superficie, a la alteración de varios subfactores del suelo (estabilidad, erosión y calidad) y de la fauna (modificación de hábitats, rutas de paso, etc.), la metodología de identificación, descripción y evaluación de los impactos no reporta otros niveles de significancia de impacto a los restantes factores del ambiente.

Finalmente, aún cuando los efectos negativos mencionados son de carácter ineludible, si se implementan de manera correcta las medidas mitigatorias, que se establecen en la presente Manifestación, muchos de los impactos adversos pueden ser reducidos. Las medidas se orientan en ayudar al cuidado y protección del ambiente e impedir que, tanto el suelo como el agua, aire, flora y fauna, puedan ser contaminados o dañados de manera severa.

Por otra parte, las acciones requeridas para el desarrollo del Proyecto, también conllevan impactos ambientales positivos. Los factores sociales y económicos serán beneficiados durante el tiempo que

duren las obras, dado que se generarán empleos directos e indirectos, mismos que junto con la demanda de servicios representarán importante derrama económica.

En suma, de acuerdo a lo anterior se considera que el desarrollo del Proyecto generará beneficios significativos en los aspectos socioeconómicos, en los municipios de Bacadehuachi, Nacori Chico, Huasabas y Granados principalmente y beneficios secundarios en las poblaciones vecinas a la carretera de acceso al proyecto. De tal manera, que el desarrollo de la obra se considera Técnica y económicamente viable.

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL I-1

I.1 Proyecto I-1

I.1.1 Nombre del Proyecto I-1

I.1.2 Ubicación del Proyecto I-1

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto I-1

I.1.4 Presentación de la documentación legal I-1

I.2 Promovente I-1

I.2.1 Nombre o Razón Social I-1

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes I-1

I.2.3 Nombre y cargo del Representante Legal I-2

I.2.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del representante legal I-2

I.2.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones I-2

I.3 Responsable de la elaboración de la manifestación de impacto ambiental I-2

I.3.1 Nombre o Razón Social I-2

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes (Anexar copia simple) I-2

I.3.3 Nombre del responsable de la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental I-2

I.3.4 Registro Federal de Contribuyentes, Cédula Única de Registro de Población, y número de cédula profesional del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental I-4

I.3.5 Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental I-4

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO II-5

II.1 Información general del proyecto II-5

II.1.1 Demanda mundial actual del litio II-8

II.1.2 Principales productores II-9

II.1.3 México en la producción de litio II-10

II.1.4 Precio II-12

II.1.5 Problemática II-12

II.2 Naturaleza del proyecto II-13

II.3 Selección del Sitio II-14
II.3.1 Ubicación Física del Proyecto y Planos de Localización II-15
II.4 Inversión Requerida II-21
II.4.1 Estimación de Costos de Operación II-21
II.5 Dimensiones del proyecto II-23
II.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias II-30
II.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos II-30
II.7.1 Vías de acceso II-31
II.7.2 Alojamiento de empleados II-32
II.7.3 Electricidad II-32
II.7.4 Sistemas de control II-33
II.7.5 Agua II-34
II.7.6 Aire de la Planta II-34
II.7.7 Gas Propano Licuado II-35
II.7.8 Instalaciones Sanitarias II-35
II.7.9 Residuos II-35
II.8 Características particulares del proyecto II-35
II.9 Programa General de Trabajo II-36
II.9.1 Estudios económicos II-36
II.9.2 Estudios ambientales de línea base II-36
II.9.3 Permisos y autorizaciones II-37
II.9.4 Preparación del sitio y construcción II-37
II.9.5 Operación II-37
II.9.6 Abandono II-38
II.10 Preparación del sitio II-40
II.10.1 Tajo II-40
II.10.2 Tepetatera II-41
II.10.3 Disposición de residuos mineros II-41
II.10.4 Planta de proceso II-42
II.10.5 Áreas Auxiliares del Proceso II-42
II.10.6 Sitios para almacenamiento de suelo vegetal (tierra fértil) II-42
II.10.7 Subestación de mina II43
II.11 Construcción de obras mineras II-43
II.11.1 Depósitos superficiales de suelo fértil II-44

II.11.2 Tajo II-45
II.11.3 Tepetatera II-46
II.11.4 Polvorines II-46
II.11.5 Depósito de residuos mineros II-47
II.11.5.1 Consideraciones para el Diseño del depósito de residuos mineros II-48
II.11.5.2 Co-disposición de Residuos Filtrados y Tepetate II-51
II.11 5.3 Depósitos de Residuos Filtrados Encapsulados II-55
II.11.5.4 Depósito Temporal de Sub-productos II-56
II.11.6 Manejo de Agua Superficial y Pluvial II-57
II.11 6.1 Dimensionamiento de los Canales de Desviación (Control de escorrentías) II-59
II.11.6.2 Bordo de Control de avenidas de Agua Pluvial II-61
II.11.6.3 Bordo de Control de Sedimentos II-62
II.12 Instalaciones de Planta de proceso (Planta) II-62
II.13 Construcción de obras asociadas o provisionales II-65
II.13.1 Taller de mina II-65
II.13.2 Almacenamiento y distribución de combustibles II-66
II.13.3 Almacén temporal de residuos peligrosos II-66
II.13.4 Sistema contra incendios II-66
II.13.5 Oficina de medio ambiente II-67
II.13.6 Suministro de agua II-67
II.13.7 Tratamiento de aguas negras II-68
II.13.8 Edificios II-68
II.13.9 Edificio administrativo II-68
II.13.10 Oficina en la planta de proceso II-68
II.13.11 Almacén y talleres de mantenimiento de la planta de proceso II-68
II.13.12 Laboratorio II-69
II.13.13 Caseta de entrada II-69
II.13.14 Comunicaciones II-69
II.14 Etapa de operación y mantenimiento II-69
II.14.1 Resumen de las operaciones mineras II-69
II.14.2 Descripción del Proceso Metalúrgico II-70
II.15 Criterios de diseño para las Etapas del Proyecto II-73
II.15.1 Plan de producción por año II-75
II.15.2 Minado II-76

II.15.3 Reducción y clasificación por tamaño del mineral II-77
II.15.4 Flotación y Desaguado II-78
II.15.5 Circuito de extracción y precipitación II-79
II.15.6 Tostación II-79
II.15.7 Precipitación, espesado y filtrado II-80
II.15.8 Purificación y evaporación II-80
II.15.9 Intercambio iónico (IX) II-81
II.15.10 Primera precipitación, filtración, lavado y secado del carbonato de litio II-81
II.15.11 Manejo del primer producto grado batería II-82
II.15.12 Evaporación de Glaserita II-82
II.15.13 Segunda precipitación, filtración y lavado del carbonato de litio II-82
II.15.14 Circuito de bicarbonatación, incluyendo filtración, secado y precipitación II-83
II.15.15 Procesamiento del Sulfato de Potasio II-84
II.15.16 Cristalización del Sulfato de Sodio II-84
II.15.17 Utilización de materias primas en el proceso II-85
II.16 Etapa de abandono del sitio (post-operación) II-87
II.16.1 Cierre del tajo II-88
II.16.2 Cierre de tepetateras II-89
II.16.3 Cierre de caminos de acarreo II-90
II.16.4 Cierre de planta de procesos II-90
II.16.5 Directrices para materiales y residuos II-90
II.16.6 Monitoreo de aguas superficiales y subterráneas II-91
II.16.7 Protección de especies II-91
II.16.7.1 Programa de monitoreo durante el cierre II-91
II.16.8 Cierre de instalaciones de apoyo II-92
II.16.9 Utilización de explosivos II-92
II.17 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera. II-93
II.17.1 Residuos sólidos II-93
II.17.1.1 Tepetate II-93
II.17.1.2 Residuos de Manejo Especial II-93
II.17.1.3 Residuos Sólidos Urbanos II-94
II.17.2. Aguas residuales II-94
II.17.3 Emisiones atmosféricas II-95
II.17.4 Residuos peligrosos II-95

II.17.4.1 Aceite usado II-96
II.17.4.2 Otros productos de desecho como suelo contaminado, filtros, estopas, basura industrial II-96
II.17.4.3 Empaques y embalajes de sustancias tóxicas II-96
II.17.4.4 Residuos de Laboratorio II-96
II.17.5 Infraestructura para la minimización de residuos II-97
II.17.6 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos II-97
II.17.7 Otras fuentes de daños II-98
II.17.7.1 Contaminación por ruido y/o vibraciones II-98
II.17.7.2 Contaminación térmica, radiactiva y luminosa II-98
II.17.8 Situaciones de riesgo ambiental II-98
II.18 Manejo de Agua Superficial y Pluvial II-99
II.18.1 Dimensionamiento de los Canales de Desviación II-100
III. VINCULACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO III-101
III.1 Planes de Desarrollo III-102
III.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 ..... III-102
III.1.2 Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 ..... III-103
III.1.3 Plan Municipal de Desarrollo Bacadehuachi III-104
III.2 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio POEGT III-104
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sonora III-109
III.3 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas III-110
III.4 Regiones y Áreas Prioritarias III-110
III.4.1 Regiones Hidrológicas Prioritarias III-110
III.4.2 Regiones Terrestres Prioritarias III-110
III.4.3 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) III-115
III.5 Instrumentos Normativos III-115
III.5.1 Leyes y Reglamentos Federales III-115
III.5.1.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) III-115
III.5.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental III-117
III.5.1.3 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera III-117

III.5.1.4 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes III-117
III.5.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) III-118
III.5.1.6 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos III-118
III.5.1.7 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) III-119
III.5.1.8 Reglamento Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable III-119
III.5.1.9 Ley General de Vida Silvestre (LGVVS) III-119
III.5.1.10 Ley de Aguas Nacionales (LAN) III-120
III.5.1.11 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales III-120
III.5.1.12 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) III-122
III.5.2 Normas Oficiales Mexicanas III-122
III.5.2.1 Control de la contaminación del Agua III-122
III.5.2.2 Control de las Emisiones de Ruido III-122
III.5.2.3 Control de la Contaminación Atmosférica III-122
III.5.2.4 Control de la Contaminación del Suelo III-123
III.5.2.5 Residuos Peligrosos, de Manejo Especial y Sólidos Urbanos III-123
III.5.2.6 Impacto Ambiental III-124
III.5.2.7 Recursos Naturales III-124
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO IV-125
IV.1 Inventario Ambiental IV-125
IV.1.1 Delimitación del área de estudio IV-125
IV.1.2 Distribución Espacial del Proyecto IV-125
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental IV-127
IV.2.1 Aspectos Abióticos IV-127
IV.2.1.1 Clima IV-127
IV.2.1.1.1 Tipo de Clima IV-128
IV.2.1.2 Temperatura promedio mensual y anual IV-130
IV.2.1.3 Precipitaciones promedio mensuales y anuales (mm) IV-131
IV.2.1.3.1 Lluvia máxima en 24 horas IV-132
IV.2.1.4 Susceptibilidad de la zona a sismicidad, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, otros movimientos de tierra o roca y posible actividad volcánica . IV-136
IV.2.1.5 Geología y Geomorfología IV-138

IV.2.1.5.1 Estratigrafía IV-138
IV.2.1.5.1.1 Rocas Mesozoicas IV-138
IV.2.1.5.1.2 Rocas Cenozoicas IV-139
IV.2.1.5.2 Características Geomorfológicas IV-141
IV.2.1.5.3 Susceptibilidad IV-141
IV.2.1.6 Fisiografía IV-142
IV.2.1.7 Suelos IV-146
IV.2.1.7.2 Muestreo de Suelos IV-148
IV.2.1.8 Geohidrología e Hidrología Superficial y Subterránea IV-150
IV.2.1.8.1 Hidrología Superficial IV-150
IV.2.1.8.1.1 Parámetros hidráulicos IV-150
IV.2.1.8.1.2 Piezometría IV-151
IV.2.1.8.1.3 Comportamiento hidráulico IV-151
IV.2.1.8.2 Hidrología de la zona del Proyecto IV-157
IV.2.1.8.2.1 Arroyo La Ventana IV-158
IV.2.1.8.2.2 Presas derivadoras IV-158
IV.2.1.8.3 Hidrología subterránea IV-161
IV.2.1.8.3.1 Disponibilidad de aguas subterráneas IV-161
IV.2.1.8.3.2 Balance de aguas subterráneas IV-161
IV.2.1.8.3.3 Disponibilidad IV-165
IV.2.1.8.4 Situación regulatoria, planes y programas de los recursos hídricos IV-166
IV.2.1.8.5 Calidad del agua superficial y subterránea de la zona IV-167
IV.2.1.8.5.1 Resultado de Muestreo de Aguas IV-172
IV.2.1.8.5.2 Interpretación de los resultados IV-172
IV.2.2 Aspectos bióticos IV-179
IV.2.2.1 Caracterización y análisis del sistema ambiental IV-179
IV.2.2.2 Vegetación IV-179
IV.2.2.2.1 Tipos de Vegetación IV-180
IV.2.2.3 Especies Listadas en la NOM-SEMARNAT-2010 ..... IV-194
IV.2.2.3.1 Estratos Considerados IV-197

IV.2.2.3.2 Tamaño de la Muestra IV-198
IV.2.2.3.3 Sitios de Muestreo de Vegetación IV-199
IV.2.2.3.4 Índice de Valor de importancia IV-202
IV.2.2.3.5 Índice de Diversidad IV-204
IV.2.2.3.6 Definir la biomasa por hectárea promedio por tipo de vegetación IV-207
IV.2.2.3.6.1 Altura IV-208
IV.2.2.3.6.2 Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) IV-208
IV.2.2.4 Fauna IV-213
IV.2.2.4.1 Composición de las comunidades faunísticas IV-213
IV.2.2.4.2 Especies existentes en el área de estudio IV-215
IV.2.2.4.2.1 Peces IV-215
IV.2.2.4.2.2 Reptiles y Anfibios IV-218
IV.2.2.4.2.3 Aves IV-222
IV.2.2.4.2.4 Mamíferos IV-232
IV.2.2.4.3 Metodología Aplicada IV-236
IV.2.2.4.3.1 Toma de datos IV-236
IV.2.2.4.3.2 Muestreo IV-237
IV.2.2.4.3.3 Categorías de riesgo IV-239
IV.2.2.4.3.4 Monitoreo IV-239
IV.2.2.4.3.5 Resultados IV-253
IV.2.2.4.3.6 Cámaras - Trampa IV-259
IV.2.2.4.3.7 Conclusiones IV-263
IV.2.2.4.4 Presencia de especies animales bajo régimen de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES, 2007) IV-267
IV.2.2.4.4.1 Endemismo IV-268
IV.2.2.4.4.2 Diversidad y abundancia relativa IV-269
IV.2.2.4.4.3 Diversidad IV-269
IV.2.3 Paisaje IV-270
IV.2.4 Medio Socioeconómico en Bacadehuachi IV-273
IV.2.4.1 Demografía IV-273

IV.2.4.2 Actividades Productivas IV-275
IV.2.4.3 Vivienda y Urbanización IV-275
IV.2.4.4 Educación y Salud IV-276
IV.2.4.4.1 Educación IV-276
IV.2.4.4.2 Salud IV-276
IV.2.4.5 Equipamiento IV-277
IV.2.4.5.1 Vías de Comunicación IV-277
IV.2.4.5.2 Transporte a otros Poblados IV-277
IV.2.4.5.3 Teléfono IV-277
IV.2.4.6 Cultura IV-277
IV.2.5 Medio Socioeconómico en Granados IV-278
IV.2.5.1 Demografía IV-278
IV.2.5.2 Actividades Productivas IV-280
IV.2.5.3 Vivienda y Urbanización IV-280
IV.2.5.4 Educación y Salud IV-281
IV.2.5.4.1 Educación IV-281
IV.2.5.4.2 Salud IV-282
IV.2.5.5 Equipamiento IV-282
IV.2.5.5.1 Vías de Comunicación IV-282
IV.2.5.5.2 Transporte a otros Poblados IV-282
IV.2.5.5.3 Teléfono IV-282
IV.2.5.6 Cultura IV-282
IV.2.6 Medio Socioeconómico en Huásabas IV-284
IV.2.6.1 Demografía IV-284
IV.2.6.2 Actividades Productivas IV-286
IV.2.6.3 Vivienda y Urbanización IV-286
IV.2.6.4 Educación y Salud IV-288
IV.2.6.4.1 Educación IV-288
IV.2.6.4.2 Salud IV-288
IV.2.6.5 Equipamiento IV-288
IV.2.6.5.1 Vías de Comunicación IV-288
IV.2.6.5.2 Transporte a otros Poblados IV-288

IV.2.6.5.3 Teléfono IV-288
IV.2.6.6 Cultura IV-289
IV.2.7 Medio Socioeconómico en Nacori Chico IV-290
IV.2.7.1 Demografía IV-290
IV.2.7.2 Actividades Productivas IV-292
IV.2.7.3 Vivienda y Urbanización IV-292
IV.2.7.4 Educación y Salud IV-293
IV.2.7.4.1 Educación IV-293
IV.2.7.4.2 Salud IV-293
IV.2.7.5 Equipamiento IV-294
IV.2.7.5.1 Vías de Comunicación IV-294
IV.2.7.5.2 Teléfono IV-294
IV.2.7.6 Cultura IV-294
V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL V-296
V.1 Metodología para identificación y evaluación de los impactos ambientales V-297
V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación V-299
V.1.2.1 Criterios V-299
V.1.2.2 Matriz de Interacción V-300
V.2 Indicadores de Impacto V-301
V.2.1 Componente agua V-302
V.2.2 Componente suelo V-302
V.2.3 Componente aire V-302
V.2.4 Factores Bióticos (flora y fauna) V-303
V.2.5 Componente paisaje V-303
V.2.6 Aspectos socioeconómicos V-303
V.3 Descripción de los Impactos V-307
V.3.1 Agua Superficial V-308
V.3.2 Aguas Subterráneas V-310
V.3.3 Suelo V-310
V.3.4 Atmósfera V-312
V.3.5 Paisaje V-312
V.3.6 Flora V-313
V.3.7 Fauna V-313

V.3.8 Socio-Económico V-314
V.4 Evaluación de los Impactos V-315
VI. DECRIPCIÒN GENERAL DE LAS MEDIDAS O PROGRAMAS DE MITIGACIÒN O CORRECTIVAS VI-320
VI.1 Medidas de ingeniería o estructurales VI-322
VI.2 Medidas de manejo o estructurales VI-324
VI.3 Revisión de políticas VI-325
VI.4 Medidas de mitigación por componente ambiental VI-325
VI.4.1 Agua VI-326
VI.4.1.1 Medidas de mitigación y/o compensación VI-326
VI.4.2 Suelo VI-330
VI.4.2.1 Medidas de mitigación y/o compensación ambiental VI-330
VI.4.3 Vegetación VI-334
VI.4.3.1 Medidas de mitigación y/o compensación VI-334
VI.4.4 Fauna VI-338
VI.4.4.1 Medidas de mitigación y/o compensación VI-338
VI.4.5 Paisaje VI-341
VI.4.5.1 Medidas de mitigación y/o compensación VI-341
VI.5 Medidas adicionales VI-342
VI.5.1 Señalización VI-342
VI.6 Impactos Residuales VI-343
VII. PRONÒSTICOS DEL ESCENARIO VII-345
VII.1 Caso 1. No realización del Proyecto VII-345
VII.2 Caso 2. Realización del Proyecto VII-345
VII.3 Caso 3. Realización del Proyecto con Medidas de Mitigación VII-346
VII.4 Caso 4. Al finalizar el Proyecto VII-346
VII.5 Programa de Vigilancia Ambiental VII-346
VII.6 Evaluación de alternativas y conclusiones VII-349
VIII. BIBLIOGRAFÍA VIII-351

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Ubicación del Proyecto La Ventana I-3
Figura II.1 Ubicación del proyecto la Ventana II-7

Figura II.2 Utilización del Carbonato de Litio en la Industria II-8
Figura II.3 Demanda de litio por aplicación (2013-2025). Fuente: Deutsche Bank (2016) II-9
Figura II.4 Reservas mundiales de litio. Fuente: Deutsche Bank (2016)..... II-11
Figura II.5 Concesiones Mineras de la empresa Minera Sonora Borax SA de CV II-15
Figura II.6 Polígono general del proyecto..... II-19
Figura II.7 Arreglo general del proyecto al año 21 de operación II-20
Figura II.8 Desglose de superficies de acuerdo con el diseño de las obras a construirse para el proyecto II-25
Figura II.9 Superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal..... II-27
Figura II.10 Vista de la planta del depósito de residuos II-50
Figura II.11 Sección transversal del depósito de residuos mineros II-51
Figura II.12 Gráfica del Potencial de Drenaje ácido para el Tepetate..... II-55
Figura II.13 Gráfica del Potencial de Drenaje Ácido para los residuos de proceso..... II-56
Figura II.14 Subcuencas dentro del área del proyecto La Ventana II-59
Figura II.15 Sección típica de los canales de desviación II-61
Figura II.16 Sección transversal típica del bordo de contención de control de avenidas de agua pluvial..... II-62
Figura II.17 Arreglo general de la planta de proceso para la primera etapa II-64
Figura II.18 Arreglo general de la planta de proceso para la segunda etapa..... II-65
Figura II.19 Diagrama de bloques del proceso de producción de Carbonato de Litio (Li2CO3) II-73
Figura III.1 Escenario de Tendencias a Mediano Plazo (2023)..... III-105
Figura III.2 Escenario Tendencial a Largo Plazo (2033) III-106
Figura III.3 Áreas Naturales Protegidas..... III-112
Figura III.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias III-113
Figura III.5 Regiones Terrestres Prioritarias..... III-114
Figura III.6 Áreas de Importancia y Conservación de las aves III-116
Figura IV.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio IV-126
Figura IV.2 Plano de Unidades Climáticas IV-129
Figura IV.3 Temperatura media mensual (°C) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana IV-130
Figura IV.4 Variación de la precipitación media mensual (mm) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana IV-131
Figura IV.5 Precipitación máxima en 24 hrs contra período de retorno para la estación “Bacadehuachi”.....IV-134

Figura IV.6 Precipitación máxima en 24 hrs, calculada con base a la función Gumbel para dos poblaciones para diferentes períodos de retorno IV-135
Figura IV.7 Índice de Peligro y Vulnerabilidad del Municipio de Bacadehuachi IV-136
Figura IV.8 Regionalización Sísmica de la República Mexicana IV-142
Figura IV.9 Estructura Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental IV-143
Figura IV.10 Plano de Fisiografía del Proyecto IV-144
Figura IV.11 Geología en la zona del proyecto IV-145
Figura IV.12 Tipos de suelo en la zona del proyecto IV-147
Figura IV.13 Acuífero Bacadehuachi IV-152
Figura IV.14 Cuenca Hidrológica Río Yaqui IV-153
Figura IV.15 Cuencas y Subcuencas IV-156
Figura IV.16 Hidrología Superficial IV-160
Figura IV.17 Hidrología Subterránea IV-164
Figura IV.18 Muestreo de Agua Subterránea en pozo A Sub-01 ..... IV-178
Figura IV.19 Toma de Muestra en A Sup-06 ..... IV-178
Figura IV.20 Vista parcial del Bosque de galería IV-182
Figura IV.21 Fragmento de Bosque espinoso IV-188
Figura IV.22 Bosque de Encinos IV-191
Figura IV.23 Vista parcial de Pastizal IV-193
Figura IV.24 *Sabal uresana Trel.* Especie en protección especial (Pr) IV-194
Figura IV.25 Especificaciones en la medición del DN IV-198
Figura IV.26 Sitios de Muestreo de Vegetación IV-201
Figura IV.27 Esquema de la composición del Índice de Valor de Importancia IV-204
Figura IV.28 Representación del Índice de Diversidad de Shannon-Weiner IV-205
Figura IV.29 Porcentaje de especies de peces del mundo en relación con México y el estado de Sonora IV-216
Figura IV.30 Porcentaje de especies de la Herpetofauna del mundo en relación con México y el estado de Sonora IV-219
Figura IV.31 Porcentaje de especies de aves en el mundo en relación con México y el estado de Sonora IV-223
Figura IV.32 Porcentaje de especies de mamíferos en el mundo en relación con México y el estado de Sonora IV-233
Figura IV.33 Herpetólogo removiendo residuos vegetales IV-240
Figura IV.34 Captura de un lagarto escorpión de Arizona (*Elgaria kingii*) IV-240
Figura IV.35 Sapo de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*) IV-241

Figura IV.36 Rana chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*) IV-241
Figura IV.37 Lagarto escorpión de Arizona (*Elgaria kingii*) IV-241
Figura IV.38 Culebra de la noche (*Hypsiglena torquata*).....IV-241
Figura IV.39 Lagartija de árbol norteña (*Urosaurus ornatus*) IV-241
Figura IV.40 Lagartija espinosa del Noroeste (*Sceloporus clarkii*) IV-241
Figura IV.41 Ranita olivo (*Gastrophryne olivacea*) IV-242
Figura IV.42 Ranita de cañón (*Hyla arenicolor*).....IV-242
Figura IV.43 Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*).....IV-243
Figura IV.44 Pibí boreal (*Savornis nigricans*). IV-243
Figura IV.45 Zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata*) IV-243
Figura IV.46 Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperi*) IV-243
Figura IV.47 Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*) IV-243
Figura IV.48 Mosquero saucero (*Empidonax occidentalis*) IV-243
Figura IV.49 Chivirín chochín (*Salpinctes obsoletus*) IV-244
Figura IV.50 Cuervo común (*Corvus corax*) IV-244
Figura IV.51 Martin pescador norteño (*Megaceryle alcyon*).....IV-244
Figura IV.52 Mosquero lampiño (*Savornis saya*).....IV-244
Figura IV.53 Toqui pardo (*Melozone fusca*) IV-244
Figura IV.54 Chivirín pantanero (*Catherpes mexicanus*).....IV-244
Figura IV.55 Gorrion de Brewer (*Spizella breweri*) IV-245
Figura IV.56 Zopilote aura (*Cathartes aura*) IV-245
Figura IV.57 Cernicalo americano (*Falco sparverius*) IV-245
Figura IV.58 Gorrión mexicano (*Haemorhous mexicanus*).....IV-245
Figura IV.59 Cardenal pardo (*Cardinalis sinuatus*).....IV-245
Figura IV.60 Cenzontle (*Mimus polyglottos*).....IV-245
Figura IV.61 Ubicación de los transectos de muestreo en el área de estudio.....IV-246
Figura IV.62 Rata magueyera (*Neotoma albigul*) IV-248
Figura IV.63 Ratón (*Chaetodipus penicillatus*) IV-248
Figura IV.64 Sitio de colocación de trampas Sherman.....IV-248
Figura IV.65 Colocación de trampas Havahart.....IV-248
Figura IV.66 Colocación de Cámara Trampa. IV-249
Figura IV.67 Huella de pecarí (*Dicotyles angulatus*) IV-250
Figura IV.68 Huella de bapiti (*Bassariscus astutus*).....IV-250

Figura IV.69 Huella de tlacuachei (*Didelphis virginiana*)..... IV-250
Figura IV.70 Huela de zorrillo (*Mephitis sp*)..... IV-250
Figura IV.71 Huella de puma (*Puma concolor*)..... IV-250
Figura IV.72 Huella de lince (*Lynx rufus*)..... IV-250
Figura IV.73 Huella de Mapache (*Procyon lotor)*..... IV-251
Figura IV.74 Instalación de redes de niebla..... IV-251
Figura IV.75 Red ornitológica trabajando..... IV-251
Figura IV.76 Ubicación de Cámaras Trampa..... IV-252
Figura IV.77 Registro de Mamíferos en el Áreas..... IV-257
Figura IV.78 Número de registros totales en cada sitio del área de estudio IV-258
Figura IV.79 Solitario (*Nasua narica*)..... IV-259
Figura IV.80 Murciélago (*Myotis melanorhinus*)..... IV-259
Figura IV.81 Murciélago (*Nyctinomops femorosaccus*) IV-259
Figura IV.82 Murciélago (*Myotis auriculus*)..... IV-259
Figura IV.83 Abundancia relativa de especies, basada en la ocurrencia de las cámaras trampa..... IV-261
Figura IV.84 Mamíferos con mayor dominancia IV-262
Figura IV.85 Curva de Accumulation IV-263
Figura IV.86 Registros de la riqueza específica para cada sitio de muestreo IV-264
Figura IV.87 Registro de la riqueza relativa para cada sitio..... IV-265
Figura IV.88 Mapa de registros de herpetofauna en el sitio IV-266
Figura IV.89 Porcentajes de población por edades en Bacadéhuachi IV-273
Figura IV.90 Población económicamente activa y no activa en Bacadéhuachi..... IV-274
Figura IV.91 Figura IV.91 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Bacadéhuachi IV-274
Figura IV.92 Bacadéhuachi desde el cielo. Por: Valencia-Galaz (Google Maps).... IV-276
Figura IV.93 Iglesia de Nuestra Señora de Loreto..... IV-278
Figura IV.94 Porcentajes de población por edades en Granados IV-279
Figura IV.95 Población económicamente activa y no activa en Granados..... IV-279
Figura IV.96 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Granados IV-280
Figura IV.97 Granados desde el cielo. Por: Wayne McClelland. (Google Maps IV-281
Figura IV.98 Iglesia de San Isidro Labrador en Granados..... IV-283
Figura IV.99 La Pirinola en Granados. Por etbarcelo (Google Maps) IV-283
Figura IV.100 Porcentajes de población por edades en Huásabas..... IV-284
Figura IV.101 Población económicamente activa y no activa en Huásabas IV-285

Figura IV.102 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Huásabas IV-285
Figura IV.103 Entrada al municipio de Huásabas IV-287
Figura IV.104 Carretera a la entrada de Huásabas.....IV-287
Figura IV.105 Río Huásabas IV-289
Figura IV.106 Plaza de Huásabas. Por: Ramón Anduaga Verdugo (Google Maps) IV-290
Figura IV.107 Porcentajes de población por edades en Nácori Chico IV-291
Figura IV.108 Población económicamente activa y no activa en Nácori Chico.....IV-291
Figura IV.109 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Nácori Chico.....IV-292
Figura IV.110 Calles y casas de Nácori Chico. Por: J Abelardo Suárez (Google Maps) IV-293
Figura IV.111 Iglesia de Santa Rosa de Lima IV-294
Figura IV.112 Paisaje de Nácori Chico. Por Enr1kM0ran (Google Maps).....IV-295
Figura VI.1 Señalización a instalar en el Proyecto La Ventana.....VI-343

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Producción, reservas y recursos de litio por país en 2015. Fuente: Deutsche Bank (2016) II-10
Tabla II.2 Estimación de Recurso Mineral II-13
Tabla II.3 Cuadro Constructivo del Proyecto II-16
Tabla II.4 Estimación del Costo Capital.....II-21
Tabla II.5 Promedio anual de costos operativos promedio en dólares americanos (±) 25% II-22
Tabla II.6 Viabilidad Financiera del Proyecto La Ventana II-23
Tabla II.7 Desglose de superficies de las obras del proyecto La Ventana II-23
Tabla II.8 Porcentaje de superficies según la condición del terreno II-26
Tabla II.9 Desglose del predio de acuerdo a la clasificación de usos del suelo.....II-28
Tabla II.10 Clasificación de superficies para proyectos que requieran el cambio de uso del suelo II-29
Tabla II.11 Programa general de trabajo para desarrollar las obras del proyecto.....II-39
Tabla II.12 Parámetros Geométricos de Diseño para los Caminos.....II-44
Tabla II.13 Resultados del análisis de estabilidad del tajo II-45
Tabla II.14 Resumen de volúmenes de residuos mineros.....II-48

Tabla II.15 Características Físicas y Contenido de Humedad de los Residuos filtrados II-53
Tabla II.16 Cálculo de Escorrentía por Subcuencas y Eventos de Tormenta II-60
Tabla II.17 Gastos de Diseño para un periodo de Retorno de 100 años utilizando el Hidrograma unitario Triangular II-60
Tabla II.18 Resumen de Dimensionamiento de los Canales de Desviación para un gasto de 100 años II-61
Tabla II.19 Criterios de diseño del proceso II-74
Tabla II.20 Lista de Equipo Móvil II-75
Tabla II.21 Plan de producción de minado II-76
Tabla II.22 Plan de producción de minado por fase II-77
Tabla II.23 Principales materias primas utilizadas en la producción del carbonato de litio grado batería, su clasificación y su consumo mensual II-87
Tabla II.24 Residuos peligrosos a generar por las operaciones mineras II-97
Tabla III.1 Ficha Técnica de UAB 9 ..... III-107
Tabla IV.1 Estaciones meteorológicas cercanas al área del Proyecto La Ventana. Fuente: SMN-CNA IV-127
Tabla IV.2 Temperatura media mensual y anual (°C) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana IV-130
Tabla IV.3 Precipitación promedio mensual y anual de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana (mm) IV-131
Tabla IV.4 Evento de precipitación máxima registrado en 24 horas por año IV-133
Tabla IV.5 Tipos de Suelo IV-146
Tabla IV.6 Concentraciones de referencia totales (CRT) por tipo de suelo industrial de acuerdo a NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 ..... IV-148
Tabla IV.7 Sitios de Muestreo de Aguas IV-167
Tabla IV.8 Parámetros de comparación IV-168
Tabla IV.9 Resultado de Muestreo de Aguas IV-172
Tabla IV.10 Inventario Florístico IV-194
Tabla IV.11 Sitios de Muestreo IV-199
Tabla IV.12 Base de datos de Muestreo de Vegetación IV-206
Tabla IV.13 Volumen de Biomasa por Hectárea Tipo del Proyecto IV-211
Tabla IV.14 Resumen de la riqueza de especies de peces dulceacuícolas nativos IV-217
Tabla IV.15 Listado Potencial de Reptiles IV-219
Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves IV-223
Tabla IV.17 Listado de Mamíferos reportados para el área de estudio IV-233

Tabla IV.18 Mamíferos Observados y su Estatus de Protección. IV-235
Tabla IV.19 Mamíferos Observados y su Estatus IV-254
Tabla IV.20 Especies Registrada en el Área y su Tipo de Registro IV-255
Tabla IV.21 Localidades e Individuos Registrados por Especie y Tipo de Registro.IV-256
Tabla IV.22 Riqueza de Especies Ocurrencia y Abundancia IV-260
Tabla IV.23 Valores de Abundancia Relativa de Mamíferos IV-261
Tabla IV.24 Dominancia Calculada IV-262
Tabla IV.25 Especies con alguna categoría de amenaza IV-267
Tabla IV.26 Especies endémicas de México IV-269
Tabla IV.27 Indicadores de Diversidad para la Riqueza Específica.....IV-269
Tabla V.1 Matriz de identificación de impactos ambientales para el proyecto La Ventana V-305
Tabla V.2 Resumen de la matriz de identificación de impactos V-307
Tabla V.3 Resumen de la matriz de identificación de impactos ambientales según la etapa de proyecto V-308
Tabla V.4 Matriz de valorización de los impactos ambientales del Proyecto La Ventana V-316
Tabla V.5 Resumen de valores de impacto según componente ambiental.....V-318
Tabla VI.1 Medidas de mitigación de ingeniería o estructurales del Proyecto VI-323
Tabla VI.2 Medidas de manejo para mitigación de impactos ambientales del Proyecto VI-324

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

I.1 Proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Proyecto “La Ventana”

I.1.2 Ubicación del proyecto

El Proyecto La Ventana se localiza en la parte Este del centro del Estado de Sonora, al Sur de la cabecera municipal del municipio de Bacadéhuachi, dentro de las concesiones mineras denominadas La Ventana, El Sauz, El Sauz 1, Fleur y Fleur 1, las cuales se encuentran dentro de terrenos particulares.

El acceso principal, partiendo de la Capital del Estado, Hermosillo, es tomando la carretera federal México 14 con dirección hacia Ures, pasando por Moctezuma y Huásabas hasta llegar al municipio de Bacadéhuachi, en donde se toma un camino de terracería en buenas condiciones hacia el sur de la cabecera municipal, hasta llegar a donde se ubica el sitio del Proyecto La Ventana. Figura I.1.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

El proyecto tendrá una vida útil de 24.5 años.

I.1.4 Presentación de la documentación legal

En el Anexo 1 se presenta la documentación legal que sustenta la constitución de la empresa “Minera Sonora Bórax SA de CV”, las Concesiones mineras y los convenios de cesión de Concesiones mineras que incluyen el área del proyecto, así como los contratos y escrituras notariadas para avalar los acuerdos con los propietarios de los predios.

I.2 Promovente

I.2.1 Nombre o Razón Social

Minera Sonora Bórax SA de CV (Anexo 1).

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

Protección de datos

I.2.3 Nombre y cargo del Representante Legal

Protección de datos

I.2.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del representante legal

Protección de datos

I.2.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Protección de datos

I.3 Responsable de la elaboración de la Manifestación de Impacto ambiental

I.3.1 Nombre o Razón Social

Grupo Onza

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes (Anexar copia simple)

Protección de datos

I.3.3 Nombre del responsable de la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental

Silvia Carreño González.

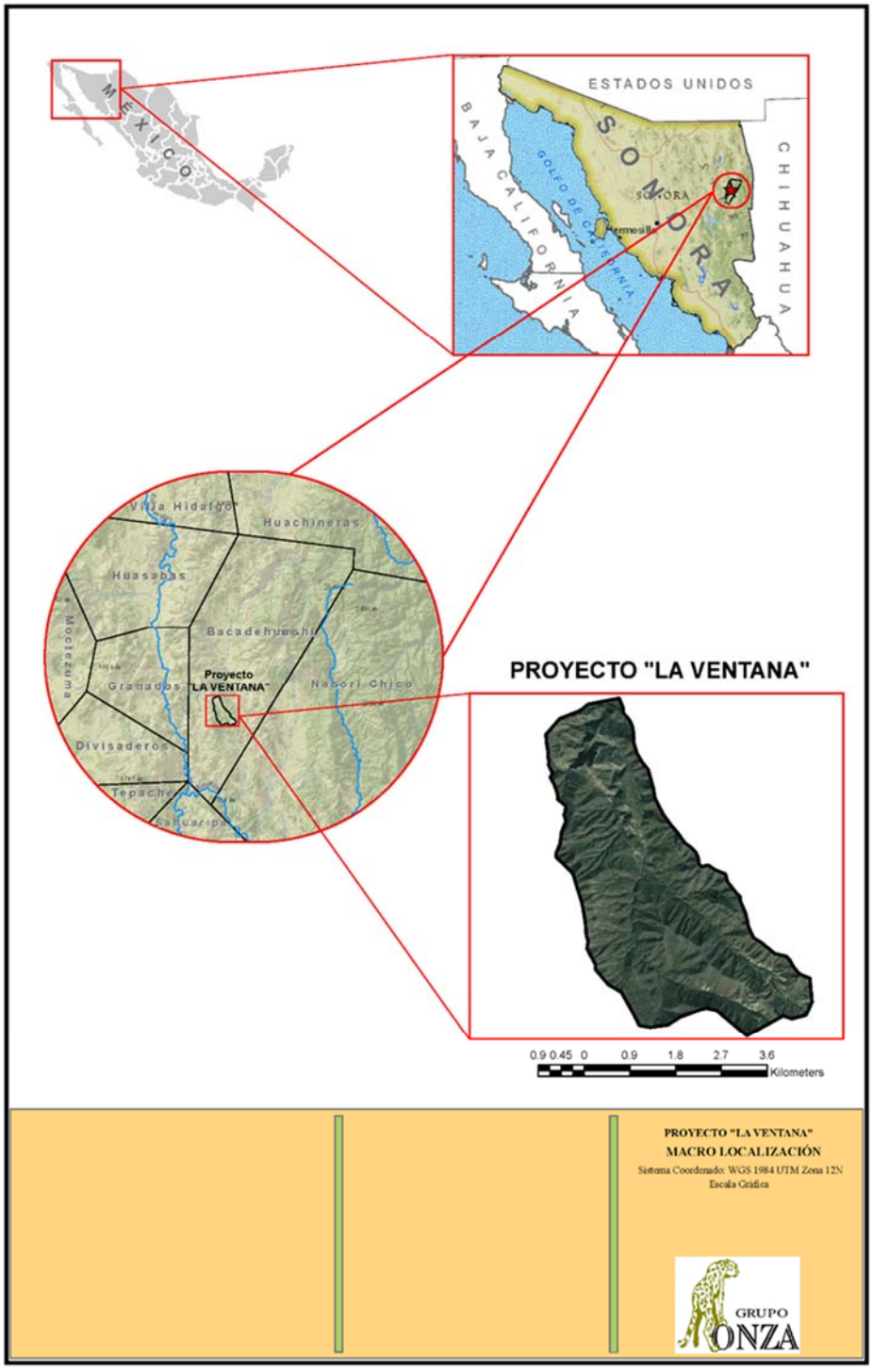


Figura I.1. Ubicación del Proyecto La Ventana.

I.3.4 Registro Federal de Contribuyentes, Cédula Única de Registro de Población, y número de cédula profesional del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental

Protección de datos

I.3.5 Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.

Protección de datos

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto

El Proyecto La Ventana consiste en la construcción de infraestructura minera y de explotación de un yacimiento de Litio. En la Figura II.1. se observa la ubicación del Proyecto; este se encuentra dentro del Municipio de Bacadéhuachi, aproximadamente a 17 Km hacia el Sur de la población del mismo nombre en el estado de Sonora.

El Proyecto consiste en la explotación de una mina a cielo abierto y la construcción y operación de una planta de procesamiento de carbonato de litio con una vida útil de 24.5 años. El Proyecto contempla el procesamiento del mineral que incluye la precipitación del litio con agua desmineralizada, seguida de una operación de intercambio iónico para remover impurezas y dos precipitaciones de carbonato de litio posteriores que dan lugar al producto de Carbonato de litio grado batería. La Compañía planea producir 17,500 toneladas de carbonato de litio en el primer año, a partir del 2019. Luego de producir a este nivel durante dos años, Bacanora proyecta elevar la producción a 35,000 toneladas anuales.

El litio combina un gran potencial electroquímico, una masa molecular baja, (es el elemento metálico más ligero, o el menos denso, ya que tiene la mitad de densidad que el agua) y un alto calor específico lo que lo hace ideal para su utilización en baterías. El litio tiene múltiples usos, pero uno de los más conocidos es su uso en baterías recargables, las cuales proveen de energía a los vehículos que son completamente eléctricos, combinación híbridos/eléctricos y completamente híbridos.

Aunque las baterías han estado atrayendo más atención en el campo del litio últimamente —en tiempos en que la demanda para el sector crece— cabe destacar que otros sectores siguen apuntando a una demanda saludable. El metal se emplea también en farmacéutica, lubricantes y vidrio resistente al calor. Debido al crecimiento de la tecnología de vehículos eléctricos, así como las preocupaciones por el incremento en la contaminación de CO_2 y los costos de los combustibles al alza, el uso del litio es amplió en la industria de las baterías.

Como la mayoría de los metales estratégicos, el litio no se comercia en ninguna bolsa pública, y la mayor parte de los productores de litio no suele dar estadísticas. Por largo tiempo, un oligopolio de productores llamado “Big 3” aportó el mayor volumen de litio en el mundo, el grupo incluía a Rockwood Lithium, Sociedad Química y Minera de Chile, y FMC.

La utilización de los productos derivados del litio es muy diversa y se pueden agrupar según el diagrama de la Figura II.2.

En la industria del aluminio, el litio se utiliza en forma de carbonato de litio al 3.5% con el fin de disminuir el punto de fusión y aumentar la conductividad eléctrica. En la industria del vidrio y de cerámica, se utiliza como aditivo para disminuir el punto de fusión y mejorar las propiedades de escurrimiento del material fundido.

En sistemas de aire acondicionado y control de la humedad, el litio se utiliza en forma de salmueras de bromuro de litio y cloruro de litio, aprovechando sus propiedades higroscópicas que le permiten absorber la humedad del aire. Además, el litio se utiliza en la industria de grasas y lubricantes hechas a base de jabones de litio (hidróxido de litio), denominadas grasas multipropósito, que conservan sus propiedades lubricantes en un amplio rango de temperatura.

Otras aplicaciones del litio incluyen la farmacología y reactores de fusión nuclear. El litio puede ser usado como catalizador en la producción de analgésicos, agentes anti colesterol, antihistamínico, anticonceptivos, inductores del sueño, algunos tipos de esteroides, tranquilizantes, vitamina A y otros productos. Respecto a su aplicación en reactores de fusión nuclear, el litio puede ser potencialmente utilizado para la producción de energía eléctrica mediante la fusión nuclear controlada de Deuterio y Tritio.

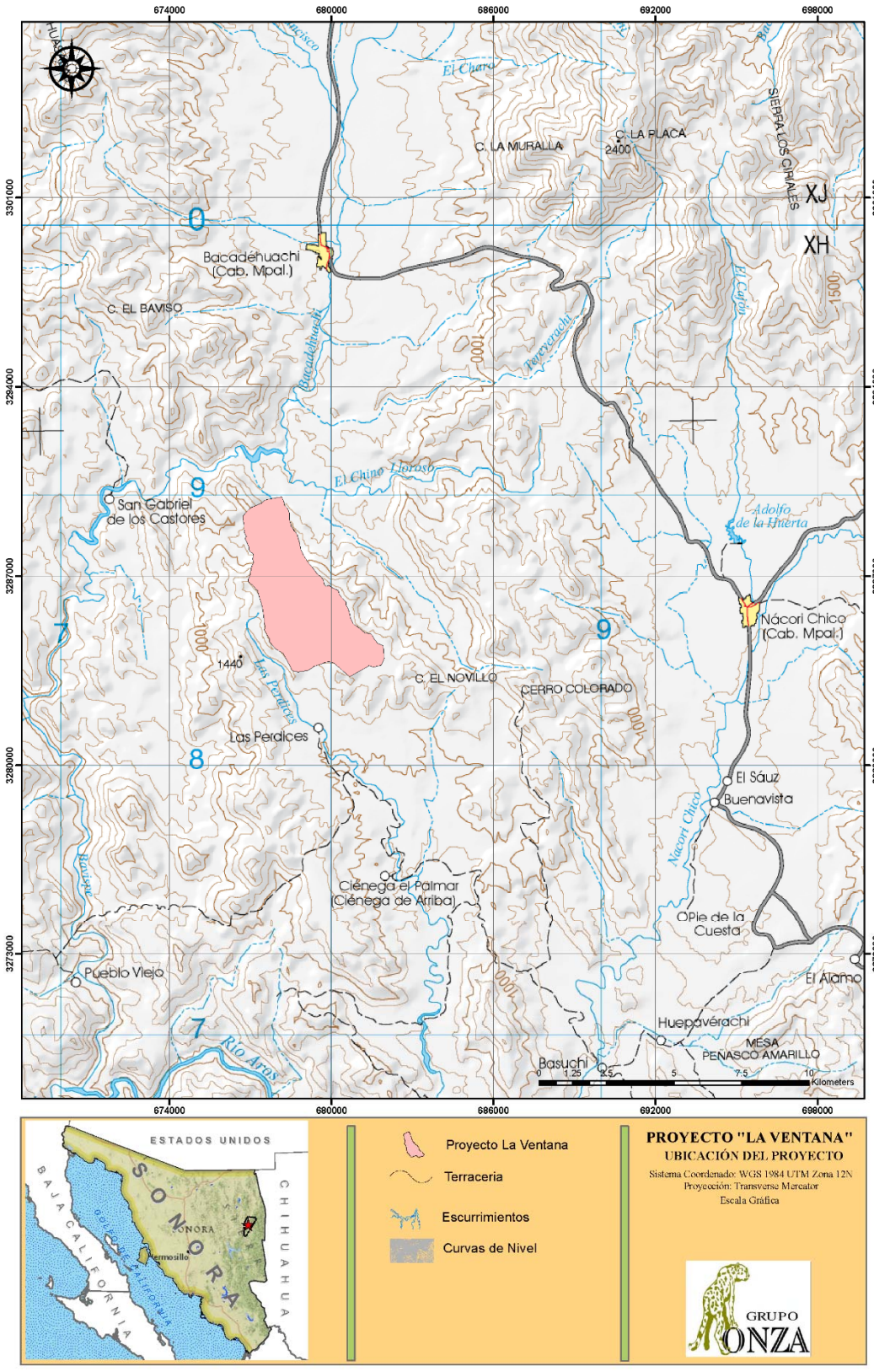


Figura II.1 Ubicación del proyecto la Ventana.

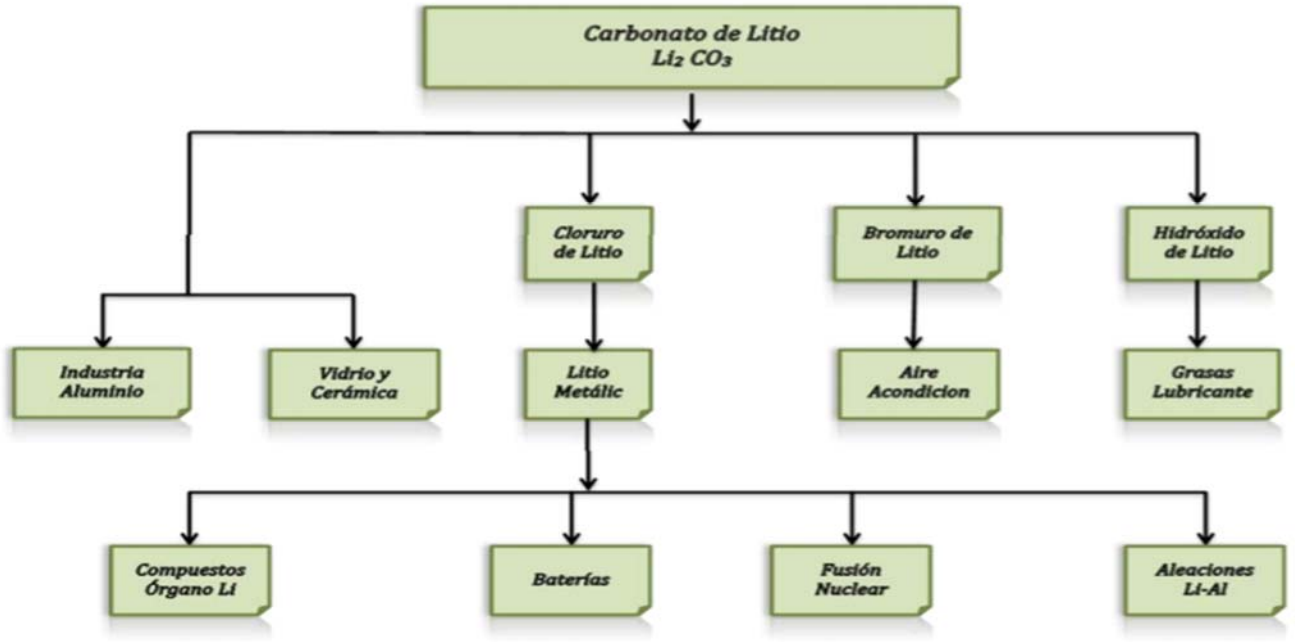


Figura II.2 Utilización del Carbonato de Litio en la Industria.

II.1.1 Demanda mundial actual del litio

La producción mundial y el consumo de litio aumentaron significativamente a partir del año 2013. La producción mundial de litio en 2013 se estimó en 150,000 toneladas de litio contenidas como carbonato de litio, cloruro de litio, hidróxido de litio, y concentrados minerales de litio en minerales y compuestos.

El principal país productor de litio es Chile; otros productores de carbonato de litio son Argentina, Chile, China y Estados Unidos. La demanda global de litio en 2016 fue de 209 kt, con la demanda en vehículos eléctricos creciendo año con año en un 14% de la demanda global. Un análisis de Deutsche Bank (2016), estima que para el año 2025, la demanda mundial de litio aumente a 534kt, donde el 45% representa la demanda para baterías de vehículos automotores.

En la figura II.3. se muestra el aumento de la demanda mundial de litio desde el año 2013 al 2025. De acuerdo con esta gráfica, la demanda de litio aumentará directamente en la industria de los vehículos eléctricos, incluyendo motocicletas eléctricas.

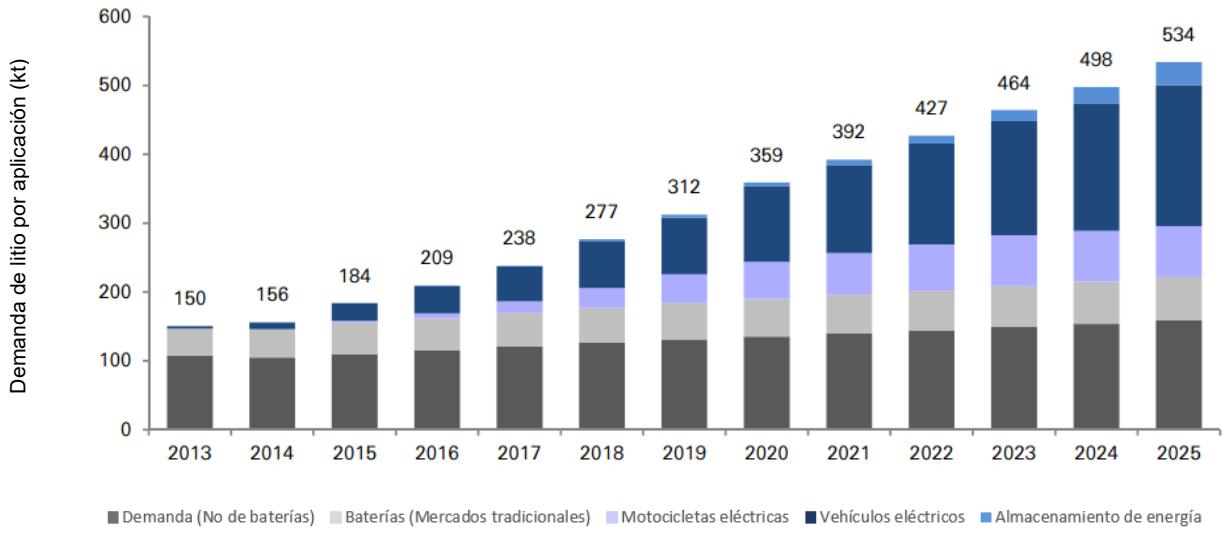


Figura II.3 Demanda de litio por aplicación (2013-2025). Fuente: Deutsche Bank (2016).

II.1.2 Principales productores

Dos tercios de las reservas mundiales de litio se encuentran en Chile, Bolivia y Argentina, lo que se conoce como el ‘Triángulo del Litio’. El mercado está concentrado en pocas empresas productoras que controlan el 50% de la producción; Albemarle (ALB US), es dueño de Rockwood Lithium, SQM (SQM US), FMC (FMC US) y Chengdu Tianqi.

Chile participa con el 35% en el mercado mundial de productos químicos de litio, los ingresos de la empresa Sociedad Química y Minera de Chile SA (SQM) de sus productos de litio aumentaron como resultado de la actividad del mercado, impulsada principalmente por la batería recargable y los mercados de grasa lubricante. Sus ventas de 45,700 ton. de carbonato de litio equivalente (LCE), fue 12 % mayor que en 2011, y el valor de las ventas se incrementaron en un 21 % a 222 mdd. Productos de litio de la compañía se distribuyen en todo el mundo.

La producción de carbonato de litio en Argentina en 2012 fue de 10,600 ton., y la producción de cloruro de litio fue de 4,300 ton. La empresa FMC opera su planta en el Salar de Hombre Muerto desde 1998. Fue diseñada inicialmente para producir alrededor de 12,000 ton/año de carbonato de litio y 5,500 ton/año de cloruro de litio. En 2012, la capacidad de producción de carbonato de litio de FMC aumentó a 23,000 ton/año. Sin embargo, las fuertes lluvias en Argentina durante el primer trimestre diluyeron las

salmueras de litio en las pozas de evaporación solar, y malas condiciones de evaporación durante el invierno de Argentina redujeron la producción de litio en el tercer trimestre.

Para el año 2015, la producción mundial de litio fue liderada por Chile con 63 kt producidas, representando un 37% de la producción mundial. Australia por su parte, también aportó 57 kt ese mismo año, representando el 33% de la producción mundial.

Argentina y China, siguen en orden de importancia, según la tabla 1, con 19 y 18 kt producidas, representando un 11% y 10% de la producción mundial, respectivamente.

Tabla II.1 Producción, reservas y recursos de litio por país en 2015. Fuente: Deutsche Bank (2016).

	Producción (2015)		Reservas		Recursos	
País	**kt**	**% Mundial**	**Mt**	**% Mundial**	**Mt**	**% Mundial**
Argentina	19	11	24	23	51	19
Australia	57	33	5.3	5.3	12	4.3
Bolivia	0.0	0.0	0.0	0.0	54	20
Brasil	2.1	1.2	0.5	0.5	5.3	2.0
Canadá	0.0	0.0	1.7	1.7	14	5.1
Chile	63	37	36	36	37	14
China	18	10	26	26	30	11
RD del Congo	0.0	0.0	3.8	3.8	6.1	2.2
México	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	3.2
Portugal	3.0	1.8	0.0	0.0	0.1	0.0
Rusia	0.0	0.0	0.0	0.0	14	5.2
Serbia	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.0
Zimbabue	5.3	3.1	0.8	0.8	1.7	0.6
Estados Unidos	4.5	2.6	3.2	3.1	18	6.5
Otros	0.0	0.0	0.1	0.1	15	5.6
Total Mundial	**171**	**100 %**	**102**	**100 %**	**273**	**100 %**

II.1.3 México en la producción de litio

Los registros estadísticos de litio en México no reportan ninguna producción, dado que los yacimientos que se conocen se encuentran aún en etapa de exploración; sin embargo, se estima que los recursos de litio en México son 8.9 Mt, lo cual representa el 3.2% mundial.

El litio se puede encontrar en niveles económicos en México en yacimientos principalmente compuestos por mineral de hectorita y politionita, aunque también existen proyectos cuyos yacimientos consisten en residuos de explotación geotérmica y salmueras evaporíticas.

En 1989, el Consejo de Recursos Minerales hoy Servicio Geológico Mexicano (SGM), llevó a cabo el estudio: “Exploración por sales diversas en salmueras de cuencas endorreicas existentes en el altiplano de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas”, dentro del cual se localizaron alrededor de 100 lagunas, que comprenden una superficie de 20,000 km^2, de las que aproximadamente un 30% contienen concentraciones irregulares de Litio, tanto vertical como horizontalmente.

Tales lagunas endorreicas tienen forma semicircular a elipsoide, y miden en promedio 2.5 kilómetros de largo por 1 kilómetro de ancho, y están distribuidas a lo largo de un alineamiento de 100 kilómetros de largo. Las salmueras productoras de sal común se encuentran casi a nivel superficial, de 4 a 5 m.

La Monografía Geológico-Minera del Estado de San Luis Potosí, elaborada por el Consejo de Recursos Minerales, hoy SGM, en 1992, incluye resultados de muestreo de algunas de estas lagunas (Laguna de los Hernández), mencionando que el análisis químico de la salmuera muestra valores anómalos de Litio 26 ppm, potasio 72 ppm, y magnesio 62 ppm.

En la figura II.4. se muestran las reservas de litio por país, y como se puede apreciar, México aporta un 3.2% de las mismas.

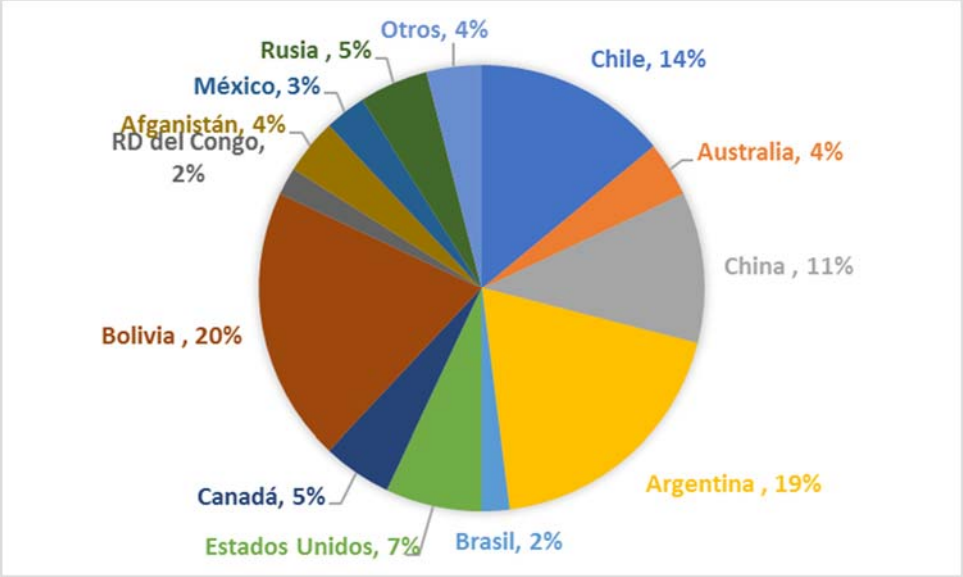


Figura II.4 Reservas mundiales de litio. Fuente: Deutsche Bank (2016).

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (SGM), existen dos empresas que buscan litio en México: Pan American Lithium y Litiomex. Sin embargo, ninguna de ellas tiene reservas probadas. Bacanora Minerals es otra empresa que recientemente se ha sumado al mercado de exploración de litio. Pan American Lithium opera en Baja California, al noroeste de México en su frontera con Estados Unidos de Norteamérica, y trabaja sobre un yacimiento formado por los residuos que dejó sobre la superficie la operación de una planta de generación geotérmica de la Comisión Federal de Electricidad. En México no existen antecedentes de este tipo de depósito.

Litiomex, tiene sus proyectos en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, al centro de México sobre el altiplano semidesértico, y trabaja en salmueras de evaporación, en cuencas endorreicas.

Los depósitos minerales identificados de Bacanora Minerals son: La Ventana, El Sauz, El Sauz 1 y Fleur. Los recursos estimados de mineral, ya sea hectorita o politionita, con los que cuentan los depósitos de La Ventana, El Sauz, El Sauz 1 y Fleur, son 276, 247, 150 y 47 Mt, respectivamente; de la misma manera, se estima que los recursos de litio, para estos mismos depósitos son 0.7, 0.4, 0.5 y 0.1 Mt, en el mismo orden.

Asimismo, los depósitos de La Ventana, El Sauz, El Sauz 1 y Fleur, cuentan con recursos estimados en equivalentes de carbonato de litio (LCE, por sus siglas en inglés) de 3.7, 2.2, 2.4, y 0.6 Mt, respectivamente.

II.1.4 Precio

El precio del litio varía dependiendo de factores como la pureza, tamaño de partícula, flete y tipo de envase. El carbonato de litio, que tiene una pureza del 99.5%, ha tenido un precio muy fluctuante en los últimos años. El precio del carbonato de litio tuvo un aumento significativo a partir del año 2013, pasando de $6,880 USD/ton en 2013 a $9,081 USD/ton en 2015 y llegando a un precio máximo en 2016, de $21,509 USD/ton. A partir del año 2018, se pronostica que el precio del carbonato de litio baje a $13,908 USD/ton y se mantenga en este rango hasta el año 2025, con un valor de $12,000 USD/ton ya que en este período se pondrán en producción algunos proyectos de Carbonato de Litio.

II.1.5 Problemática

La restricción económica más importante hasta el momento, es el costo de la remoción de impurezas de la salmuera, principalmente magnesio, calcio, hierro y potasio. Por tal motivo, se están desarrollando

nuevas tecnologías para el procesamiento de salmueras de litio que involucran la extracción por solventes en vez de lagunas de gran extensión territorial.

Uno de los mayores desafíos de la industria del litio es su oligopolio, conformado por cuatro productores que controlan alrededor del 85% del mercado mundial, aunado a la incertidumbre de su futura demanda y del comportamiento incierto de su mercado.

II.2 Naturaleza del proyecto

La empresa promovente inició los trabajos de exploración en el año 2010, en el área de la concesión minera denominada “La Ventana” y tiempo después en las concesiones mineras “El Sauz” y “Fleur”. A la fecha se han realizado diferentes campañas de barrenación equivalentes a un total de más de 14,000 metros en todas las concesiones.

En abril de 2016, la empresa SRK Consulting Ltd., del Reino Unido, (SRK), realizó la estimación de los recursos minerales del proyecto. La estimación del recurso mineral se basa en los resultados de exploración, cartografía de perforación y zanjeo, puestos a disposición de SRK el 19 de octubre de 2015, incluyendo la reserva mineral. Ver Tabla II.2.

Tabla II.2 Estimación de Recurso Mineral.

Clasificación	Concesión	Propietario	Unidad Geológica	Toneladas de Arcilla	Grado de Arcilla		Contenido de Metal		
							kt	kt	kt
				Mt	Li ppm	K%	Li	LCE	K
Indicado	La Ventana	Minera Sonora Borax (99.9% Bacanora)	Arcilla Inferior	64	3,700	1.7	235	1,252	1,055
			Arcilla Superior	32	2,100	0.9	68	363	280
	El Sauz	Mexilit (JV-1) (70% Bacanora)	Arcilla Inferior	58	3,000	1.3	174	928	735
			Arcilla Superior	14	2,100	0.8	28	151	110
	Fleur		Arcilla Inferior	60	4,300	1.8	256	1,363	1,070
			Arcilla Superior	27	2,200	0.9	59	316	235
	El Sauz1		Arcilla Inferior	4	4,000	1.7	15	80	65
			Arcilla Superior	1	2,200	0.8	2	10	5
Total Indicado			Combinado	259	3,200	1.4	839	4,463	3,555
Inferido	La Ventana	Minera Sonora Borax (99.9% Bacanora)	Arcilla Inferior	45	4,300	1.8	194	1,029	820
			Arcilla Superior	45	2,000	0.8	90	479	360
	El Sauz	Mexilit (JV-1) (70% Bacanora)	Arcilla Inferior	20	2,500	1.0	50	266	210
			Arcilla Superior	5	1,900	0.8	10	51	40
	Fleur		Arcilla Inferior	20	4,300	1.8	86	458	360
			Arcilla Superior	5	2,800	1.0	14	74	50
	El Sauz1		Arcilla Inferior	15	4,000	1.6	60	319	245
			Arcilla Superior	5	2,400	0.9	12	64	45
Total Inferido			Combinado	160	3,200	1.3	515	2,740	2,130

La vida útil de este proyecto minero está determinada por la dimensión del yacimiento, a partir de la evaluación de la factibilidad técnica del aprovechamiento del recurso mineral presente en la zona. La etapa de diseño a detalle y construcción de la mina, ocurrirá de manera simultánea y se estima que será de 18 meses. Para la operación, explotación y aprovechamiento del recurso se calculó un tiempo de vida útil de 21 años y para la etapa de cierre, abandono y remediación se calcularon 2 años. Con estas cifras se estima un total de 24.5 años de trabajo para el Proyecto La Ventana.

El polígono general del Proyecto La Ventana abarca una superficie total de 1,657.86 hectáreas; como se verá más adelante, este polígono general incluye todas las instalaciones de la mina y se planificó de tal manera que los límites del mismo se encuentran dentro de la microcuenca del mismo nombre. En el capítulo IV. Descripción del medio se explica esta característica con mayor detalle.

De las 1,657.86 hectáreas del proyecto se espera realizar el cambio de uso de suelo por un total de 472.52 hectáreas para desarrollar las actividades de explotación y beneficio del mineral.

II.3 Selección del Sitio

Las Propiedades de Minera Sonora Bórax SA de CV consiste de 97,389 ha de concesiones mineras en un conjunto de 10 concesiones, todas y cada una de las cuales tienen una vigencia de 50 años. Dichas concesiones son propiedad de Minera Sonora Bórax SA de CV en diferentes porcentajes con sus socios comerciales. (Figura II.5 y Anexo 1)

La ubicación y delimitacion del yacimiento de Litio es el factor determinante para ubicar el proyecto y el metodo que se aplicará para su explotación. El resto de las obras mineras se diseñaron tomando en cuenta la cercanía del yacimiento, los rasgos hidrológicos y la topografía del terreno, así como los acuerdos logrados con los propietarios de los terrenos superficiales.

Se han considerado algunas alternativas para el desarrollo minero, siempre considerando como primera variable la distancia en relación al yacimiento del mineral. Las obras e instalaciones de proceso y los servicios que formarán parte de las operaciones mineras se ubicarán de forma estratégica, procurando la menor afectación de la superficie y el buen control de los escurrimientos de agua que se presenten en la zona.

Figura II.5 Concesiones Mineras de la empresa Minera Sonora Borax SA de CV.

II.3.1 Ubicación Física del Proyecto y Planos de Localización

El área del Proyecto La Ventana se localiza en la parte Este del centro del Estado de Sonora, al Sur de la cabecera municipal del municipio de Bacadéhuachi, dentro de las concesiones mineras denominadas La Ventana, El Sauz y Fleur, las cuales se encuentran dentro de terrenos particulares.

El acceso principal, partiendo de la Capital del Estado, Hermosillo, es tomando la carretera federal México 14 con dirección hacia Ures, pasando por Moctezuma y Huásabas hasta llegar al municipio de Bacadéhuachi, en donde se toma un camino de terracería en buenas condiciones hacia el sur hasta llegar a donde se ubica el sitio del Proyecto La Ventana.

El cuadro de construcción del Proyecto La Ventana se presenta en la Tabla II.3 y en la Figura II.5 en coordenadas UTM, WGS84, R12.

PROTECCION
DE DATOS

PROTECCION DE DATOS

En la Figura II.7, se presenta el arreglo general del proyecto; se observa el polígono del Proyecto “La Ventana” y todas las obras planificadas.

Figura II.6 Polígono general del proyecto.

Figura II.7 Arreglo general del proyecto al año 21 de operación.

II.4 Inversión Requerida

La estimación del costo de capital cubre el diseño y la construcción de las obras mineras, así como el equipo de minería, planta de proceso, junto con la infraestructura *in situ* y fuera del sitio para apoyar la operación, incluyendo agua y suministro de energía y servicios de apoyo.

En la Tabla II.4 se presenta un resumen de las estimaciones de costo capital de las etapas 1 y 2 que tiene una precisión aproximadamente del 25% y una fecha de referencia correspondiente al cuarto trimestre del año 2015.

Todas las cantidades expresadas se encuentran en dólares estadounidenses.

Tabla II.4 Estimación del Costo Capital.

Área	Etapa 1	Etapa 2
Equipo de minería	$19,000,000.00	$19,600,000.00
Infraestructura minera	$3,700,000.00	$0.00
Planta de beneficio	$20,500,000.00	$18,100,000.00
Planta de proceso de litio	$90,500,000.00	$81,400,000.00
Infraestructura dentro del sitio	$15,900,000.00	$9,600,000.00
Infraestructura fuera del sitio	$16,800,000.00	5,900,000.00
EPCM/Gastos del propietario/ Indirectos	$45,600,000.00	$30,000,000.00
Contingencias	$28,000,000.00	$22,500,000.00
Total	$240,000,000.00	$177,100,000.00

II.4.1 Estimación de Costos de Operación

Los costos de operación del minado y procesamiento son para una producción promedio anual de aproximadamente 17,500 toneladas por año de Li_2CO_3 (99.5%) en la etapa 1 y de 35,000 toneladas por año en la etapa 2. La estimación de costos operativos cubre el minado, la planta de procesos y las instalaciones generales y de administración. Las estimaciones de los costos operativos promedio, con una precisión aproximada del 25%, se presentan en la Tabla II.5.

Tabla II.5 Promedio anual de costos operativos promedio en dólares americanos (±) 25%.			
Categoría	($/t Li_2CO_3)		
	Etapa 1	Etapa 2	Vida útil de la mina
Minado	642	538	543
Procesamiento	2,037	1,930	1,934
Generales y Administración	446	212	221
Total	3,125	2,680	2,698

La Tabla II.6 demuestra la viabilidad financiera del Proyecto La Ventana a una tasa de producción inicial de 17,500 t/año de Carbonato de Litio ("Li_2CO_3") en la Etapa 1 y una ampliación de la producción a 35,000 t/año en el Año 3 (Etapa 2).

Actualmente se estima que el proyecto tiene un período de amortización de cinco años. Los flujos de efectivo están calculados con base en un financiamiento del 100% del capital y muestran que el ingreso promedio anual será de $ 224 millones de dólares estadounidenses (en adelante, mdd) durante los 21 años de operación. El análisis económico indica un VPN antes de impuestos de aproximadamente $ 776 mdd, descontado el 8%, y una Tasa Interna de Retorno ("TIR") de aproximadamente 29%. Después de impuestos, el VPN será de aproximadamente $ 542 mdd y la TIR del 25%.

Un análisis de sensibilidad mostró que el Proyecto La Ventana es más susceptible al precio del litio, que, a cambios, ya sea en CAPEX u OPEX. Un aumento del 30% en el precio promedio del carbonato de litio, de $ 6,000 a $ 7,800 USD, aumenta el VPN después de impuestos de $ 542 a $ 944 mdd y la TIR después de impuestos a 36%. Una disminución del 30% en el precio promedio del carbonato de litio, de $ 6,000 a $ 4,200 USD, disminuiría el VPN después de impuestos de $ 542 a $ 138 mdd, y la TIR después de impuestos al 13%.

Los costos estimados para aplicar las medidas de prevención y mitigación se estiman en $1’312,000.00 USD que abarcan los costos de operación del departamento de medio ambiente, monitoreo ambiental, manejo de residuos, riego de caminos, manejo de aguas residuales, rescate y reubicación de especies, entre otros, durante las etapas de preparación del sitio y puesta en marcha del proceso productivo y para la operación del Proyecto La Ventana se requerirá de un presupuesto anual de $270,000 USD.

Para las actividades de restauración y cierre se estima una cantidad de 5’200,000.00 USD.

Tabla II.6 Viabilidad Financiera del Proyecto La Ventana.		
Parámetro	Unidades	Cantidad
VPN antes de impuestos	$M	776
TIR antes de impuestos	%	29
Periodo medio de maduración simple	años	5
Costo de capital inicial de la construcción	$M	240
Costo de capital de la construcción en la Etapa 2	$M	177
Costos operativos de la vida promedio de la mina (LOM)	$/t Li_2CO_3	2,698
Costos promedio netos de los Créditos de K_2SO_4, durante la operación de la mina	$/t Li_2CO_3	2,100
EBITDA Anual Promedio con Coproductos	$M/y	134
VPN después de impuestos (con 8% de descuento)	$M	542
TIR después de impuestos	%	25
Capacidad de producción anual nominal de Li_2CO_3 (Años 1 y 2)	t/y	17,500
Capacidad de producción anual nominal de Li_2CO_3 (Años 3 al 21)	t/y	35,000
Capacidad de producción anual nominal K_2SO_4 (Años 3 al 21)	t/y	50,000

II.5 Dimensiones del proyecto

En apego a los términos de cambio de uso de suelo en materia de impacto ambiental, se presenta el desglose de superficies de las obras que conforman el proyecto La Ventana y la superficie a afectar por cada una de ellas en la Tabla II.6

Tabla II.7 Desglose de superficies de las obras del proyecto La Ventana.				
Num. Identif.	Descripción	Superficie (ha)	Superficie perturbada (m^2)	Superficie natural (m^2)
1	Depósito de Residuos Mineros	209.56	13,347	2’082,253
2	Control de Avenidas	3.32	0	33,200
3	Polvorines	0.59	0	5,900
4	Control de escorrentías	11.10	0	111,000
5	Subestación	1.26	0	12,600
6	Planta	35.42	800	353,400
7	Tepetatera	43.39	0	433,900

8	Suelo Vegetal	4.74	0	47,400
9	Caminos Internos	23.65	0	236,500
10	Tajo	139.49	22,895	1’372,005
	Total de obras mineras	472.52	37,042	4’688,158
	Total del polígono de propiedad	1,657.86	94,669	16’483,931

Asimismo, en la Figura II.8 se muestra el desglose de superficies de acuerdo con el diseño de las obras a construirse para el proyecto.

Figura II.8 Desglose de superficies de acuerdo con el diseño de las obras a construirse para el proyecto.

a) Superficie total del polígono del proyecto

La superficie total del proyecto comprende 16’578,600 m^2 (1,657.86 ha) y dentro de dicha superficie total, el equivalente a 4’725,200 m^2 (472.52 ha) incluye la totalidad de las obras mineras requeridas, de acuerdo a la tabla II.8.

Tabla II.8 Porcentaje de superficies según la condición del terreno.

Desglose de superficies	Sup (ha)	Sup (m^2)	Porcentaje (%)
a) Superficie total del polígono o polígonos del proyecto (en m^2).	1,657.86	16’579,600	100
b) Superficie total (en m^2) con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal existente en el predio:			
Total de superficie de Matorral subtropical	1,168.01	11,680,100	70.45
Total de superficie de Pastizal Natural	489.84	4,868,400	29.54
Total de superficie de Matorral Subtropical a afectar por obras mineras	268.66	2´687,600	16.21
Total de superficie de Pastizal Natural a afectar por obras mineras	203.76	2´037,605	12.29
c) Superficie (en m^2) para obras permanentes. Indicar su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total del proyecto:			
Depósito de Residuos Mineros	209.56	2095,600	12.6416
Control de Avenidas	3.32	33,200	0.2003
Polvorines	0.59	5,900	0.0356
Control de escorrentías	11.10	111,000	0.6696
Sub Estación	1.26	12,600	0.0760
Planta	35.42	354,200	2.1367
Tepetatera	43.39	433,900	2.6175
Suelo Vegetal	4.74	47,400	0.2859
Caminos Internos	23.65	236,500	1.4267
Tajo	139.49	1’394,900	8.4147
SUMA TOTAL DE OBRAS MINERAS	472.52	4´725,200	28.5046

b) Superficie a afectar (en m^2) con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal existente en el predio (selva, bosque, matorral, etc.). Indicar, para cada caso su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total del proyecto.

La superficie total a afectarse por el proyecto minero La Ventana corresponde a 4’725,200 m^2 (Figura II.8) incluye la totalidad de las obras mineras requeridas la cual se ubicará en un 28.5046% de la superficie total del polígono del proyecto, correspondiendo el 12.29 % del total del proyecto (203.7605 ha) al tipo de vegetación de pastizal natural y el restante 16.2128 % (268.76 ha) a matorral subtropical, de acuerdo a lo señalado previamente.

PROTECCION DE DATOS

Figura II.9 Superficie a afectar con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal.

c) Superficie (en m^2) para obras permanentes. Indicar su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total del proyecto.

Las obras mineras se agrupan en diez áreas numeradas en apego a la tabla II.8, las cuales cubren la totalidad de obras y servicios requeridos, dentro de 472.52 ha.

d) Superficie(s) del predio(s), de acuerdo con la siguiente clasificación: conservación y aprovechamiento restringido, producción, restauración y otros usos, además considerar las dimensiones del proyecto, de acuerdo con las siguientes variantes:

Partiendo de que la superficie total del proyecto es la totalidad de terreno a favor del promovente (1657.7 ha) y donde se localizarán la totalidad de obras y servicios mineros requeridos para el proyecto minero La Ventana, equivalente a 4’725,200m^2 (472.52 ha), resulta la siguiente clasificación de superficie en materia de cambio de uso del suelo:

- La superficie que será destinada a producción en obras permanentes suma 4’725,200m^2 (472.52 ha) para diez obras y servicios previamente enumeradas en la tabla II.8, y de las cuales, se ubicarán en un 28.5046% de la superficie total del polígono del proyecto que cuenta con un total de 1657.7 ha, correspondiendo el 12.29 % del total del proyecto (203.7605 ha) al tipo de vegetación de pastizal natural y el restante 16.2128 % (268.76 ha) a matorral subtropical.

- La superficie que a la fecha no presenta un área para desarrollo inmediato es de 11’851,800 m^2 (1,185.18 ha) equivalentes a terrenos naturales fuera de la superficie requerida para las obras mineras y las cuales se contemplan sigan en dicha condición de naturalidad en términos de suelos y cobertura forestal.

- Finalmente, existen 596,800 m^2 (59.68 ha) destinada como superficie de conservación dentro de la superficie total del proyecto y hacia donde serán dirigidas las acciones de protección de especies y conservación de suelos.

La tabla siguiente resume estos valores:

Tabla II.9 Desglose del predio de acuerdo a la clasificación de usos del suelo.

Descripción	Superficie (m^2)	Superficie (ha)	Superficie perturbada (m^2)	Superficie natural (m^2)
Total de obras mineras	4’725,200	472.52	37,042	4’688,158
Total del polígono de propiedad	16,578,600	1,657.86	94,669	16’483,931
Superficie de conservación	596,800 m2	59.68		

Por otra parte, de acuerdo con la naturaleza de las superficies que componen al proyecto, éstos terrenos requieren cambio de uso del suelo, toda vez que las obras y actividades sustituirán el uso actual del terreno, hacia la actividad minera, destacando la clasificación de superficies como sigue:

Tabla II.10 Clasificación de superficies para proyectos que requieran el cambio de uso del suelo.

Zonas	Clasificaciones	Sup (ha)	%
Zonas de Conservación y aprovechamiento restringido	Áreas Naturales Protegidas	NA	NA
	Superficie arriba de los 3,000 MSNM	NA	NA
	Superficie con pendientes mayores al 100% o 45°	-	-
	Superficies con vegetación de Manglar o Bosque mesófilo de montaña	NA	NA
	Superficie con cobertura natural	NA	NA
	Superficie con vegetación en galería	NA	NA
Zona de producción	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable alta	NA	NA
	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable Media,	NA	NA
	Terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal de productividad maderable baja	NA	NA
	Terrenos con vegetación forestal de zonas áridas	1657.86	100
	Terrenos adecuados para realizar forestaciones	472.52	28.50
Zonas de restauración	Terrenos con degradación alta	ND	ND
	Terrenos con degradación media	ND	ND
	Terrenos con degradación baja	ND	ND
	Terrenos degradados que ya estén sometidos a tratamientos de recuperación y regeneración.	ND	ND

NOTA: LA TABLA ANTERIOR CORRESPONDE A LA ZONIFICACIÓN DE LOS TERRENOS FORESTALES Y DE APTITUD PREFERENTEMENTE FORESTAL CON BASE EN EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL Y EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO NACIONAL.

En el caso de los terrenos destinados a conservación, se destaca que el área destinada al proyecto carece de atributos especiales que sean considerados hábitats únicos para las especies biológicas existentes como se describe más adelante en el apartado II.1.6.

• Si el proyecto se encuentra dentro de un solo predio se deberá indicar el área del proyecto y área total, en caso de estar inmerso en un predio mayor.

El proyecto minero La Ventana queda comprendido dentro de propiedad privada la cual se encuentra en negociación de compra venta a favor del promovente (Minera Sonora Bórax SA de CV), quedando el predio involucrado dentro del municipio de Bacadéhuachi, Sonora, México (Anexo 1).

II.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

El área donde se desarrollará el proyecto, posee potencialidad de vocación de tipo doméstico para las actividades primarias de ganadería y forestal.

El uso potencial agrícola indica que las tierras no son aptas para la agricultura en el polígono en estudio, debido a las condiciones del sitio que tiene en consecuencia un desarrollo de cultivos nulo, suelo con tierras no aptas para agricultura, con requerimientos medio de riego.

En cuanto al uso potencial pecuario, el proyecto queda inmerso en una vocación de suelo con tierras aptas para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por Ganado Caprino, nula posibilidad para el establecimiento de pastizal cultivado. Lo anterior significa que en estas áreas no es posible el establecimiento de praderas cultivadas y que sustentan comunidades vegetales en cuya composición existen especies aprovechables (palatables) y en donde las condiciones físicas del terreno permiten la baja movilidad del ganado. Presenta nulo desarrollo de especies forrajeras, haciendo nulo el establecimiento de un pastizal cultivado, con baja movilidad del ganado, pero con condiciones medias de vegetación aprovechable.

Finalmente, en materia forestal, el suelo es con potencial de uso comercial, del tipo de especies maderables, con baja condición y una aptitud baja de extracción, la biomasa existente presenta bajos valores de material de rollo y madera y producción de leña y carbón de repercusión local.

Los cuerpos de agua existentes en el área son empleados en actividades pecuarias de baja intensidad y de uso doméstico en las rancherías.

II.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

La zona del proyecto presenta características rurales. El acceso es desde la ciudad de Hermosillo, Sonora a través de la carretera México 14, de dos carriles; algunos tramos en buen estado y otros en regular estado, hasta el Rancho El Coyote (aproximadamente a 250 km), a partir de donde se toma carretera pavimentada durante 21 km al sur hasta llegar al poblado de Bacadéhuachi y, por último, se sigue hacia el sur hasta la zona del proyecto La Ventana, a través de un camino de terracería en buenas condiciones.

La capital del Estado es Hermosillo, Son., la cual se ubica a 280 km aproximadamente desde el sitio del proyecto y cuenta con una excelente infraestructura de comunicaciones y servicios, incluyendo aeropuerto para aviones comerciales.

Los poblados de mayor importancia cercanos al proyecto son Moctezuma y Huásabas. El poblado de Moctezuma se localiza a aproximadamente 96 km de Bacadéhuachi, con una población de 4,326 habitantes. El poblado de Huásabas se encuentra a aproximadamente 50.5 km de Bacadéhuachi, y cuenta con 865 habitantes. Estos poblados cuentan con buena cobertura de servicios básicos como energía eléctrica, agua entubada, sistema de drenaje y sistema de comunicaciones con cobertura amplia.

El municipio de Bacadéhuachi cuenta con 1,083 habitantes, según el censo de 2015. La localidad cuenta con los servicios básicos de agua entubada, drenaje, energía eléctrica y telecomunicaciones.

El puerto marítimo más cercano al proyecto es el de Guaymas, Son., que se ubica a 135 km al sur de la ciudad de Hermosillo, Son., y cuenta con la infraestructura para recibir cargamentos industriales.

Respecto de la infraestructura de servicios básicos que se requiere para el desarrollo del proyecto minero, se planea lo siguiente:

II.7.1 Vías de acceso

Las vías de acceso desde Bacadéhuachi al sitio, requieren mejoramiento para permitir la construcción esperada y el tráfico de operación. El camino mejorado seguirá siendo un camino de terracería, no pavimentado, y seguirá la vía actual, pero será ensanchado. La longitud del camino de acceso es 18.4 km.

El camino de acceso al proyecto será paralelo a la ruta marcada en el plano como derecho de vía de la Línea de Transmisión eléctrica con la que se abastecerá el proyecto. Ambos proyectos adicionales se someterán a la consideración de la SEMARNAT una vez que se cuente con la ingeniería de detalle correspondiente.

El proyecto requerirá la construcción de caminos de servicio dentro del sitio. En general, estos caminos son de longitud corta (< 2km), y serán desarrollados para un estándar más bajo de tráfico que los caminos de acceso principales, para que puedan operar de manera segura con un volumen menor de tráfico. Tales caminos incluyen:

- Caminos de acceso para pozos.
- Caminos de acceso al sitio de almacenamiento de residuos mineros.
- Caminos de acceso al tajo.
- Camino de acceso a polvorines.
- Caminos de acceso a tepetatera.
- Caminos de acceso al bordo de control de avenidas.

II.7.2 Alojamiento de empleados

Los empleados se alojarán en la localidad de Bacadéhuachi, en un “campamento del sitio”. No se requerirá ningún tipo de alojamiento dentro del sitio del proyecto. Los empleados se transportarán en autobús del campamento al sitio del proyecto.

Se contempla que el sitio de alojamiento en Bacadéhuachi que se requerirá durante la etapa de construcción de la mina será después utilizado para alojamiento en la etapa de operación del proyecto.

Se considera que los sitios de alojamiento serán modulares para facilitar su transporte, diseño y conexión de servicios. Los módulos se entregarán completos con aire acondicionado, sistemas de agua caliente, e instalaciones de plomería y eléctricas completas y listas para ser usadas, de tal manera que tras su envío sólo requieran ser conectados a los sistemas de abastecimiento de agua, electricidad y alcantarillado. Existirán dos niveles de habitaciones de alojamiento: una unidad habitacional individual independiente y una unidad habitacional compartida. Además, se les proporcionará un comedor y cocina modular, así como una sala recreativa.

II.7.3 Electricidad

La línea eléctrica más cercana al sitio del proyecto es una línea de transmisión de 33 kV que pasa aproximadamente a 10 km al norte de las concesiones mineras, pasando cerca de Bacadéhuachi. La línea eléctrica después se dirige a Nácori Chico, que es el siguiente pueblo al sureste de Bacadéhuachi.

Para la Etapa 1 se requiere aproximadamente 15 MW (Año 1) y para la Etapa 2 se requiere de aproximadamente 29 MW (Año 3) para los cuales se está realizando la ingeniería y trámites ante CENACE-CFE para el abastecimiento por medio de una Línea de Transmisión Eléctrica de 240 KV en torres metálicas partiendo de la red de distribución Nacional de energía eléctrica.

La distribución de la electricidad en el sitio del proyecto incluye dos transformadores de 33/3.3 kV y 60 MVA, con distribución de alto y bajo voltaje, cuarto de control y centro de control de motores, protección y medición, protección contra electricidad y un generador de emergencia de diésel de 2.0 MW.

El sistema de distribución de electricidad en el sitio consistirá en líneas de transmisión de 13.8 kV, las cuales ampliarán el abastecimiento de electricidad hasta las bombas del agua de pozo de agua fresca.

Se contempla que todos los cuartos de control eléctrico serán modulares para facilitar su instalación y tendrán entradas inferiores para los cables para minimizar la entrada de polvo. Serán unidades completamente presurizadas y contarán con control de polvos, aire acondicionado de ciclo inverso, panel de alerta de incendio y demás instalaciones.

Se contará con un generador de electricidad de diésel de 2.0 MW como electricidad de reserva. El equipamiento con el que contará el generador de electricidad de reserva incluirá lo siguiente:

- Sistema de rejas del espesador
- Bomba de agua potable
- Bomba de agua para regaderas de emergencia
- Alumbrado de emergencia
- Unidades nominales dentro de la planta de extracción para prevenir la pérdida del producto.

II.7.4 Sistemas de control

La arquitectura del sistema de control considerado se basa en un sistema de Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés), equipado con un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés). El diseño típico se basa en el sistema Modicon PLC y en un sistema Citect SCADA.

La comunicación entre los servidores SCADA, las computadoras y los PLCs será vía Ethernet completamente cíclica y de alta velocidad, utilizando un cable sencillo de fibra óptica. La comunicación entre PLCs también será vía Ethernet. La comunicación a los dispositivos tales como los relevadores del motor de sobrecarga, los relevadores de protección y los variadores de velocidad será vía Profibus.

El cuarto principal de control de la planta de proceso incluirá un área de la estación de control adecuada para hasta cuatro pantallas (Monitores), instalaciones básicas de cocina, una oficina de supervisión y dos baños. Se localizará en una posición elevada en el centro de la planta con buena vista de la planta del proceso y facilidad de acceso a los caminos.

De manera general, los paquetes de proveedores, excluyen paneles de control y lógica de control, así que esa lógica se incluye en el PLC de la planta principal y los arrancadores de motores se incluyen en el cuarto de control de la planta principal. Cuando los paquetes de los proveedores necesiten PLCs específicos debido a un sistema integrado de deslizamiento, se hará un esfuerzo de estandarizar el equipamiento hasta donde resulte práctico. Estos PLCs normalmente se comunicarán de vuelta al PLC de la planta principal mediante un cable de Ethernet de fibra óptica.

II.7.5 Agua

Actualmente se están llevando a cabo las gestiones para obtener las concesiones por parte de CONAGUA. A la fecha el acuífero Bacadehuachi cuenta con una disponibilidad de 9.930270 millones de metros cúbicos anuales para otorgar nuevas concesiones.

El agua requerida será suministrada por pozos, se enviará a un tanque de re-bombeo y de este se bombeará a un tanque de almacenaje y distribución, para de ahí ser distribuida a los diferentes puntos del proceso. El gasto de agua cruda que será utilizada en el proceso se estimó en 42 l/s, la cual será suministrada de la siguiente manera:

- Agua cruda y agua para fuego bombeada de la batería de pozos al tanque de agua cruda, con una sección inferior dedicada al almacenamiento de agua para supresión de fuego.
- Agua desmineralizada producida en el sito de la planta por un proceso de osmosis inversa en el área de lavado centrifugado, repulpado limpio, agua para la torre de enfriamiento y agua para la caldera.
- Agua prensaestopas.
- Agua potable producida por un proceso de filtración de agua cruda dosificada con hipoclorito y luz ultra violeta.
- Agua de enfriamiento para el tanque de disolución de carbono.
- Condensado y agua de la torre de enfriamiento y caldera de desmineralización del desperdicio de la planta y el sistema de goteo de bi-carbonatación.

II.7.6 Aire de la Planta

Todo el aire comprimido es secado usando secadores refrigerados y almacenado en un taque presurizado para el uso de toda la planta de procesamiento incluyendo instrumentación de aire requeridos.

II.7.7 Gas Propano Licuado

Gas propano licuado (Liquefied Propane Gas -LPG) será suministrado a la planta por carros tanques o pipas de gas y almacenado en tanques de gas a ser proporcionados por un proveedor de gas (Hidrogas).

II.7.8 Instalaciones Sanitarias

Durante la construcción se utilizarán baños portátiles y se contratará a una empresa autorizada para el manejo de estos residuos. Durante la operación, las aguas residuales provenientes de los servicios sanitarios del área de planta y oficinas administrativas, serán dispuestas en fosas sépticas, que se construirán en apego con la NOM-006-CNA-1997.

II.7.9 Residuos

En cuanto a la disposición de residuos, se tiene contemplado un plan de disposición de residuos sólidos, especiales y peligrosos, de acuerdo al tipo en que se clasifique y que se describe posteriormente.

II.8 Características particulares del proyecto

El Proyecto La Ventana consiste de una mina a tajo abierto y una planta de beneficio para producir Carbonato de Litio Grado Batería con una vida útil de 24.5 años.

- La producción anual de Carbonato de Litio será de 17,500 toneladas Etapa 1 (Años de producción 1 y 2);
- Expansión en la producción a 35,000 toneladas Etapa II (Años del 3 al 21);
- Etapa I, se procesarán 3,300 toneladas/día de mineral;
- Etapa II, 6,500 toneladas/día de mineral.

El proyecto La Ventana tendrá un valor agregado al producir aproximadamente 50,000 toneladas/año de Sulfato de Potasio como subproducto y con valor comercial en la industria de los fertilizantes en México.

La secuencia de explotación del yacimiento de litio será mediante el minado a cielo abierto y después del minado, el mineral de mina (ROM), se separa por tamaños, siendo el material más fino el que lleva el contenido de litio. El procesamiento del mineral incluye la precipitación del litio con agua desmineralizada, seguida de una operación de intercambio iónico para remover impurezas y dos precipitaciones de carbonato de litio posteriores que dan lugar al producto de Carbonato de litio grado batería.

Más adelante, en la sección de operación del proyecto se detalla el proceso y se presenta el diagrama de bloques del mismo.

II.9 Programa General de Trabajo

Las actividades del proyecto se inician con los estudios técnico-económicos y estudios ambientales de línea base, en forma casi paralela con la planeación del proyecto, siguiendo con la preparación de documentos técnico-ambientales para la obtención de permisos y autorizaciones en materia ambiental y cambio de uso de suelo. La siguiente etapa se relaciona con el diseño de ingeniería y construcción del proyecto, para entrar así a la etapa de operación por un período de 21 años y finalmente la etapa de cierre y abandono del proyecto. El programa general del proyecto se muestra en la tabla II.11.

En términos generales se tiene programado el inicio de construcción para mediados de 2018. El cálculo de la etapa de diseño a detalle y construcción de la mina, ocurrirá de manera simultánea y se estima que será de 18 meses. Para la operación, explotación y aprovechamiento del recurso se calculó un tiempo de vida útil de 21 años y para la etapa de cierre abandono y remediación se calcularon 2 años. Con este cálculo se estima un total de 24.5 años de trabajo para el Proyecto La Ventana.

II.9.1 Estudios económicos

Con base en los resultados de las diferentes campañas de exploración minera, pruebas metalúrgicas al mineral y otras evaluaciones técnicas y económicas, se evaluó la factibilidad de un potencial desarrollo minero, que a la fecha ha resultado favorable debido al precio del litio. Los estudios económicos se completarán en el tercer trimestre del presente año.

II.9.2 Estudios ambientales de línea base

Desde el año 2016 hasta la fecha, se han realizado los estudios ambientales base y evaluaciones geofísicas, geoquímicas e hidrológicas en el área de influencia del proyecto minero La Ventana, incluyendo muestreos de la calidad del agua, suelo, aire, flora y fauna. Todos estos estudios en preparación de la Manifestación de impacto ambiental. También, se han realizado una serie de evaluaciones geotécnicas en el área del proyecto y pruebas sobre la toxicidad del material estéril y residuos que fundamentarán los criterios de diseño de las obras mineras.

II.9.3 Permisos y autorizaciones

Con base en los estudios ambientales de línea base se prepararon los diferentes estudios que se requiere someter ante la SEMARNAT para que se evalúe y autorice el desarrollo del proyecto La Ventana. El ingreso de estos documentos ante SEMARNAT se planea para el primer semestre del 2017. Entre los permisos que se gestionarán con mayor anticipación se encuentra la obtención de la licencia de construcción por parte del Ayuntamiento del municipio de Bacadéhuachi, Sonora.

En esta fase del proyecto se gestiona también lo relativo al permiso para almacenamiento, manejo y uso de explosivos ante la Secretaría de la Defensa Nacional.

En lo referente a permisos para la extracción y uso de agua, la empresa Minera Sonora Bórax solicitará a CONAGUA el uso del agua para el proyecto durante el segundo trimestre del año 2017. La gestión de permisos se planea que dure todo el segundo semestre del presente año.

II.9.4 Preparación del sitio y construcción

En esta etapa se realizará primeramente el rescate de especies de flora y fauna de interés y los desmontes y despalmes del terreno, así como los cortes y rellenos y preparación del terreno a medida que las obras se van desarrollando. Las primeras obras civiles que se desarrollarán son las que tienen que ver con los caminos de acceso, el control de drenaje pluvial, el suministro de agua, suministro de energía eléctrica y el sistema de drenaje sanitario. Posteriormente se construirán: las instalaciones de trituración, la planta de proceso y demás instalaciones de servicio de apoyo. Se espera iniciar con las obras de construcción del proyecto para el 2018.

II.9.5 Operación

Se planea iniciar con la en producción en el 2020. Las operaciones mineras tienen una duración de 21 años. Las actividades principales en esta etapa son el minado, trituración, molienda, precipitación de carbonato de litio y empacado. Durante la operación se conformarán apilamientos de tepetate, mineral de baja ley y mineral para procesamiento, así también se conformará el apilamiento de residuos filtrados. En esta etapa se realizarán monitoreos ambientales sistemáticos, trabajos de restauración concurrente y mantenimiento en todas las áreas.

II.9.6 Abandono

El cierre y abandono de algunas áreas como la mina y trituración, iniciará luego del fin de minado. El cierre de otras áreas de la mina iniciará en el año 2041 y durará un lapso aproximado de 2 años. Las actividades se enfocarán a la suavización de taludes, obras de control de escurrimientos pluviales, desmantelamiento de instalaciones y edificios, estabilización y recubrimiento del sitio de almacenamiento de residuos secos, siembra y reforestación con especies nativas en las áreas afectadas.

El calendario general para ejecutar las diferentes actividades del proyecto se muestra en la tabla II.11.

Tabla II.11 Programa general de trabajo para desarrollar las obras del proyecto.

ACTIVIDADES A REALIZAR	-1		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10 al 20		21		22		23		24		25	
SEMESTRE	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Planeación, Diseño e Ingenieria																																
Planeación del Proyecto																																
Diseño de Ingenieria Básica y de Detalle																																
Permisos y Autorizaciones																																
Estudios de Linea Base																																
INAH																																
SEMARNAT																																
CONAGUA																																
SEDENA																																
Municipales																																
Preparación del Sitio y Construcción																																
Rescate y Protección de Especies																																
Construcción de camino de acceso																																
Desmontes y despalmes (fase intermitentes)																																
Cortes y Rellenos																																
Obras de Control de drenaje																																
Obras de suministro de agua																																
Sistema de drenaje sanitario																																
Planta de proceso Fase 1																																
Planta de proceso Fase 2																																
Instalaciones de apoyo (talleres, oficinas, etc.)																																
Subestacion eléctrica																																
Operación																																
Pre-producción																																
Minado																																
Operación de planta																																
Mantenimiento Preventivo y correctivo																																
Vigilancia Ambiental																																
Restauración de áreas abandonadas durante la operación																																
Abandono																																
Fin de minado																																
Cierre de tajo																																
Fin de producción																																
Remoción de insfraestructura mínera																																
Suavización de taludes y establecimiento de cubierta vegetal																																
Monitoreo y Mantenimiento																																

II.10 Preparación del sitio

El área total del polígono del proyecto minero La Ventana comprende 1,657.86 hectáreas, de las cuales, se contempla que las obras mineras del proyecto ocuparán 472.52 hectáreas (tabla II.7) las cuales estarán destinadas a desarrollar las actividades de explotación, procesamiento y beneficio del mineral. El sitio propuesto de la mina no se encuentra dentro de áreas naturales protegidas o áreas de interés para la conservación. No obstante, se identificaron en el área especies protegidas de flora y fauna, por lo que se implementará en todas las etapas del proyecto, especialmente en las etapas de preparación y construcción, un programa de protección de flora, fauna y suelo.

El paisaje se impactará inicialmente por el desmonte, actividades de construcción de caminos y por la construcción de instalaciones mineras. Al final, las áreas de impacto ambiental permanente serán el tajo abierto de la mina, las tepetateras y el material colocado en el sitio de almacenamiento de residuos mineros, que permanecerán al final de la vida de la mina.

Las principales acciones de preparación del sitio según la obra minera se describen enseguida:

II.10.1 Tajo

Primeramente, se realizaron, por parte de especialistas, investigaciones de campo y se recabó información relevante que incluyó el análisis de datos de las secciones geológicas del yacimiento. Se compilaron y analizaron datos geotécnicos y se asignaron parámetros de ingeniería a las unidades geológicas y estructuras para definir el modelo geotécnico del tajo final.

El área de tajo, requerirá trabajos de desmonte y despalme que se realizarán en forma gradual a medida que se avanza en las áreas que serán explotadas de acuerdo al calendario de obra y el cual contempla un área máxima de ocupación por la obra de 139.49 hectáreas.

Previo al minado se realizarán trabajos de rescate de flora y fauna, seguidos de desmonte y despalme del terreno. Se rescatará suelo orgánico donde se encuentre una capa de al menos 15 cm de espesor. Además, se contempla la realización de obras de control de escurrimientos pluviales, que desviarán el cauce de los arroyos fuera del área del tajo, para luego encauzarlo a su corriente natural.

II.10.2 Tepetatera

Se ubicará al noroeste del tajo y su tamaño se incrementará de manera paulatina de acuerdo a la generación de material que no contiene mineral recuperable. La tepetatera ocupará una superficie de 43.39 ha.

Los trabajos de preparación del área de tepetatera consistirán de desmonte y despalme, que se efectuarán de manera gradual de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.
Para soportar el diseño de la tepetatera se evaluaron las condiciones del terreno y se analizó la estabilidad de las pendientes para los diferentes sitios propuestos para disponer la roca estéril. Se desarrollaron para esto múltiples secciones de estabilidad, identificando la altura con ángulos adversos y los ángulos de talud de los apilamientos.

Para evaluar la toxicidad y el potencial de generar ácido de la roca estéril a depositar en la tepetatera, se corrieron las pruebas correspondientes a muestras representativas tomadas de los núcleos de barrenación. Las pruebas realizadas mostraron que no hay riesgo de producción de ácido o lixiviación de tóxicos al disponer el material representado por las muestras analizadas. (Anexo 2).

II.10.3 Disposición de residuos mineros

El área de disposición de residuos mineros fue diseñada por Ausenco Engineering, y se propone que se vaya llenando paulatinamente a lo largo de la vida útil del proyecto, de forma que este material encapsule los residuos filtrados provenientes del proceso. El área total que abarcará el depósito de residuos mineros es de 209.56 hectáreas y contendrá un total de 137.46 Mm^3 de los cuales 85.3 Mm^3 serán tepetate directo del tajo y 53.16 Mm^3 serán residuos del proceso.

A la par con los estudios del sitio se realizaron pruebas geoquímicas para caracterización de muestras representativas del tepetate que se dispondrá en estos sitios. Las pruebas consistieron en medir el potencial de generación de ácido y de lixiviar metales tóxicos. En el Anexo 2 se presenta el informe técnico correspondiente. Los resultados de estas pruebas muestran que el material analizado no es generador de ácido, por lo que su diseño no contempla un recubrimiento con geomembrana.

En esta etapa de preparación del sitio se revisará primeramente la zona para identificar y rescatar las especies de flora y fauna de interés. Posterior a esto, se hará el desmonte y despalme del terreno de acuerdo a las etapas de desarrollo de disposición de residuos mineros.

II.10.4 Planta de proceso

Una vez realizados los rescates de especies de flora y fauna de interés, el área para la planta de proceso será desmontada y limpiada de todo material orgánico, seguido de trabajos de excavación, nivelación, y compactación del terreno, para proveer un drenaje adecuado y buenos cimientos del terreno natural. Adicional a lo anterior, se debe de preparar el terreno para dar atención al manejo de los escurrimientos de aguas arriba y aguas abajo de la planta de proceso.

La planta de proceso ocupará aproximadamente 30.33 ha en su primera etapa y un total de 35.42 en su etapa final.

La planta de proceso incluye el área de reducción y clasificación de tamaño del mineral, calcinación del mineral, el circuito de precipitación con agua desmineralizada, intercambio iónico y purificación, la primera y segunda precipitación de Li_2CO_3, y la sección de empacado del producto. Adicionalmente en la plataforma donde se instalará la planta de proceso, también se construirán las instalaciones de apoyo y servicios que se requerirán en la operación como son: laboratorio, almacén de insumos, enfermería, oficinas, vestidores, caseta vigilancia, báscula para camiones, almacén de combustibles, taller de mantenimiento, estacionamientos, comedor y almacén de residuos

II.10.5 Áreas Auxiliares del Proceso

Las instalaciones de apoyo y servicios que se requerirán en la operación minera son: Polvorines, caminos de acarreo y bordo para control de avenidas.

La preparación del sitio en estas áreas consistirá en el desmonte y despalme del terreno, seguido de obras de nivelación y compactación para conformar las plataformas donde se instalarán los diversos equipos e infraestructura de apoyo. Para los polvorines se requiere un área de 0.59 hectáreas, para los caminos internos de mina se requieren 23.65 hectáreas y para el bordo de control de avenidas y el área máxima de inundación provocada por este se requiere de 3.32 hectáreas.

II.10.6 Sitios para almacenamiento de suelo vegetal (tierra fértil)

Se rescatará suelo orgánico de las áreas donde se requiera desmontar para el desarrollo de las obras mineras. El sitio de almacenamiento de suelo consta de un área de 4.74 ha.

Se prevé que se realice rescate de especies de flora de interés previo al desmonte de este sitio.

II.10.7 Subestación de mina

Se rescatará suelo orgánico de las áreas donde se requiera desmontar para el desarrollo de la construcción de la plataforma con un área de 0.817 hectáreas, donde se instalará la subestación de mina, la cual requerirá un área total de 1.26 hectáreas considerando la plataforma y sus pendientes laterales. Se prevé que se realice rescate de especies de flora de interés previo al desmonte de este sitio.

II.11 Construcción de obras mineras

En el Anexo 2 se muestra el arreglo general del proyecto en los años 1, 5, 10, y 21.

Durante la etapa de construcción del proyecto La Ventana, se contempla que se inicie con la construcción de los caminos de acceso a las diferentes instalaciones que conformarán el complejo minero. Estas instalaciones incluyen:

- Depósito de suelo vegetal (tierra fértil);
- Tajo;
- Tepetatera;
- Pozos de desagüe y pozos de abastecimiento
- Polvorines;
- Planta de proceso (edificios administrativos, talleres y las diferentes áreas de planta);
- Depósito de residuos mineros
- Subestación Eléctrica
-

El diseño geométrico de los caminos de acceso (incluyendo caminos públicos), caminos dentro de la planta y caminos de acarreo en área de la mina, tendrán las especificaciones mostradas en la Tabla II.12.

Tabla II.12 Parámetros Geométricos de Diseño para los Caminos.

Parámetro	Camino Principal de Acceso (Oeste)	Camino Secundario de Acceso (Este)	Calles Dentro de Planta	Caminos de Acarreo
Velocidad de Diseño	55 k/h	40 k/h	40 k/h	40 k/h
Ancho de Corona	8.5 m	4.25 m	7.30 m	15.5 m

Ancho de Acotamiento	1.25 m	NA	NA	4.5 m
Ancho Total	9.75 m	4.25	7.3	20
Máxima pendiente	8%	10%	10%	10%
Máxima superelevación en curvas	6%	6%	6%	6%

Nota: NA = No Aplica

II.11.1 Depósitos superficiales de suelo fértil

Se reubicará la capa vegetal de las áreas del tajo, tepetatera, depósito de residuos mineros, planta de proceso, caminos de acceso y acarreo y se formarán pilas de almacenamiento para el material vegetal y suelo fértil. El material vegetal y suelo fértil se acarrearán a un área de acopio, localizada al oeste del tajo junto al depósito de tepetate. La figura II.8 muestra los caminos de acceso y la zona de conservación.

Las operaciones de reubicación, transporte y depósito del suelo fértil y vegetación, será supervisada por un especialista en suelos de acuerdo al plan de conservación. El suelo será reubicado antes de las actividades de construcción y minado en el área del proyecto. Se tomarán las siguientes medidas durante el procedimiento de conservación del suelo fértil y vegetación.

- Se excavarán zanjas de exploración para verificar la profundidad de la capa de suelo fértil disponible.
- Se construirán obras para controlar la erosión hídrica en las avenidas pluviales aguas arriba y por abajo de las áreas de depositación del suelo fértil. Estas obras de control de erosión permanecerán durante las actividades de minado y construcción.
- El suelo fértil será transportado al sitio de acopio definitivo. Se realizarán esfuerzos para mover el suelo al sitio de acopio definitivo en vez de almacenarlo en lugares intermedios.

Como medida de mitigación, se implementarán controles para la supresión de polvos en las áreas de reubicación del suelo fértil, de ser necesario. Las medidas de mitigación incluyen:

- Riego con agua en los caminos al acarrear el suelo fértil,
- Control de volúmenes de suelo a reubicar,
- Control de vegetación a reubicar,
- Paro de actividades durante condiciones de extremo viento.

II.11.2 Tajo

El diseño del tajo se basa en la construcción de bancos de mineral de 10 m de altura, caminos de acarreo con un ancho de 25 m (incluyendo espacio para bermas y cunetas) y un ángulo de talud de 42° en las interrampas en la pared este del tajo. Estos criterios de diseño fueron tomados con base en las recomendaciones definidas en el Memorando Técnico “Taludes Globales. Criterios de Diseño” elaborado por IMC**,** así como también por recomendaciones del memorando técnico 101304-02-TME-001: Evaluación de Taludes de Cortes Preliminares del Tajo “La Ventana”, elaborado por Ausenco (2016). Este último documento presenta los resultados preliminares de la definición del ángulo inter-rampa del tajo, así como las consideraciones de diseño del arreglo geométrico de los bancos. Ambos documentos se presentan en el Anexo 2.

Los ángulos de pendientes varían con la altura de las paredes: En paredes de 200 a 250 m les corresponde un ángulo de 42°; de 150 a 200 m, el ángulo es de 45°; de 100 a 150 m, el ángulo será de 50° y en las paredes menores de 100 m, el ángulo correspondiente es de 55°. La mayoría de las paredes en la parte este tienen una altura mayor a 200 m, en los extremos norte y sur del tajo, las paredes son algo más bajas y en la parte oeste se encontrará el banco de Arcillas (lower clay).

En la Tabla II.13 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad considerando la configuración inicial del tajo para los casos estático y pseudo-estático según corresponda, utilizando un análisis con superficie de falla circular.

Tabla II.13 Resultados del análisis de estabilidad del tajo.

Área	Sección Geotécnica Analizada	Altura de Corte (m)		Factor de Seguridad	
			Ángulo de Corte (°)	Estático	Pseudo-Estático k=0.04
Tajo del proyecto La Ventana	Sección 2-2’	180	40	1.39	1.30
			42	1.35	1.26
			45	1.28	1.19
	Sección 4-4’	230	42	1.35	1.27
			43	1.32	1.24
			45	1.27	1.19
	Sección 6-6’	225	42	1.33	1.26
			43	1.29	1.22
			45	1.23	1.17
	Sección 7-7’	180	40	1.21	1.10

Tabla II.13 Resultados del análisis de estabilidad del tajo.					
Área	Sección Geotécnica Analizada	Altura de Corte (m)		Factor de Seguridad	
			Ángulo de Corte (°)	Estático	Pseudo-Estático k=0.04
			42	1.17	1.09

Sección analizada considerando configuración de tajo propuesto por BM.

Como se aprecia en la Tabla II.13, en las secciones transversales 2-2’, 4-4’ y 6-6’, se obtuvieron factores de seguridad superiores a los indicados en los criterios de diseño definidos por IMC y proporcionados por Minera Sonora Bórax. Así también, de acuerdo a los análisis de sensibilidad realizados, el ángulo máximo de corte para estas secciones es de 45°, ángulo con el cual se obtienen factores de seguridad en condiciones estáticas ligeramente superiores a 1.2. Finalmente, en la sección 7-7’, los factores de seguridad obtenidos considerando el arreglo propuesto por Minera Sonora Bórax no cumplían con los criterios de diseño, por lo que se realizó un segundo análisis considerando un ángulo de corte de 40°, y con el cual se obtuvieron factores de seguridad que cumplen los criterios de diseño (superiores a 1.2, en condiciones estáticas).

II.11.3 Tepetatera

En el depósito de tepetate ubicado al noroeste del tajo se estima que se depositarán 58.85 millones de toneladas de material estéril.

El material se irá depositando en capas de 10 metros de altura, cuyo talud tendrá el ángulo de reposo de 35° aproximadamente. La superficie total a ocupar por este depósito será de 43.39 ha. Ver la figura II.8, que muestra el arreglo final de las tepetateras y del tajo.

Para evaluar la toxicidad y el potencial de generar ácido de la roca estéril a depositar en los terreros, se corrieron las pruebas correspondientes a muestras representativas tomadas de los núcleos de barrenación. Las pruebas realizadas mostraron que no hay riesgo de producción de drenaje ácido o lixiviación de tóxicos al disponer el material representado por las muestras analizadas.

II.11.4 Polvorines

Se construirá el camino de acceso y dos plataformas para los polvorines en dos áreas de 50 x 25 m. El volumen de corte para la construcción de la plataforma del Polvorín 1 es de 3,800 m^3 y el volumen de relleno de 3,700 m^3 cubriendo un área de 2,336 m^2. Para el Polvorín 2, el volumen de corte es de 9,787

m^3 y el volumen de relleno de 9,787 m^3 cubriendo un área de 3.334 m^2. Las áreas de los polvorines, se localizarán al sureste del tajo.

Los polvorines se construirán de a acuerdo con lo señalado en el reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, que señala que el agente y el alto explosivo deberán almacenarse separadamente de los iniciadores y conductores en polvorines construidos conforme a las especificaciones dictadas por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).

Los polvorines serán identificados con los números 1 y 2 respectivamente y serán construidos guardando una distancia mínima de 150 metros ente sí, en el sitio del proyecto y fuera de las áreas de operación, según se muestra en los planos de localización de polvorines.

La capacidad de almacenamiento del Polvorín 1 se ha proyectado para un máximo de 60 toneladas de explosivo y 50,000 metros de cordón detonante y almacenará: alto explosivo (Hidrogel), alto explosivo (Booster) y agente explosivo.

La capacidad de almacenamiento del Polvorín 2 se ha proyectado para 21,000 piezas de iniciadores y 4,000 metros de conductores y almacenará: iniciadores de retardo MS, conectores de superficie, fulminante ordinario No. 6, conector TH, mecha de seguridad y cordón encendedor.

II.11.5 Depósito de residuos mineros

Se realizó un estudio geotécnico y geológico del sitio a lo largo del arroyo El Capulín, lugar donde se ubicará la infraestructura para la disposición de residuos mineros, así como también en el área de la planta de proceso y en la tepetatera.

La investigación geotécnica incluyó la perforación de barrenos geotécnicos, pozos abiertos, levantamiento geológico estructural y estudio geofísico de prospección sísmica. Durante esta investigación se perforaron trece (13) barrenos geotécnicos y se elaboraron registros geomecánicos para cada uno de los barrenos. Se realizaron pruebas para obtener parámetros de permeabilidad a diferentes profundidades del suelo y basamento rocoso. Se desarrollaron catorce (14) pozos a cielo abierto (PCA), durante esta investigación para observar las condiciones geotécnicas de suelo aluvial en el fondo de los arroyos e identificar áreas de posibles materiales de préstamo para la construcción de los bordos.

Se instalaron once (11) pozos de monitoreo en las áreas de la planta y depósito de residuos y tepetate.

II.11.5.1 Consideraciones para el Diseño del depósito de residuos mineros

El depósito de residuos mineros es una infraestructura diseñada para contener residuos provenientes directamente del tajo (Tepetate), residuos de la planta de proceso y sub producto del proceso.
La infraestructura para la disposición de residuos mineros comprende lo siguiente:

- Co-disposición de residuos filtrados y tepetate
- Depósito de residuos filtrados
- Depósito de Subproductos: Sulfato de Sodio y Sulfato de Potasio

En la tabla II.14 se resume los volúmenes totales de los residuos mineros que se producirán durante los 21 años de operación de la mina y que se almacenarán por esta infraestructura.

La figura II.10 muestra la vista de planta del depósito de residuos y la figura II.11 muestra una sección transversal del mismo, que a continuación se describen. Asimismo, estas figuras muestran las dimensiones de las estructuras que conformarán el almacenamiento de los materiales señalados en la tabla II.14.

Tabla II.14 Resumen de volúmenes de residuos mineros.

Descripción	Densidad seca asumida (t/m^3)	Producción desde el Año 1 al Año 21	
		M ton	M m^3
Tepetate	1.9	162.07	85.3
Total de Residuos filtrados	1.5	78.24 (100%)	52.16
Residuos filtrados encapsulados		46.25 (59%)	30.83
Co-disposición de residuos filtrados y tepetate		32.00 (41%)	21.33
Subproductos	1.2	1.57	1.31

Figura II.10 Vista de la planta del depósito de residuos.

Figura II.11 Sección transversal del depósito de residuos mineros.

A continuación, se describe cada uno de los elementos que conforman el depósito de residuos mineros.

II.11.5.2 Co-disposición Residuos Filtrados y Tepetate

Como se muestra en la Tabla II.14, aproximadamente el 41 % de los residuos filtrados (32 Mt) se colocará en co-disposición con el tepetate.

Se ha asumido que el espacio intersticial del tepetate es de 40% (a ser verificado cuando se tengan estudios más detallados del plan de voladura y explotación del tajo), lo cual permitirá colocar residuos dentro del espacio entre roca y roca del tepetate. Se ha asumido que sólo el 62% del total del espacio intersticial se llenará con residuos.

La sección transversal mostrada en la Figura 11, muestra que el talud exterior de la co-disposición está formada por diques de roca (sin residuos filtrados), con material de transición (Geotextil) en el talud aguas arriba. Este revestimiento actuará como filtro de tal modo que evitará la migración de residuos filtrados hacia el exterior del depósito y se colocará en la parte baja del fondo topográfico y en los primeros diques de enrocado. La potencial migración de residuos podría ocurrir en la parte baja del depósito, donde se espera cierto flujo de agua que se manejará con una pileta de colección con una longitud de 50 m, una anchura de 30 m y una profundidad de 5 m, con taludes internos 2H:1V. Los volúmenes generados de los escurrimientos se utilizarán para supresión de polvos en los caminos, previo análisis de calidad de agua.

La co-disposición de residuos filtrados y tepetate, está constituido por un bordo de pie iniciador, ubicado en las coordenadas UTM WGS84 x= 678,484, y= 3,285,200, z= 955 msnm, a ser construido con material aluvial compactado en capas de 30 cm, con una compactación al 98 %.

Este bordo tendrá un ancho de corona de 8 m, la longitud del bordo será de 56 m, el ancho de la base será de 110 m y se requerirá de un volumen total de 80,640 m^3 de material para su construcción. Los taludes aguas arriba y aguas abajo serán de 2.5H:1.0V y tendrá una altura final al Año 21 de 190 m.

Hacia el interior de estos diques, se colocarán los residuos, en co-disposición con el tepetate. Existen varios métodos para realizar la co-disposición que a continuación se mencionan:

- El tepetate y los residuos son dispuestos simultáneamente,
- Los residuos son agregados en el apilamiento de tepetate,

- Los tepetates son colocados sobre los residuos,
- Los residuos son colocados en celdas construidas con tepetate, y
- Co-disposición por capas, alterando capas de tepetate con capas de residuos.

El método a utilizar (o combinación de métodos) va depender de las características físicas de cada material y su comportamiento durante la co-disposición, de acuerdo a las condiciones de contenido de agua referidas en la Tabla II.15.

Tabla II.15 Características Físicas y Contenido de Humedad de los Residuos filtrados.

Residuos	Tamaño de Partícula	Producción		Contenido de Humedad	
		Solidos t/a	Porcentaje	Humedad de Proceso	Humedad Geotécnica
Cribado Grueso	> 6.4 mm (1/2")	197,889	13%	5%	5%
Beneficiación de gran tamaño	< 6.4 mm - >250 um (Sieve #60)	707,900	45%	20%	25%
Residuo de Extracción	<250 um	673,708	43%	25%	33%

Al inicio de la operación del Depósito de Residuos, se realizarán pruebas específicas para definir la proporción de mezcla de tepetate y residuos, así como también las estrategias de transporte de los mismos.

En general, el tepetate se caracteriza por tener partículas grandes (bloques de roca), alta permeabilidad, alta resistencia al corte y se encuentra en estado no saturado. Los residuos filtrados en general tienen partículas pequeñas (limos y arenas), baja permeabilidad, baja resistencia al corte y bajo contenido de humedad. El concepto de la co-disposición, es que la combinación de estos materiales tenga la resistencia del tepetate, la permeabilidad de los residuos filtrados y se incremente la densidad, ya que los residuos filtrados ocuparan parte de los espacios intersticiales de los bloques de tepetate. Estas características ayudan a la estabilidad física global de la estructura.

La estabilidad geoquímica de estos materiales no es una preocupación, ya que de acuerdo a los resultados de los ensayos geoquímicos realizados y presentados en el memorando técnico Pruebas Geoquímicas de los Tepetates y Residuos de Proyecto Sonora Lithium Project, Noviembre 2016, Ausenco, (ver Anexo 2), donde se concluye que tanto los residuos a disponer en el Depósito de Residuos Filtrados provenientes del proceso y el Tepetate proveniente del descapote, ambos no son generadores

de drenaje ácido y sus concentraciones de metales se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la NOM-052-SEMARNAT-2005.

El método principal de los ensayos estáticos usados para evaluar el riesgo de generación de ácido es potencial de pH y conteo de ácido-base (ABA) (Sobek et al., 1978). Potencial de pH determina la cantidad de ácido existente en el material, mientras que ABA representa la capacidad global de un material de generar o consumir acidez sobre el desgaste futuro. Cada una de las tres (3) muestras de jales fue analizada por Potencial de pH y ABA de acuerdo a la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 para determinar el potencial de generación de ácido de los jales.

La tasa potencial de neutralización (NTR) y el contenido de sulfuro-azufre se usan para evaluar ya sea que el material es potencialmente generador de ácido (PAG) o no potencialmente generador de ácido (NPAG). El criterio establecido bajo la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 afirma que los jales con un NPR ≤ 1.2 son PAG, mientras que las muestras con NPR >1.2 son NPAG. La Figura II.12 muestra los resultados de NPR en relación a la norma estándar NOM-141-SEMARNAT-2003 (NPR = 1.2), y también a un estándar más conservador de NPR = 3.0 propuesto por USEPA (2003) y Price (1997) el cual también aplica al tepetate en México (NOM-157-SEMARNAT-2009). Los residuos del proyecto son así clasificados como NPAG basándose en estas clasificaciones (Figura II.13). También se considera que los residuos son NPAG basándose en la relación entre sulfuro-azufre y NPR (<0.3% de sulfuro-azufre y con NPR >3 (Figura II.12).

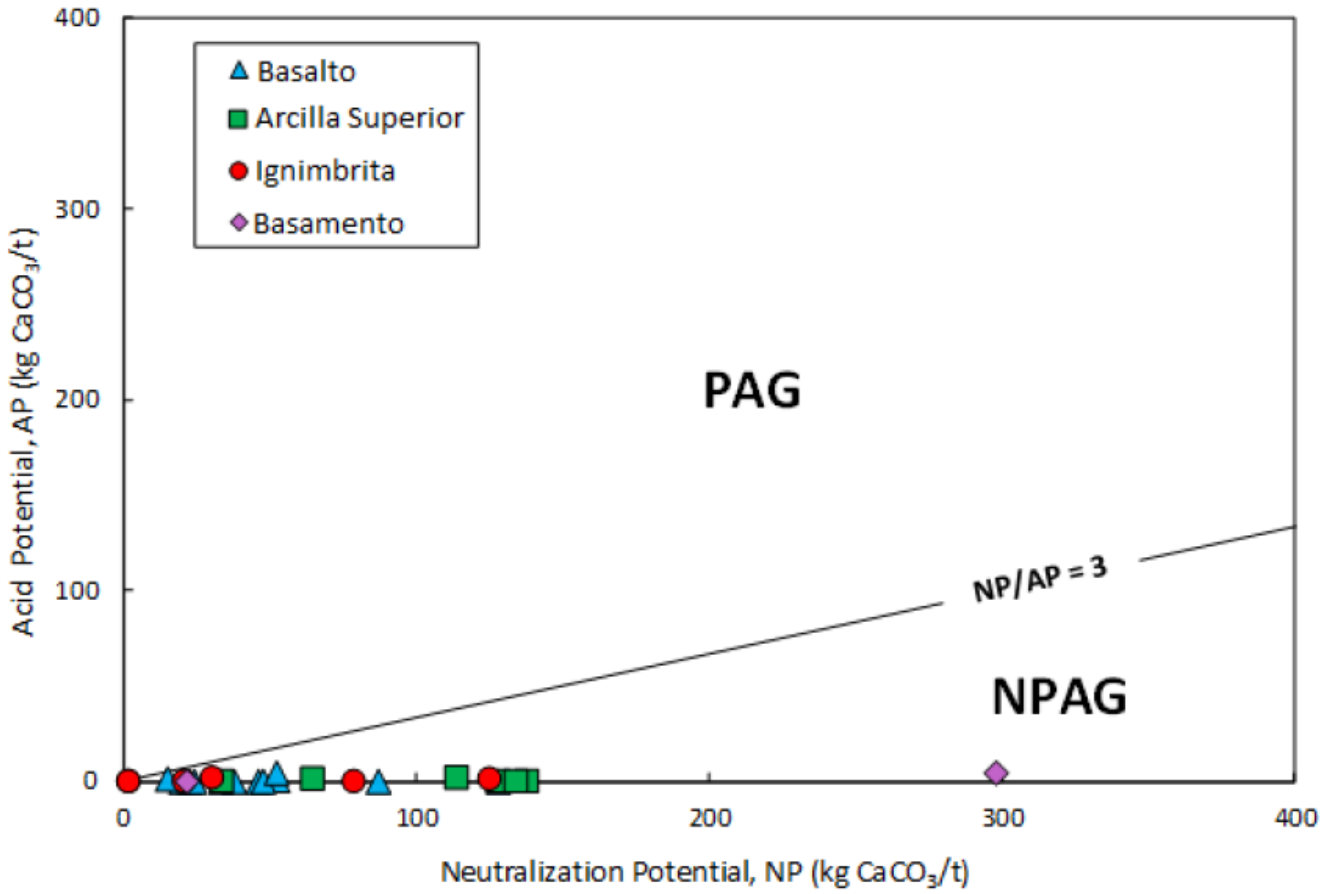


Figura II.12 Gráfica del Potencial de Drenaje Ácido para el Tepetate.

Los resultados de los ensayos de ABA estático y Potencial de pH muestran que los residuos de molienda AG, rechazos de cribado y residuos de calcinación se clasifican como NPAG y no representan riesgo de generación de ácido después de su disposición. Los ensayes de lixiviación de residuos también muestran que los tres tipos se clasifican como materiales no peligrosos. Los criterios establecidos en la sección 5.4 de la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 afirma que se deben implementar controles de ingeniería para prevenir contaminación en casos donde el acuífero sea vulnerable.

La Figura 12 y Figura 13, muestran las gráficas de potencial de generación de drenaje acido para el tepetate y los residuos respectivamente.

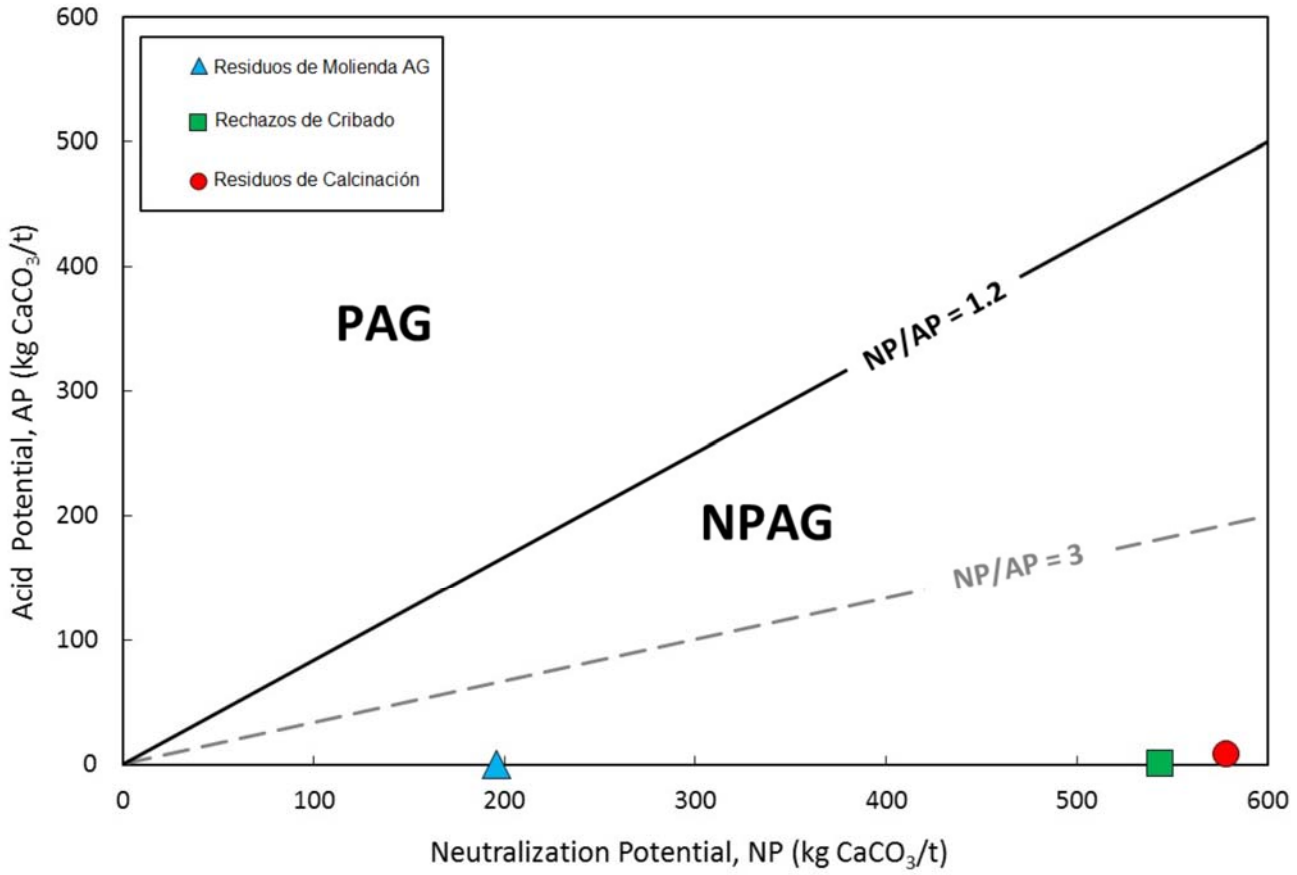


Figura II.13 Gráfica del Potencial de Drenaje Ácido para los residuos de proceso.

II.11.5.3 Depósito de Residuos Filtrados Encapsulados

El depósito de Residuos Filtrados Encapsulados, está constituido por un bordo de pie, ubicado en las coordenadas UTM WGS84 x= 678,968, y= 3,284,399, z= 995 msnm, a ser construido con material de tepetate compactado en capas de 30 cm, con una compactación al 98%. Este bordo tendrá un ancho de corona de 8 m de ancho, la longitud del bordo será de 58 m, el ancho de la base será de 83 m y se requerirá de un volumen total de 34,914 m^3 de material para su construcción. Los taludes aguas arriba y aguas abajo serán de 2.5H:1.0V.

Debido a las características geoquímicas de los residuos (no generadores de acidez), no se ha incluido un sistema de impermeabilización basal o geomembrana, ver Figuras 12 y 13.

Se asume que durante los primeros años de operación de la mina este depósito será independiente o separado a la colocación de tepetate aguas abajo del depósito. Dependiendo de la producción de

tepetate, éste se ira acercando al Depósito de Residuos Filtrados, hasta que se encuentre con el talud externo de depósito a modo de contrafuerte y en los últimos años de operación, el tepetate cubrirá o encapsulará el Depósito de Residuos Filtrados.

Para el año 3 de operación se estima que los residuos estén a la elevación de 1,040 msnm, con una altura de talud aproximada de 60 m. Al final de la operación los residuos llegaran a la elevación de 1,101 msnm, con una altura de talud aproximada de 141 m.

II.11.5.4 Depósito Temporal de Sub-productos

En el proceso metalúrgico de beneficio del mineral de litio se tendrán como sub-productos Sulfato de Potasio y Sulfato de Sodio los cuales se dispondrán temporalmente en el Depósito de Sub-productos, que se ubicará aguas arriba del Depósito de Residuos Filtrados y Encapsulados, en las coordenadas UTM WGS84 x= 680,239, y= 3,283,875, z= 1,111 msnm y está constituido por un bordo de contención y depósito impermeabilizado con un sistema compuesto de geomembranas: Linear Low-Density Polyethylene (membrana linear de polietileno de baja densidad (LLDPE) y Geosynthetic Clay Liner GCL (membrana geo sintética de arcilla).

El bordo iniciador será construido con relleno de roce compactado. En el talud aguas arriba se ha considerado el relleno de transición de 3 m de espesor, sobre el cual se colocará el GCL y la geomembrana. Este bordo tendrá un ancho de corona de 8 m y taludes aguas arriba de 2.5H:1V y aguas abajo de 1.5H:1.0V. La elevación del bordo iniciador será 1,111 m y tendrá altura aproximada de 34.5 m.
Para las siguientes etapas de construcción del bordo, se utilizará el tepetate compactado, hasta llegar a la elevación de 1,135 m con una altura total de 56.5 m. El talud aguas abajo de la configuración del bordo será 1.5H:1V.

Para finalizar el bordo se utilizará material de tepetate en capas de 30 cm, con una compactación al 98%. Este bordo tendrá un ancho de corona de 8 m de ancho, la longitud del bordo será de 134 m, el ancho de la base será de 89 m y se requerirá de un volumen total de 127,233 m^3 de material para su construcción. Este permitirá almacenar subproductos para los primeros 3 años de operación. El subproducto será comercializado cada 3 años y el depósito será reutilizado para reunir nuevamente la cantidad de subproducto mínimo para su venta. Los taludes aguas arriba y aguas abajo serán de 2.5H:1.0V.

II.11.6 Manejo de Agua Superficial y Pluvial

El Manejo de Agua superficial para el proyecto está definido con base a los requerimientos de agua de proceso y en los volúmenes de agua pluvial y superficial que se presenten en el área del sitio. Se han calculado los volúmenes de agua pluvial de acuerdo a la información meteorológica de las estaciones cercanas al sitio y se han definido los volúmenes de agua que se generarían en un evento probabilístico de tormenta.

El manejo de agua superficial dentro del área del sito del proyecto se realizará por medio de canales de desviación, bordos de contención de agua pluvial y de control de sedimentos. El polígono La Ventana, está dentro de las subcuencas de los arroyos Las Huatas y El Capulín que confluyen para formar el arroyo La Ventana y este a su vez desemboca en el Arroyo Bacadéhuachi.

El agua pluvial y subterránea que se acumulará en el sumidero del tajo se utilizará para la supresión de polvos en los caminos del tajo, en el área de depósito de residuos y una porción se evaporará.

Para el control y manejo de agua pluvial, se realizó un estudio hidrológico en el área del sitio del proyecto; Hidrología Sonora Lithium Project (Ausenco 2016). Se analizaron los datos climáticos disponibles de 3 estaciones meteorológicas cercanas al sitio. Las estaciones que se analizaron fueron Bacadéhuachi, Nacori Chico y Granados. Los tipos de datos adquiridos de las estaciones meteorológicas incluyeron: temperatura, precipitación y evaporación.

Para propósitos de diseño de los canales de desviación, bordos de contención de agua pluvial y de control de sedimentos, se calcularon las cantidades de precipitación de un evento probabilístico de tormenta de 24 horas para periodos de retorno de hasta 100 años y su correspondiente flujo máximo. Se obtuvieron los volúmenes de escorrentía con base a las diferentes áreas de las subcuencas dentro del polígono La Ventana para definir el diseño del canal de desviación y bordos de contención.

En la Figura II.14 se muestran las subcuencas dentro del área del proyecto y su interacción con las obras mineras.

Los volúmenes de escorrentía de las subcuencas se utilizaron para el diseño de los canales de desviación y bordos de contención y se presentan en la Tabla II.16.

PROTECCION
DE DATOS

Figura II.14 Subcuencas dentro del área del proyecto La Ventana.

Tabla II.16 Cálculo de Escorrentía por Subcuencas y Eventos de Tormenta.

Cuenca	CN II	Área		m^3
		m^2	km^2	100-años
RB-1	81	4,163,159	4.16	256,788
RB-2	81	1,380,612	1.38	84,897
RB-3	81	4,734,164	4.73	290,506
RB-4	81	1,468,565	1.47	90,332
RB-5	81	2,302,626	2.3	142,154
RB-6	81	523,931	0.52	32,259
RB-7	81	773,533	0.77	46,523

Los cálculos de los gastos de diseño para las cuencas individuales se muestran en la Tabla II.17.

Tabla II.17 Gastos de Diseño para un periodo de Retorno de 100 años utilizando el Hidrograma unitario Triangular.

Cuenca	Área (km^2)	L (m)	Pendiente Media Cuenca, S (%)	T_c (min)	T_p (min)	P (mm)	CN	Q (mm)	Q_p (m^3/s)
RB-3.1	0.83	1,619	67	14.60	9.70	111.89	80	61.36	17.69
RB-Pit	3.86	3,580	61	28.69	19.10	111.89	80	61.49	59.17

Nota: L= Longitud del Cause, Tc= Tiempo de Concentración Tp= Tiempo pico P= Precipitación 100 años CN= Numero de Curva Q= Escorrentía,

Qp= Descarga de escorrentía máxima.

II.11.6.1 Dimensionamiento de los Canales de Desviación (Control de escorrentías)

Se construirán dos canales para el control de las escorrentías y para la protección de las obras mineras; el primero localizado al oeste de la planta de proceso y el segundo en el área del tajo con la finalidad de que el agua pluvial no ingrese a las áreas mencionadas (ver Figura II.14.) los cuales son denominados canal de desviación oeste y canal de desviación tajo.

Para el dimensionamiento de los Canales de Desviación se consideraron los siguientes parámetros generales.

- Borde libre 0.30 m,
- Sección trapezoidal con taludes laterales de 2H:1V,
- Ancho típico de fondo de canal = 3.0 m,
- Pendiente mínima longitudinal del canal = 0.5%.

El dimensionamiento de los canales se llevó a cabo utilizando el gasto presentado en la Tabla II.17 y los parámetros descritos anteriormente. Un resumen de los resultados pertinentes se muestra en la Tabla II.18.

Tabla II.18. Resumen de Dimensionamiento de los Canales de Desviación para un gasto de 100 años.

Canal	Gasto (m^3/s)	Material	Rugosidad Manning "n"	Pendiente (%)	Sección	Taludes Laterales	Tirante (m)	Numero de Froude
Oeste	17.69	Corte Roca	0.035	0.5	Trapezoidal	2H:1V	1.77	0.58
Tajo	59.17	Corte Roca	0.035	0.5	Trapezoidal	2H:1V	3.3	0.62

En la Figura II.15, se muestra una sección típica de los canales de desviación.

Figura II.15 Sección típica de los canales de desviación.

II.11.6.2 Bordo de Control de avenidas de Agua Pluvial

Se construirá un bordo de contención de avenidas agua pluvial aguas arriba del área del tajo sobre el arroyo Las Huatas para controlar las avenidas pluviales extraordinarias y evitar ingreso de esas aguas al tajo La Ventana. El bordo de contención se construirá de materiales graduados y como pantalla de impermeabilización, en el talud aguas arriba del bordo se instalará un sistema compuesto de geomembranas: Linear Low-Density Polyethylene (membrana linear de polietileno de baja densidad (LLDPE) y Geosynthetic Clay Liner GCL (membrana geo sintética de arcilla). La altura máxima del bordo medido desde el pie aguas abajo será de 35 metros hasta la corona, la longitud de la cortina en su etapa final será de 100 m para tener una capacidad de almacenamiento de 250,000 m^3. Una sección transversal típica del bordo de contención se muestra en la Figura II.16.

Figura II.16 Sección transversal típica del bordo de contención de control de avenidas de agua pluvial.

II.11.6.3 Bordo de Control de Sedimentos

El bordo de control de sedimentos se construirá aguas abajo del arroyo La Ventana el cual consistirá de un bordo de materiales graduados que tendrá una altura no mayor de 2 metros y su función será de

contener los sedimentos durante las avenidas pluviales. El sedimento acumulado aguas arriba del bordo se removerá periódicamente.

II.12 Instalaciones de Planta de proceso (Planta)

La planta de proceso ha sido diseñada para una producción anual nominal de 17,500 toneladas por año ("t / año") de carbonato de litio (Li_2CO_3) de grado de batería (Etapa 1), durante los dos primeros años de producción del proyecto, seguida de una expansión la cual duplicaría la producción de la planta a 35,000 t/año (Etapa 2). Adicional a la producción de carbonato de litio el Proyecto ha sido diseñado para producir hasta 50,000 t/año de Sulfato de Potasio (K_2SO_4), para su venta a la industria de fertilizantes.

La planta de proceso ocupará aproximadamente 30.33 ha en su primera etapa y se requiere un incremento de 5.09 ha para la segunda etapa dando un total 35.42 ha en su etapa final.

La planta de proceso incluye el área de reducción y clasificación de tamaño del mineral, calcinación del mineral, el circuito de precipitación con agua desmineralizada, intercambio iónico y purificación, la primera y segunda precipitación de Li2CO3, y la sección de empacado del producto. Adicionalmente en la plataforma donde se instalará la planta de proceso, también se construirán en esta área las instalaciones de apoyo y servicios que se requerirán en la operación como son: laboratorio, almacén de insumos, enfermería, oficinas, vestidores, caseta vigilancia, báscula para camiones, almacén de combustibles, taller de mantenimiento, estacionamientos, comedor y almacén de residuos

La distribución general de las instalaciones de proceso para la primera etapa se muestra en la figura II.17 y en la figura II.18 para la segunda etapa.

Figura II.17 Arreglo general de la planta de proceso para la primera etapa.

Figura II.18 Arreglo general de la planta de proceso para la segunda etapa.

II.13 Construcción de obras asociadas o provisionales

La infraestructura de la mina incluirá:

- Patio de maniobras y almacén de maquinaria y equipos
- Planta de tratamiento de aguas negras
- Clínica o dispensario medico
- Almacén de residuos peligrosos y no peligrosos
- Comedor
- Taller de reparación llantas,
- Área de lavado de vehículos,
- Generador Eléctrico,
- Agua potable,
- Tanque diésel y dispensarios,
- Taller general y oficinas.

II.13.1 Taller de mina

La mayoría de los mantenimientos rutinarios requeridos para los camiones de acarreo se realizarán en el área del tajo utilizando un taller móvil y camiones de servicio. Los mantenimientos mayores se realizarán en el taller principal, el cual consistirá de estructuras livianas construidas utilizando contenedores de acero estándares de 40 pies y techumbres de lámina en techos.

El taller consistirá de tres bahías de servicio que tendrán capacidad para camiones de acarreo de hasta 240 toneladas (Cat 793) y también contará con un área de almacenamientos de herramientas. Cada bahía de servicio tendrá losas de concreto en los frentes permitiendo dar mantenimiento a los camiones fuera del edificio, de ser necesario.

Una de las bahías contará con rieles de acero embebidos en la losa de concreto para permitir dar mantenimiento a equipos montados en orugas y evitar daños en las losas de concreto. El edificio también incluirá un área de mantenimiento a llantas con almacén y servicio de cambio de llantas.

Se incluirá una grúa móvil para utilizarse en la reparación de las tolvas de los camiones de acarreo. El edificio contará con herramientas especiales para mantenimiento de equipo de minado, tanques con

mangueras y dosificadores de varios fluidos, incluyendo aceite para motor, aceite hidráulico, fluido anticongelante y agua.

II.13.2 Almacenamiento y distribución de combustibles

Los combustibles diésel, se almacenarán en el sitio para surtir el equipo pesado de mina y otros vehículos ligeros. Se planea tener un área de almacenamiento de diésel en el taller principal cercano a la planta de proceso. Para el rellenado de combustible de los equipos pesados que pertenecerán a la operación de minado, se contará con bombas de servicio en el área de talleres. Mientras que para los equipos ligeros se contará con estaciones de servicio alejadas de los talleres para evitar la interacción de camiones de acarreo con vehículos ligeros.

La capacidad del tanque de almacenamiento para el diésel será de 450 m^3. Se cumplirá con los protocolos de seguridad para las estaciones de servicio que dicta la normatividad vigente.

En la parte oeste de la planta de proceso se instalará un tanque tipo intemperie cilíndrico-horizontal de 100,000 lts. base agua; sin embargo, la capacidad máxima de operación será de 90,000 litros base agua, con capacidad para una presión de trabajo de 17 Kg/cm^2 bajo Norma NOM/021 el cual almacenará Gas LP. Siempre se deberá tener cuidado de no rebasar el 90% de la capacidad de almacenamiento. El volumen máximo almacenado de gas LP será de 48,600 kg por lo que no se requiere la presentación de un estudio de riesgo ya que no se rebasa la cantidad de reporte del segundo listado de actividades altamente riesgosas.

II.13.3 Almacén temporal de residuos peligrosos

En el sitio se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos de acuerdo a la normatividad vigente. Se tendrá un registro de los volúmenes y tipos de residuos peligrosos (bitácora) y un contratista debidamente certificado realizará la colecta, transporte y confinamiento de los residuos.

II.13.4 Sistema contra incendios

El sistema contra incendio se compone de un sistema de hidrantes, cuya cobertura abarca el 100% de las áreas de la planta.

Este sistema de hidrantes contará con conexiones para una manguera tipo industrial de 3” (75 mm), longitud total de 30 m, chiflón o boquilla de 3 pasos en la punta y capacidad de 180 L/min (50 gal/min) @ 65 psi (4,56 kg/cm²). El alcance del chorro de agua de esta manguera es de 15 m.

De acuerdo a la Norma NFPA 14, este se considera un sistema CLASE II, “Protección en riesgos ordinarios, extinción de incendios en sus inicios” y es “Sistema de hidrantes para operarse por ocupantes del edificio sin adiestramiento”.

De acuerdo a esta misma Norma, el gasto mínimo debe ser el suficiente para mantener 2 hidrantes abiertos simultáneamente, lo que representa 360 L/min.

II.13.5 Oficina de medio ambiente

Para el Proyecto La Ventana, se conformará una oficina de medio ambiente y seguridad, tanto para la construcción y operación de la planta de proceso como para el tajo. La oficina de medio ambiente se localizará en el edificio administrativo, ubicado en la planta de proceso. Las funciones de la oficina de medio ambiente y seguridad estarán enmarcadas en el proceso general de administración y gestión desarrollada por Ausenco para el manejo de riesgos, por medio de procesos típicos de planeación, ejecución, control y retroalimentación que pueden ser sintetizadas en las siguientes funciones clave:

- Planeación
- Institucional-Regulatoria
- Capacitación y Entrenamiento
- Seguimiento Monitoreo y Medición
- Inspección, Auditoria y Revisión
- Consultoría y Asesoría
- Comunicaciones

II.13.6 Suministro de agua

Dos pozos de agua localizados a 6 km del sitio de la planta bombearán agua al tanque de agua cruda instalado en la planta de proceso. El agua cruda se distribuirá hacia la planta de proceso y a los departamentos de minado y administración.

El agua cruda será transvasada del tanque de agua cruda y será tratada por medio de ultra-filtración seguida de cloración y esterilización con luz UV. El agua tratada, será entonces almacenada en tanques

elevados de plástico. El agua potable se distribuirá por medio de bombeo por tuberías a los puntos de demanda, incluyendo los diferentes departamentos de la mina.

II.13.7 Tratamiento de aguas negras

La planta de proceso contará con una planta de tratamiento de aguas negras. Esta planta de tratamiento de aguas negras se alimentará de los colectores del sistema de drenaje. La planta de tratamiento está diseñada para contener y tratar todos los efluentes.

II.13.8 Edificios

Los edificios serán prefabricados (modulares) para las instalaciones administrativas, así como, para los edificios de controles de la planta de proceso, laboratorios y caseta de entrada.

II.13.9 Edificio administrativo

El edificio administrativo proporcionará oficinas y estaciones de trabajo para los departamentos de administración y minado. El edificio será de 450 m² e incluye un área de recepción, oficinas privadas, sala de juntas/capacitación, áreas abiertas de trabajo para empleados *juniors*, área de impresoras/fotocopiado y sanitarios.

II.13.10 Oficina en la planta de proceso

La oficina de la planta de proceso es aproximadamente de 200 m² y su uso será para el personal del proceso, con oficinas privadas para el equipo gerencial y un área de trabajo para los empleados *juniors*. La oficina incluye una sala de junta/capacitación y un cuarto de impresoras/fotocopiado.

II.13.11 Almacén y talleres de mantenimiento de la planta de proceso

El taller y almacén de la planta de proceso se construirán de acero estructural. El taller incluye una grúa viajera de 10 toneladas y compresores de aire, área de herramientas y equipos, estantería y gabinetes de almacenamientos menor. El edificio es de 500 m² e incluirá 7 oficinas para los supervisores de mantenimiento, planeación y empleados de almacén.

II.13.12 Laboratorio

Se incluye un laboratorio completamente equipado para la preparación de muestras y ensayos con capacidad de 200 muestras diarias. El número de muestras para proceso se estima a ser de 136 por día, quedando capacidad para 64 muestras por día para control de la ley de mineral. Las muestras ambientales se enviarán a un laboratorio externo para su análisis.

El edificio de laboratorio tendrá 300 m² de superficie y su construcción será de tipo modular, e incluirá el área de recepción de muestras, almacén, área de preparación de muestras, cuarto de pesado, cuartos de instrumentación y tres oficinas privadas.

II.13.13 Caseta de entrada

La caseta de entrada tendrá una superficie de 40 m^2 y constará de una oficina, pluma de control de entrada, un área para prueba de alcoholímetro, comedor/cocina y dos baños.

II.13.14 Comunicaciones

Se contará con un sistema de comunicaciones vía inalámbrica, conectado con sistema de red de comunicación.

También se contará con un sistema de radiocomunicación para proveer diferentes frecuencias para los diversos departamentos (mina, planta de proceso, respuesta a emergencias, etc.).

II.14 Etapa de operación y mantenimiento

II.14.1 Resumen de las operaciones mineras

Las operaciones del proyecto La Ventana consistirán en las siguientes etapas principales: minado, trituración y clasificación por tamaño, conversión térmica o calcinación, precipitación y purificación del producto.

El proceso metalúrgico de beneficio a utilizar en el proyecto es el de “Gypsum Roast” que consiste en:

- Concentración Mecánica;
- Preparación de la Mezcla;
- Calcinación;
- Extracción;
- Evaporación;

- Precipitación del Producto; y
- Cristalización de Subproductos

II.14.2 Descripción del Proceso Metalúrgico

El proyecto minero La Ventana consistirá en la explotación de un yacimiento de litio mediante el minado a cielo abierto.

El procesamiento del mineral incluye la precipitación del litio con agua desmineralizada, seguida de una operación de intercambio iónico para remover impurezas y dos precipitaciones de carbonato de litio posteriores que dan lugar al producto de Carbonato de litio grado batería. (Anexo 4).

El proceso de beneficio inicia con el mineral proveniente de mina, el cual se concentra mecánicamente separándolo por tamaño de partículas, siendo el material más fino (arcilla) y el intermedio los que llevan el mayor contenido de litio, el material grueso se desecha como ganga. El material concentrado se envía a un sistema de mezclado, en donde se agrega yeso ($CaSO_4.4\ H_2O$) y esta mezcla se calcina a 1,000°C. El calcinado se dirige al circuito de precipitación, en donde se agrega agua desmineralizada, y después de un tiempo de residencia la mezcla se filtra obteniendo una solución rica en sulfatos y un residuo sólido calcinado, el cual se desecha como residuo. La solución se enriquece por evaporación y se pasa por un proceso de intercambio iónico para eliminar impurezas. La solución limpia se precipita utilizando Na_2CO_3 (Carbonato de Sodio) para producir Carbonato de Litio grado industrial.

Este producto se somete a un proceso de bi-carbonatación que consiste en la disolución secundaria en presencia de agua e inyección de CO_2 con presión y temperatura controlada. Una vez en solución, se re-precipita utilizando Na_2CO_3 (Carbonato de Sodio) para producir Carbonato de Litio grado batería, el cual se microniza y se empaca.

La fase liquida residual del proceso anterior se utiliza para producir Sulfato de Sodio y Sulfato de Potasio como subproductos.

El Sulfato de Potasio se recupera a partir de la solución residual de la primera etapa de recuperación de Carbonato de Litio la cual se envía a un evaporador/concentrador de Glaserita. La fase solida obtenida, se somete a un tanque de descomposición, en donde se agrega agua, se filtra, se seca y se empaca como Sulfato de Potasio. La fase liquida se envía a la segunda precipitación de Carbonato de Litio.

Para la producción de Sulfato de Sodio, se utilizan las soluciones residuales provenientes de ambas precipitaciones de Carbonato de Litio. Esta solución se mezcla con una sal neutra compuesta de ácido sulfúrico y sosa cáustica en un tanque de preacondicionamiento. El producto se filtra, se cristaliza y se vuelve a filtrar nuevamente para producir el Sulfato de Sodio.

En la Figura siguiente se presenta el diagrama de bloques que detalla las etapas del proceso metalúrgico para la obtención de Carbonato de Litio y de los subproductos, Sulfato de Potasio y Sulfato de Sodio.

Figura II.10 Diagrama de bloques del proceso de producción de Carbonato de Litio (Li_2CO_3).

II.15 Criterios de diseño para las Etapas del Proyecto

En la tabla II.19, se muestran los criterios de diseño para las diferentes etapas del proceso.

Tabla II.19 Criterios de diseño del proceso.

Descripción	Unidad	Valor
Recuperación general de litio	%	69.8
Recuperación general de potasio	%	57.2
Beneficio		
Tasa de alimentación de beneficio	t/h	174
Grado de alimentación de diseño	% Li	0.39
Fracción de tamaño de alimentación de flotación	micras	-150 + 20
Recuperación de masa	%	50
Recuperación de litio	%	82
Contenido de humedad de concentrado filtrado	% peso	20
Extracción		
Proporción de adición de yeso a mineral	-	0.16 : 1
Temperatura de horno	°C	1,000
Extracción de litio	%	87.2
Densidad de precipitación	% m/m	50
Temperatura objetivo	°C	70
Filtración de residuos de precipitación		
Eficiencia de lavado	%	98.5
Proporción de lavado	m^3/t	1.0
Contenido de humedad de descarga de torta	% m/m	20
Purificación		
Adición de Na_2CO_3 (solución de 300 g/L)	kg/m^3	1.61
Calcio en descarga IX	ppm	<5
Evaporación de PLS		
Concentración objetivo total de sulfatos	g/L	350
Primera precipitación de carbonato de litio		
Temperatura operacional	°C	95
Adición de carbonato de sodio	mol/mol	1.1
Grado de producto objetivo	%	>99.5
Recuperación de potasio		
Temperatura de evaporación	°C	100
Segunda precipitación de carbonato de litio		
Adición de carbonato de sodio	mol/mol	1.1
Temperatura de disolución de bicarbonato	°C	25

Tabla II.19 Criterios de diseño del proceso.		
Descripción	Unidad	Valor
Temperatura de cristalización de bicarbonato	°C	95
Grado de producto objetivo	%	>99.6
Cristalizador de Sulfato de Sodio		
Concentración objetivo de Na_2SO_4	% peso	30
Temperatura de descarga del evaporador	°C	85

En la Tabla II.20, se enlista el equipo móvil a utilizar tanto en las operaciones en la planta de proceso como para la administración y otras áreas del sitio.

Tabla II.20 Lista de Equipo Móvil.		
o **Departamento**	o **Vehículo**	o **Número**
Proceso General	Camioneta Pick Up 4WD, diésel	9
	FEL	1
	Montacargas – 2.5 tons	1
	Montacargas – 10 tons	1
	Montacargas – 30 tons	1
	Skid Steer Loader	1
	Bombas montadas en camión	1
	Grúa, 25 tons	1
	Camión, 10 tons HIAB	1
	Equipo de termo-fusión HDPE	1
	Generador eléctrico portátil	1
	Luminaria	1
Finanzas & Admin	Vehículo 4WD	1
	Camioneta Pick up, doble cabina 4WD, diésel	1
	Autobús 45 personas	2
	Camión con bomba de succión drenaje	1
	Camioneta utilitaria	1
	Elevador tarimas	1
	Montacargas almacen	1
	Montacargas – 10 tons	1
HR & HSEC	Camioneta Pick up, doble cabina 4WD, diésel	3
	Ambulancia	1
	Camión Bomberos	1
	Vehículo rescate mina	1
TOTAL		35

A continuación, se presenta una descripción del plan de producción y de las operaciones mineras separadas por año de producción.

II.15.1 Plan de producción por año

El plan de producción de la mina se basa en una producción total de 35,000 ton de carbonato de litio cada año entre los años 3 y 20.5. El programa de producción tiene una duración de 20.5 años y hay reservas suficientes para extender aún más, este periodo dependiendo de las condiciones del mercado.

La tabla II.21 es un resumen del programa de producción de la mina por año e incluye el porcentaje de mineral que proviene de La Ventana, el cual le pertenece en su totalidad a Minera Sonora Bórax.

Tabla II.21 Plan de producción de minado.

Año	Alimentación diluida a la planta					Residuo (Dilución eliminada) (kt)	Movimiento total (kt)	Residuo: Relación del mineral	Porcentaje de alimentación a la planta proveniente de La Ventana
	Grado de corte de litio (ppm)	(kt)	Grado de cabeza (ppm)	Contenido de Li_2CO_3	Grado de cabeza de K (%)				
1	1800	1,150	3921	23,998	1.68	981	2,131	0.9	100.0%
2	1800	1,183	3926	24,718	1.69	941	2,124	0.8	100.0%
3	1800	2,486	3781	50,028	1.67	2,513	4,999	1.0	100.0%
4	1800	2,796	3363	50,049	1.58	9,204	12,000	3.3	99.9%
5	1800	2,706	3474	50,042	1.52	9,294	12,000	3.4	96.1%
6	1800	2,805	3354	50,072	1.49	9,195	12,000	3.3	95.5%
7	1800	2,778	3387	50,077	1.46	15,222	18,000	5.5	94.2%
8	1500	2,398	3925	50,098	1.58	15,602	18,000	6.5	87.7%
9	1500	2,376	3960	50,075	1.61	15,624	18,000	6.6	83.1%
10	1500	2,426	3875	50,029	1.59	15,574	18,000	6.4	75.1%
11	1500	2,736	3441	50,099	1.45	15,264	18,000	5.6	54.6%
12	1500	2,937	3206	50,105	1.35	14,988	17,925	5.1	71.1%
13	1500	2,904	3242	50,105	1.41	5,256	8,160	1.8	76.1%
14	1500	2,470	3811	50,094	1.50	7,452	9,922	3.0	95.6%
15	1500	2,470	3806	50,024	1.50	5,464	7,934	2.2	91.9%
16	1500	2,514	3739	50,022	1.47	4,165	6,679	1.7	82.9%
17	1500	2,613	3599	50,054	1.43	3,506	6,119	1.3	74.2%
18	1500	2,684	3510	50,138	1.42	2,651	5,335	1.0	65.2%
19	1500	2,800	3361	50,078	1.43	1,807	4,607	0.6	61.4%
20	1500	3,058	3073	50,018	1.37	2,031	5,089	0.7	80.7%
21	1500	1,483	2690	21,231	1.28	626	2,109	0.4	100.0%
Total		51,773	3525	971,152	1.49	157,360	209,133	3.0	83.6%

A continuación, se presenta una descripción detallada de las diferentes etapas del proceso contempladas en el presente proyecto.

II.15.2 Minado

El minado inicia en la fase 1, después de un corto periodo de preproducción, en el cual se construirán los caminos de acceso y se llevarán a cabo los desmontes que se requieran del área del tajo. Se asume que estas actividades tomarán un periodo de tres meses en concluirse.

No se requerirán trabajos de desviación de aguas durante la fase 1, debido a que el minado permanece alejado del cauce del arroyo durante esta fase. La producción de mineral se mantendrá igual que en la fase 1 hasta el año 7.

El minado comienza durante el año 3, en la fase 2, con la retirada de la capa de basalto. Para el año 4, la tasa de minado habrá aumentado a 12,000 kt/año, con un máximo valor en la fase 2, en los años 4 y 5. La fase 2 proporciona mineral para producción desde el año 5 hasta el 13. Se incluye un plan de desviación de aguas en la fase 2, para desviar el agua alrededor del tajo hacia el oeste del tajo y después regresarla a su cauce natural. Los caminos de acceso al tajo tendrán que atravesar esta desviación.

El minado en la fase 3 comienza en el año 5, teniendo su valor máximo durante los años 7 al 12, cuando la tasa de minado llega a un total de 18,000 kt/año. La producción de mineral se estabiliza en la fase 3, durante los años 11 al 21. La parte oeste y suroeste de las obras de desviación de aguas permanecen iguales que en la fase 3, pero la parte sur se moverá aún más al sur como parte del plan de la fase 3, en el año 8.

La tabla II.22 muestra la producción de mineral y residuos mineros por año, por fase del proyecto.

Tabla II.22 Plan de producción de minado por fase.

Año	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Total		
	Mineral (kt)	Residuos (kt)	Mineral (kt)	Residuos (kt)	Mineral (kt)	Residuos (kt)	Mineral (kt)	Residuos (kt)	Total (kt)
1	1,150	981					1,150	981	2,131
2	1,183	941					1,183	941	2,124
3	2,486	1,614		899			2,486	2,513	4,999
4	2,794	1,335	2	7,869			2,796	9,204	12,000
5	1,305	530	1,401	8,045		719	2,706	9,294	12,000
6	1,430	587	1,375	3,927		4,681	2,805	9,195	12,000
7	1,076	368	1,702	2,735		12,119	2,778	15,222	18,000
8			2,398	2,948		12,654	2,398	15,602	18,000
9			2,376	2,229		13,395	2,376	15,624	18,000
10			2,426	2,023		13,551	2,426	15,574	18,000

11			2,629	2,313	107	12,951	2,736	15,264	18,000
12			1,927	849	1,010	14,139	2,937	14,988	17,925
13			1,924	446	980	4,810	2,904	5,256	8,160
14					2,470	7,452	2,470	7,452	9,922
15					2,470	5,464	2,470	5,464	7,934
16					2,514	4,165	2,514	4,165	6,679
17					2,613	3,506	2,613	3,506	6,119
18					2,684	2,651	2,684	2,651	5,335
19					2,800	1,807	2,800	1,807	4,607
20					3,058	2,031	3,058	2,031	5,089
21					1,483	626	1,483	626	2,109
Total	11,424	6,356	18,160	34,283	22,189	116,721	51,773	157,360	209,133

En términos generales, el minado se llevará a cabo durante un plan de trabajo programado a 20 años y se utilizará el método tajo abierto, que se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material de desecho (estéril) determinan la relación tepetate/mineral con que se debe extraer este último.

El minado y el transporte de mineral a la planta de proceso se realizarán por medio de un contratista, el cual suministrara los equipos requeridos para el minado, carga y transporte de mineral y tepetate, equipo de perforación para los barrenos de voladuras, equipos adicionales, talleres, etc.

II.15.3 Reducción y clasificación por tamaño del mineral

El mineral ROM se transporta mediante un cargador frontal hacia la operación de trituración, la cual reduce el tamaño de partícula hasta -150 mm. El producto de la trituración se descarga a una banda transportadora de alimentación al depurador húmedo, en donde el material se mezcla con agua y, los aglomerados y flóculos de arcilla se rompen y forman un lodo acuoso.

El depurador húmedo es de tipo tambor y tiene una apertura interna de 15 mm y una criba exterior de 6 mm. El mineral retenido de tamaño mayor a +6 mm se compone mayormente de calcita y cuarzo y se descarta apilándose para su almacenamiento. El producto del depurador (-6 mm) se bombea, mediante una bomba de descarga del depurador, hacia el circuito de clasificación por tamaños de partícula.

El circuito de clasificación consiste en tres hidrocilones, uno primario, uno secundario y uno de residuos. La arcilla acuosa se separa en tres fracciones:

a) +150 µm: la cual se alimenta al filtro de banda de colas.
b) -150 +20 µm: la cual se alimenta al circuito de flotación inversa.
c) -20 µm: la fracción más fina se alimenta al espesador del concentrado.

II.15.4 Flotación y Desaguado

El lodo acuoso de -150 +20 µm, se somete a flotación inversa en donde la parte que flota contiene los residuos con un alto porcentaje de cuarzo y calcita, y los precipitados contienen el concentrado con una alta cantidad de litio.
El circuito de flotación consiste en:

- Flotación primaria
- 1ra Flotación del Limpia
- 2da Flotación de Limpia

Cada circuito de flotación incluye tanques de acondicionamiento, así como celdas de flotación. El circuito más grueso se compone de un tanque de dilución para agregar agua hasta alcanzar un 50% de sólidos y cuatro celdas de 20 m^3. Cada circuito de limpia contiene dos celdas de 20 m^3. Los reactivos de flotación incluyen un colector, sosa cáustica para ajustar el pH y silicato de sodio como dispersante. Los precipitados de cada una de las celdas de flotación se dirigen al espesador del concentrado.

El producto que flota, junto con el concentrado de flotación, se envían al espesador del concentrado y se filtran mediante filtros de placa. Se agrega floculante para ayudar con el asentamiento en el espesador.

La torta del concentrado del filtro se apila y almacena para dejarla secar y permitir el desacoplamiento entre la corriente superior del beneficio y la corriente inferior de la planta de extracción.
La corriente inferior del ciclón primario y el material que se decanta en la flotación, con 60% de sólidos, se bombean a un filtro banda de 66 m^2. La torta del filtro, a 20% de humedad, se envía por una banda transportadora y se almacena antes de su transporte a los terreros, utilizando cargadores frontales y camiones de carga.

II.15.5 Circuito de extracción y precipitación

Las pruebas de extracción demostraron que se podría obtener un 87% de extracción del litio con una proporción optimizada de los reactivos para maximizar el consumo de dióxido de azufre y así reducir el consumo de yeso. Las pruebas también indicaron que es factible utilizar el K_2SO_4 recuperado en el circuito de tostación para reducir el consumo de yeso; ya que en el diagrama de flujo base se produce K_2SO_4 para su comercialización.

Las impurezas más importantes que se necesitan manejar para la producción de Li_2CO_3 grado batería son el Sulfato de Sodio y de potasio. Los iones de magnesio, manganeso, sílice y aluminio se eliminan mediante precipitación e intercambio iónico. El calcio se minimiza mediante la combinación de la adición de sosa cáustica y el intercambio iónico.

El sodio, potasio, sulfato y cloruro, se reducen mediante el lavado de los cristales de carbonato de sodio para eliminar los contaminantes superficiales.

II.15.6 Tostación

El concentrado del beneficio, al igual que el yeso, se transportarán desde los depósitos de almacén temporal, utilizando bandas de velocidad variable, hasta la mezcladora de paleta, en donde se mezclarán estos componentes.

La alimentación combinada se introduce al horno de tostación en donde se lleva a cabo la reacción del litio con el sulfato de calcio (yeso) para formar Sulfato de Litio (Li_2SO_4).

Inicialmente, el agua unida químicamente se libera conforme la alimentación se va transportando hacia una zona de mayor temperatura. La calcita y el yeso se trasforman en cal. Una vez que se alcanza la temperatura óptima de tostación de 1,000°C, se requiere un tiempo de residencia de 1 hora en la zona caliente debido a la cinética lenta de la reacción involucrada.
La entrada de calor y los volúmenes de los gases de escape se optimizan cuidadosamente para reducir la velocidad del gas y, por lo tanto, disminuir el polvo arrastrado a los sistemas de limpieza del gas de escape. Una reducción en las velocidades del gas disminuye el polvo arrastrado a los sistemas de limpieza y esto se asocia a la reducción de su costo capital y operativo.

El producto calcinado que sale del horno se enfría con aire fresco precalentado. El calcinado frío se transfiere a la precipitación del calcinado para la recuperación del Sulfato de Litio soluble en agua.

II.15.7 Precipitación, espesado y filtrado

El calcinado se mezcla con el filtrado de la solución rica reciclada y las soluciones de intercambio iónico (IX, por sus siglas en inglés) regeneradas para lograr el 50% en peso de sólidos en un tanque de precipitación de 200 m^3. El Sulfato de Litio, junto con cualquier impureza de sulfatos metálicos de hierro, magnesio, calcio, aluminio, sodio y potasio, son solubles en agua y en la solución de precipitación. La temperatura del tanque de precipitación se controla a 70°C con una bobina de agua de enfriamiento. Los lodos de precipitación se bombean al espesador del precipitado.

Los lodos de precipitación se separan en una solución rica de litio y un residuo de arcilla, el cual contiene poco litio, utilizando filtros banda y espesadores de alta velocidad. El espesador de precipitación es de alta velocidad y tiene un diámetro de 20 m, en el cual se espesan los lodos hasta 65% en peso antes de ser bombeados al tanque de alimentación del filtro del precipitado. La solución superficial (solución rica) se decanta por gravedad a una etapa de purificación para eliminar impurezas.

Dos filtros banda al vacío de 150 m^2, que operan en paralelo, producen una torta filtrada con menos del 20% en peso de humedad. Las tortas filtradas se llevan hacia su sitio de apilamiento mediante una banda transportadora para luego ser transportadas al depósito de residuos utilizando cargadores frontales y camiones de volteo.

II.15.8 Purificación y evaporación

El área de purificación consiste en dos tanques, en donde se agrega una solución de carbonato de sodio a la solución rica para precipitar el calcio como $CaCO_3$. El $CaCO_3$ precipitado se elimina por medio de un filtro de placa horizontal de 30 m^2 y se descarga en un búnker para su transportación a la pila de Sulfato de Sodio. Los sólidos filtrados se lavarán con agua potable para maximizar la recuperación del Sulfato de Litio residual.

El filtrado se colecta y bombea a un filtro de pulimiento para eliminar cualquier sólido residual antes de la evaporación.

El evaporador utiliza circulación forzada mediante recompresión mecánica de vapor para aumentar la concentración de litio en la solución rica de 5.5 g/L a 14.3 g/L y así, maximizar la cantidad de carbonato de litio grado batería precipitado.

II.15.9 Intercambio iónico (IX)

El propósito del circuito de IX es eliminar los cationes multivalentes de la solución (es decir, calcio, magnesio, manganeso, aluminio). El paquete de IX consiste en tres columnas en una configuración de regeneración retardada para permitir la operación en continuo. La solución regenerada se recicla al tanque de precipitación para utilizarse como agua de dilución. Mientras que la solución rica purificada se bombea a la etapa de la primera precipitación.

II.15.10 Primera precipitación, filtración, lavado y secado del carbonato de litio

El circuito de la primera precipitación del carbonato de litio grado batería (BG, por sus siglas en inglés) consiste en cuatro tanques agitados operados por lotes, con tres tanques en operación al mismo tiempo. La solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) se bombea a los tanques de precipitación en una proporción molar estequiométrica de 1.1: 1 para la conversión de Sulfato de Litio (Li_2SO_4) a carbonato de litio.

La temperatura en los tanques de precipitación se mantendrá a 95°C mediante una corriente de vapor indirecta suministrada por medio de una bobina inmersa de calentamiento. El vapor que se produzca en el tanque de precipitación se enfriará en un condensador y el condensado se regresará al tanque de precipitación. Al final del lote, se permite que el precipitado sedimente y el lodo se bombea a la primera centrífuga de precipitación.

La primera centrífuga de precipitación desagua el lodo acuoso y se lava con agua caliente desmineralizada. El concentrado de la primera precipitación se recolecta y se bombea al evaporador de glaserita (Sulfato de Potasio). La torta centrifugada de Li_2CO_3, con humedad del 8% en peso, se descarga al depósito de alimentación del secador del primer producto grado batería.

El secador del producto grado batería utiliza calentamiento indirecto suministrado por gas LP, para reducir la humedad a <0.1%. El gas de escape del secador se filtra en una casa de filtros del producto grado batería. La descarga del secador se transporta junto con el polvo capturado hacia el silo de producto grado batería mediante un elevador de cangilones.

II.15.11 Manejo del primer producto grado batería

El primer producto grado batería de Li_2CO_3 se transportará en bolsas a granel de una tonelada. Si el producto se molerá, se transfiere a molienda mediante una válvula giratoria y un transportador de tornillo. El molino de producto grado batería reduce el tamaño de partícula de 100 µm a 5 µm

.

Un ciclón y una casa de filtros atraparán el polvo que se produzca. Un alimentador de tornillo después transfiere la descarga del molino y el polvo capturado hacia el empacado y apilado en tarimas del primer producto grado batería. Las bolsas a granel de una tonelada se llenan semiautomáticamente y se colocan en tarimas. Después, una carretilla elevadora transfiere las bolsas cargadas en las tarimas a un contenedor de envío de 20 pies.

II.15.12 Evaporación de Glaserita

El evaporador de glaserita tiene como alimentación tres corrientes: la solución de la primera precipitación decarbonato de litio, el filtrado reciclado de Sulfato de Sodio y el concentrado del filtro de descomposición. Estos se apilan antes de ser alimentados al evaporador de glaserita. En el evaporador, se agrega ácido sulfúrico para convertir el Li_2CO_3 a Li_2SO_4 y así, prevenir que se cristalice y deje de formar parte de la solución. La solución se evapora a 100°C para formar cristales de glaserita ($Na.3K(SO_4)_2$).

Después, la glaserita se separa de la solución por medio de una operación del filtro de glaserita en semi-lote. La torta filtrada de glaserita se envía al tanque de descomposición, mientras que el líquido se bombea a una segunda precipitación del carbonato de litio.

II.15.13 Segunda precipitación, filtración y lavado del carbonato de litio

La segunda precipitación del carbonato de litio consiste en tres tanques agitados operados por lotes teniendo cada tanque en una etapa diferente para así lograr una operación pseudo-continua.

Este proceso es idéntico al primer circuito de precipitación de carbonato de litio y consiste en la precipitación, filtración mediante centrifugación y lavado.

La torta de Li_2CO_3 con 8% en peso de humedad después se procesa en un circuito de bicarbonatación para producir el segundo producto de carbonato de litio grado batería.

II.15.14 Circuito de bicarbonatación, incluyendo filtración, secado y precipitación

La torta de carbonato de litio de la segunda precipitación se alimenta al circuito de bicarbonatación para una mayor purificación y así producir carbonato de litio grado batería. El Li_2CO_3 se alimenta en lotes al tanque de disolución y se resuspende utilizando el concentrado reciclado.

El proceso de disolución se mantiene a 25°C para maximizar la concentración de litio en solución. El concentrado de la bicarbonatación se enfría mediante un intercambiador de calor y una bobina de inmersión que utiliza agua fría según se requiera, para mantener tal temperatura.

El gas de dióxido de carbono se burbujea al tanque de disolución de bicarbonatación para convertir el carbonato de litio a bicarbonato de litio ($LiHCO_3$), que es más soluble en agua. El gas de escape que se produce en el tanque de disolución de bicarbonato se enfría en un condensador y se recicla al proceso de bicarbonatación a través de un soplador de CO_2.

La solución del tanque de disolución de bicarbonato, se bombea a un tanque de cristalización de bicarbonato y se filtra para eliminar los restos de impurezas insolubles del proceso de disolución. En el tanque de cristalización de bicarbonato, la solución se calienta a 95°C para re-cristalizar el Li_2CO_3.

Posteriormente, la solución de Li_2CO_3 se filtra y se lava con agua desmineralizada, de manera similar al primer circuito de precipitación de carbonato de litio. La torta de Li_2CO_3 se descarga a un depósito de alimentación del secador del segundo producto grado batería.

Igualmente, en el circuito antes mencionado, el secador del segundo producto grado batería reduce la humedad hasta <0.1% y la descarga del secador se transporta junto con el polvo hacia el silo del segundo producto grado batería mediante un elevador de cangilones.

Un sistema similar de manejo del primer producto de carbonato de litio se utiliza para empacarlo en bolsas a granel de una tonelada, apiladas en tarimas y después se colocarán en contenedores de 20 pies para su envío.

II.15.15 Procesamiento del Sulfato de Potasio

La torta del filtro de glaserita se disuelve en el tanque de descomposición con la mínima cantidad de agua de proceso, suficiente para disolver el Sulfato de Sodio mientras se recristaliza el K_2SO_4. El lodo acuoso se bombea al filtro de descomposición donde el filtrado se recicla y la torta del filtro se transfiere al secador de Sulfato de Potasio utilizando un alimentador de tornillo.

El secador de Sulfato de Potasio utiliza calentamiento indirecto para reducir la humedad hasta >0.1%. El gas de escape del secador se filtra en la casa de filtros del Sulfato de Potasio. La descarga del secador, junto con el polvo capturado se transportan al silo de producto de Sulfato de Potasio mediante un elevador de cangilones.

II.15.16 Cristalización del Sulfato de Sodio

La solución del segundo circuito de precipitación se bombea a dos tanques de preacondicionamiento. En el primer tanque se agrega ácido sulfúrico para convertir Li_2CO_3 a Li_2SO_4 y así, prevenir que se cristalice con el Sulfato de Sodio. Se agrega sosa cáustica al segundo tanque para mantener el pH alrededor de 7, lo cual minimiza la desincrustación y corrosión.

La solución se bombea al cristalizador de Sulfato de Sodio, el cual es un cristalizador de evaporación de circulación forzada que opera a 100°C. La recompresión mecánica del vapor se utiliza para recomprimir el vapor flash y proveer la fuente de calor del intercambiador de calor.

El lodo acuoso del cristalizador de Sulfato de Sodio se bombea al filtro de Sulfato de Sodio. El líquido filtrado se recicla al evaporador de glaserita. La torta del filtro de Sulfato de Sodio se descarga a un búnker en donde se transporta a la pila de Sulfato de Sodio recubierta por una geomembrana, utilizando un cargador frontal y un camión de volteo.

II.15.17 Utilización de materias primas en el proceso

El almacenamiento de las materias primas será de forma adecuada y señalizada, manejando la compatibilidad de materiales y cumpliendo con las medidas de seguridad establecidos para los materiales a almacenar.

En la Tabla II.23 se presentan las principales materias primas utilizadas en la producción del carbonato de litio grado batería, su clasificación y su consumo mensual.

Tabla II.23 Principales materias primas utilizadas en la producción del carbonato de litio grado batería, su clasificación y su consumo mensual.

II.16 Etapa de abandono del sitio (post-operación)

Se estima que la etapa de abandono iniciará 21 años después del inicio de la producción. Algunas actividades de restauración se podrán iniciar durante la operación, en áreas inactivas o desocupadas de la unidad minera.

Durante la etapa de operación, y, por lo tanto, antes de la etapa de abandono, se preparará un plan detallado de cierre y restauración de la unidad minera que será sometido a la aprobación de SEMARNAT, con lo que se busca asegurar que los aspectos asociados al cierre y restauración sean considerados con el suficiente detalle lo más anticipadamente posible. Mientras tanto, en este documento se presentan lineamientos generales que han de tomarse en cuenta para la preparación del citado plan, indicándose los criterios más importantes a considerar en la etapa de abandono y durante las actividades de restauración desarrolladas concurrentemente con las operaciones mineras.

Al cierre de la mina, se garantizará que todas las áreas se estabilicen física y químicamente. Con la restauración se buscará prevenir la degradación progresiva del lugar y mejorar la recuperación natural de las áreas afectadas por las actividades mineras. La restauración se llevará a cabo con los siguientes propósitos:

- Protección de la seguridad y salud públicas por medio del uso de prácticas seguras y responsables en la etapa de abandono del proyecto
- Establecer formas del terreno estables
- Reducir la necesidad de mantenimiento y monitoreo a largo plazo al lograr estabilidad física y química de las áreas perturbadas
- Proteger los recursos hidrológicos del área local
- Facilitar la recuperación natural de las áreas afectadas por las operaciones mineras y actividades relacionadas en el sitio del proyecto
- Restablecer para las futuras generaciones el uso productivo del terreno y el agua en los alrededores del sitio minero de una forma que sea congruente con el uso previo del suelo y el agua. En este caso, el uso productivo se refiere al uso del área por la vida silvestre y por las actividades históricas previas al desarrollo de la mina.

Es importante hacer notar que esto no significa que las actividades mineras no resultarán en un cambio permanente al escenario natural. Ciertos rasgos mineros, como el tajo o los apilamientos de tepetate, serán cambios permanentes al paisaje. Otros rasgos, como caminos y plataformas de construcción alterarán el paisaje por muchos años o décadas, hasta que las fuerzas naturales las destruyan o encubran su presencia incluso después de haber sido restauradas. Esto es, la restauración no puede remover totalmente la perturbación causada por el desarrollo y la operación de la mina, pero sí puede asegurar que tales perturbaciones no sean la causa de degradación del agua, suelo o aire después de que la unidad minera ya no funcione.

Asimismo, es necesario destacar que la forma como se aprecia un sitio restaurado, es decir la estética, es importante para las comunidades y otros grupos de interés, por lo que se tiene que tomar en cuenta en el diseño de las actividades de restauración. Lo primero y más importante es dejar un sitio limpio. Por tal motivo, todos los materiales potencialmente peligrosos (químicos, reactivos, hidrocarburos, explosivos, etc.) serán removidos del sitio después de que cese el minado. Serán transportados para su uso en otro lugar (reciclado) o su disposición adecuada en lugares oficialmente destinados para ello.

Todos los materiales no peligrosos incluyendo edificios, escombro, acero, vehículos, basura general, y restos de otra índole serán removidos de la superficie y desechados en los rellenos sanitarios apropiados.

Por otra parte, se propone suavizar las pendientes de todos los sitios de almacenamiento de material, como los terreros, y algunas áreas del tajo, de ser factible.

II.16.1 Cierre del tajo

Las paredes del tajo se dejarán en condiciones estables desde la etapa de operación de la mina, en forma de bancos escalonados para lograr la estabilidad deseada en las paredes que fueron minadas. Se construirá una berma de seguridad y/o cerco alrededor del tajo para restringir el paso de personas y fauna mayor; así como también, se construirán bermas de seguridad y protección de material rocoso para evitar el tránsito de vehículos en el área del tajo.

Se realizarán actividades de reforestación en superficies de nivelación, que puedan permitir en condiciones de acceso y movilidad segura, la colocación de suelo y plantación de especies nativas.
Proyectar la necesidad de colocar material de relleno en el fondo para prevenir la formación de áreas con espejos de agua al interior del tajo, sin impedir afloramientos naturales en caso de que se presenten.

Ejecución de pruebas geoquímicas de la roca expuesta para la toma de decisiones respecto de la necesidad o nulidad de los rellenos.

Se llevará a cabo la actualización y preparación de las actividades previas y posteriores al abandono, incluyendo el programa calendarizado y el presupuesto de las medidas y actividades de recuperación contempladas en el plan.

II.16.2 Cierre de tepetateras

La tepetatera permanecerá en el sitio y requerirá como mínimo las siguientes obras de restauración:

1. Preservar la calidad del agua corriente abajo del sitio de la obra.
2. Asegurar la estabilidad de la obra.
3. Prever una integración del sitio al entorno circundante.
4. Regresar en la medida de lo posible el terreno afectado a las condiciones existentes que se tenían previo a la realización de la obra.
5. Suavización de taludes hasta alcanzar una pendiente menor a 3:1 para minimizar la erosión y los escurrimientos; además puede requerirse un poco de recontorneo del almacenamiento para armonizar con las geoformas naturales del terreno y el paisaje, y para evitar el encharcamiento de agua en la parte superior del terrero.
6. Obras de control de drenaje pluvial para evitar migración excesiva de partículas finas a los cursos naturales de agua.
7. Colocación de capa de suelo vegetal y siembra de semillas y plantas de especies nativas.
8. Diseño e implementación de programas de monitoreo para verificar las actividades implícitas en la etapa de postoperación, cierre y abandono.

9. Preparación de un plan durante las operaciones, que muestren las áreas y sitios adecuados para las actividades de recuperación que se puedan llevar a cabo de manera simultánea.

II.16.3 Cierre de caminos de acarreo

1. Se llevará a cabo la reconformación y cierre de caminos de operación en la etapa posterior al cierre.
2. Retiro de todo tipo de equipo e infraestructura después del cierre de la mina.
3. Prever una integración del sitio al entorno circundante.
4. Contorneo y restauración de las superficies no naturales en el sitio.

II.16.4 Cierre de planta de procesos

1. Demolición de bases y pisos de concreto armado, bardas perimetrales y bases de tanques.
2. Retiro de estructuras y de escombros.
3. Limpieza y neutralización de las áreas de proceso.
4. Desmantelamiento de toda la infraestructura de equipos, tuberías y estructuras de soporte, líneas eléctricas y áreas de servicios de apoyo.
5. Inclusión de todas las áreas del proceso en el plan.
6. Plan de nivelación para minimizar los impactos visuales de los contornos y formas no naturales.

II.16.5 Directrices para materiales y residuos

Durante el cierre, cualquier reactivo, explosivos y otros materiales de riesgo serán retirados de la zona por un contratista autorizado. Los residuos peligrosos, tales como baterías, aceite usado y materiales contaminados con hidrocarburos, serán manejados y tratados por contratistas autorizados.

Los suelos contaminados con hidrocarburos serán tratados in situ de acuerdo con las prácticas de gestión utilizadas durante las operaciones o tratados fuera de la zona en una instalación autorizada para tal fin.

II.16.6 Monitoreo de aguas superficiales y subterráneas

1. Se realizará el monitoreo de agua conforme a un Programa de Monitoreo establecido durante la operación, cierre y abandono de las instalaciones.
2. Análisis de agua superficial con base a la normatividad vigente sobre contaminantes.
3. Contraste de la calidad del agua con monitoreos aguas arriba y abajo.
4. Monitoreos de aguas subterráneas de los pozos de monitoreo instalados y cercanos al área de la mina.

II.16.7 Protección de especies

Se promoverá la conservación de especies en riesgo y rescate de flora y fauna, llevando a cabo acciones de monitoreo cada **seis meses** con participación de especialistas en materia de flora y fauna silvestres.

Los programas de monitoreo previos y posteriores al cese de operaciones y cierre y abandono de la obra, se recomienda que se revisen y/o actualicen dos veces por año durante cinco años posteriores al abandono. Si se identifican deficiencias en las obras o en aquellas sujetas a revegetación, se deben establecer las medidas correspondientes.

II.16.7.1 Programa de monitoreo durante el cierre

El monitoreo incluye reconocimientos y evaluaciones de campo durante la etapa previa al cierre y abandono del lugar que se vincula específicamente con las obras del proyecto minero, para evaluar las áreas de aquellas obras sujetas a revegetación. Si se utilizan especies exóticas bajo algún estatus, se deben monitorear también durante un periodo de dos años posteriores al cierre y abandono. Los resultados del programa de monitoreo se podrán utilizar para redefinir y programar actividades de recuperación, haciendo los ajustes pertinentes basándose en los reconocimientos de campo.

El programa de monitoreo permitirá la identificación de problemas y modificaciones potenciales de métodos alternativos para eventos de revegetación, tales como:

1. Mejora de los métodos de limpieza.
2. Mejoramiento de los métodos de recolección de semillas y preservación para incremento de la diversidad de especies.
3. Reemplazo de especies que no se desarrollaron.

4. Mejora de los métodos de siembra y plantación.

II.16.8 Cierre de instalaciones de apoyo

El cierre de las instalaciones de apoyo, tales como laboratorio, taller, almacenes, etcétera, iniciará con la limpieza general y remoción de residuos tóxicos y no tóxicos, para posteriormente proceder con el desmantelamiento de equipos, tuberías, sistemas eléctricos, estructuras y otros. Los elementos sanitarios y la red de drenaje serán desmantelados, desinfectados y clausurados.

Todo el inventario sobrante de productos de hidrocarburos, reactivos, químicos, y otros, será retirado del sitio como parte de la restauración final.

Una vez que se ha desmantelado todo, serán demolidos los edificios, se retirarán las instalaciones modulares y se removerán los escombros del sitio, acondicionando el terreno para la restauración mediante la escarificación y siembra de semillas de especies nativas.
Todos los conceptos que se refieren a las instalaciones complementarias, como señalamientos en el abandono, cercas de seguridad, etc., serán integrados en los costeos del plan, desmantelados y retirados.

Las áreas del tajo, terreros, depósitos de residuos, caminos de acarreo y la planta de proceso serán abandonados en el momento en que se llegue al agotamiento y término de las reservas minerales presentes en el yacimiento del lugar y no se tenga evidencia de la presencia de más vetas o cuerpos mineralizados susceptibles de explotar y recuperar.

Se estima que las actividades de restauración serán desarrolladas en un lapso aproximado de 2 años a partir del fin del minado.

II.16.9 Utilización de explosivos

La sustancia explosiva que será utilizada es el nitrato de amonio que será controlado por medio de una empresa responsable de su manejo. El uso principal que se dará a la carga explosiva será para la ejecución de voladuras para la extracción de mineral y material estéril del tajo.

Las explosiones serán controladas de tal manera que se minimice totalmente la afectación del ambiente por las vibraciones sísmicas. Las plantillas para voladuras serán diseñadas de tal manera que se obtenga la mayor cantidad de material para el proceso de la mina, sin dañar los alrededores.

El poblado de Bacadehuachi se encuentra aproximadamente a 10 km del límite norte del tajo, siendo el área poblada más cercana, esta distancia garantiza que no se verá afectado por los eventos de voladuras en el proyecto.

II.17 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

II.17.1 Residuos sólidos

II.17.1.1 Tepetate

Como se indicó en la tabla II.14, en el depósito de residuos mineros de depositarán en total 85.30 millones de toneladas de tepetate, 52.16 millones de toneladas de residuos filtrados y 1.31 millones de residuos húmedos, durante el total de la vida útil de la mina y en la tepetatera noroeste se depositarán 58.85 millones de toneladas de material estéril. De acuerdo a las pruebas de generación de ácido del tepetate y los residuos filtrados, realizadas por Analítica del Noroeste, S.A. de C.V., ninguno de estos materiales resultó ser generador de ácido.

El tepetate se utilizará para encapsular los residuos filtrados, y también, en los poros del tepetate se colocarán residuos filtrados, para aumentar la resistencia del material, la permeabilidad de los residuos y la densidad, con el fin de que los residuos ocupen parte de la porosidad del tepetate. Estas características ayudan a la estabilidad física global del sitio de almacenamiento de tepetate y residuos filtrados.

II.17.1.2 Residuos de Manejo Especial

Desde la etapa de preparación del sitio y construcción se generarán diferentes tipos de residuos no peligrosos como son los materiales de construcción (cartón, madera, plástico, tuberías, pedacería de fierro, escombros, etc.). También se generará tierra producto del descapote y nivelación del terreno. Se promoverá la reutilización de estos residuos dentro de las instalaciones mineras. Los que no sean aprovechados serán dispuestos por una empresa subcontratada

encargada del destino final de los mismos.

II.17.1.3 Residuos Sólidos Urbanos

Se habilitarán contenedores debidamente demarcados para la recolección de residuos orgánicos o domésticos en las áreas de administración, áreas de trabajo individual, comedores y áreas de mantenimiento de la operación. La generación de residuos sólidos domésticos corresponderá a elementos de oficinas (principalmente papeles) y a residuos de alimentos.

Se instalarán contenedores de basura cubiertos, los que estarán en áreas específicas y debidamente rotulados. Estos residuos se recolectarán en forma separada de los desechos industriales y serán transportados diariamente al relleno sanitario del poblado de Bacadehuachi. El transporte se realizará con camiones especialmente habilitados para este propósito, con contenedores de carga cubiertos para evitar el arrastre de basura por el viento o derrames por la humedad residual de los desechos orgánicos.

Se estima que se generarán como máximo, en el período punta, aproximadamente 150 kg/día de residuos domésticos (unos 300 gramos/trabajador-día).

II.17.2. Aguas residuales

No se presentarán descargas de agua o líquidos en ninguna fase del proceso industrial ya que las soluciones de proceso se mantendrán en recirculación dentro del mismo. Todas estas instalaciones estarán sobre terreno impermeabilizado y con capacidad para contener el 100 % de las soluciones de proceso y eventos extraordinarios de lluvia.

Las únicas descargas de agua residual serán las aguas de servicio de las áreas de oficinas, taller y otras áreas operativas donde se instalarán servicios sanitarios. El sistema de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales de servicios consistirá de un sistema de tuberías de PVC enterradas, y registros de concreto, que las recolectarán por gravedad y se alimentarán a la planta de tratamiento de aguas negras con la que contará el proyecto.

Durante la época de lluvias los canales de desviación de escurrimientos alrededor de las obras mineras se canalizarán hacia los arroyos naturales más cercanos.

II.17.3 Emisiones atmosféricas

Las principales emisiones a la atmósfera serán partículas suspendidas y se generarán durante las actividades de desmonte, principalmente en la fase de minado y acarreo del material, tráfico de vehículos dentro y alrededor de la mina, así como la carga y descarga de mineral y material estéril. También la acción erosiva del viento en áreas desprovistas de la vegetación será otra fuente de polvos fugitivos.

Para el control de polvo de las fuentes mencionadas se aplicarán riego de agua a presión, utilizando carro-tanques, en caminos y áreas de maniobras. Además, se evaluará el uso de sustancias para el control de la supresión del polvo, de ser necesario.

Otra fuente de emisión de partículas será la planta trituradora, que afectará la calidad del aire en el ambiente, pero principalmente la calidad del aire del entorno laboral, por lo que será de gran importancia tanto el control de la fuente como el uso por parte del personal del equipo de protección adecuado.

Además, se tendrán varios dispositivos instalados para filtrar la corriente gaseosa de diferentes operaciones como en el secado del carbonato de litio grado batería y en la producción de Sulfato de Potasio, que ayudarán a filtrar las partículas que se puedan generar específicamente en esas etapas del proceso.

II.17.4 Residuos peligrosos

Los principales residuos potencialmente tóxicos o peligrosos que se espera se generen en las diferentes etapas del proceso productivo se describen enseguida. Una vez que se inicie la generación de estos residuos se realizarán las pruebas de caracterización de acuerdo con la norma NOM-053-SEMARNAT-1993, para evaluar su toxicidad y definir las prácticas adecuadas para su manejo y disposición final, tomando como base los criterios del proyecto de norma sobre planes de manejo de residuos peligrosos PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011.

II.17.4.1 Aceite usado

Se generará aceite usado principalmente en el área del taller donde se dará mantenimiento al equipo pesado. El aceite usado se recolectará en tambores de 200 litros de capacidad. Cualquier excedente de aceite usado se entregará al proveedor de aceites nuevos, previo acuerdo con el mismo, y bajo los registros que exige SEMARNAT en estos casos.

II.17.4.2 Otros productos de desecho como suelo contaminado, filtros, estopas, basura industrial

Todo derrame de hidrocarburos será limpiado, colectando los líquidos y excavando y removiendo todo el suelo contaminado. Los residuos serán dispuestos en contenedores y enviados a confinamientos externos. Todo el material impregnado de hidrocarburos, tales como estopas, filtros, papel, etc., será dispuesto adecuadamente en contenedores tapados hasta su disposición final o tratamiento de acuerdo a la normatividad ambiental.

II.17.4.3 Empaques y embalajes de sustancias tóxicas

Todos los recipientes vacíos de sustancias químicas serán regresados a los proveedores cada vez que se abastece de nuevo producto. Otros empaques no retornables se dispondrán adecuadamente de acuerdo a la normatividad.

II.17.4.4 Residuos de laboratorio

Los residuos de laboratorio serán almacenados en tambores de 200 L, y deberán estar rotulados con el contenido del mismo, la cantidad y tipo de sustancias que contienen. Estos tambores serán recolectados periódicamente por una empresa subcontratada, encargada de su disposición final. La tabla II.24 describe los principales residuos peligrosos que se pueden generar durante la etapa de operación de la mina.

PROTECCION
DE DATOS

II.17.5 Infraestructura para la minimización de residuos

Los residuos generados durante el desarrollo de las operaciones mineras serán manejados de acuerdo con las disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, (última reforma publicada DOF 22-05-2015) y su Reglamento, en específico se implementarán prácticas adecuadas de manejo de los residuos en el sitio para prevenir cualquier contaminación del suelo y agua, cumpliendo con las disposiciones de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-157-SEMARNAT-2009.

Las pruebas al tepetate y de los rechazos del molino realizadas por Analítica del Noroeste S.A. de C.V Laboratorios, Hermosillo, Son, e Intertek Testing Services de México, S.A. de C.V., México, D.F., respectivamente, según las especificaciones de las normas arriba citadas, confirmaron que en general el material no es generador de drenaje ácido.

II.17.6 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

La empresa contará con un almacén temporal de residuos peligrosos. Ocupará un área aproximada de 120 m^2 adjunta al área de taller y almacén general.

Los residuos deberán seran almacenados con base a su compatibilidad, en recipientes adecuados, rotulados e identificados según el tipo de residuo. La identificación del recipiente será de tamaño adecuado al tipo de residuo, así como para ser perfectamente distinguibles. Deberán ser inalterables ante el agua, sol o por el propio residuo almacenado.

Se llevará un registro de los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento temporal y deberán quedar registrados en la Bitácora de Generación y Control de Residuos Peligrosos.
Ningún residuo deberá permanecer en el almacén temporal por más de 180 días a partir de la fecha de ingreso.

La empresa y sus contratistas establecerán un contrato con un tercero para el transporte y disposición de los residuos peligrosos, la cual deberá contar con registro ante la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el cual deberá proporcionar el “MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION DE RESIDUOS PELIGROSOS”, en original debidamente requisitado y firmado al momento de retirar los residuos peligrosos.
El transportista y el destinatario deberán conservar una copia del Manifiesto respectivo.

II.17.7 Otras fuentes de daños

II.17.7.1 Contaminación por ruido y/o vibraciones

Las principales fuentes de ruido y vibraciones serán: las voladuras, los equipos de barrenación y el equipo de reducción de tamaño de partícula.

II.17.7.2 Contaminación térmica, radiactiva y luminosa

En el proyecto no existirán fuentes de contaminación térmica, luminosa, ni radioactiva.

II.17.8 Situaciones de riesgo ambiental

La posibilidad de que existan accidentes causados por las barrenaciones y explosiones en el tajo, se ha analizado y se ha considerado para la ingeniería de detalle la estabilidad necesaria a la pared del tajo y los apilamientos de tepetate y mineral.

En forma general se describen los potenciales riesgos en la fase de operación del proyecto La Ventana, dado el tipo de industria extractiva, los grandes volúmenes de materiales y sustancias que se manejarán, así como el tamaño y cantidad de la maquinaria de la mina y las condiciones en la zona del proyecto:

- Deslizamientos de terrenos o materiales apilados por inestabilidad de pendientes que pongan en riesgo la vida de personas y la seguridad de las instalaciones mineras.
- Desbarrancamiento de maquinaria en las áreas de tajo, terreros y planta.
- Intoxicaciones o afectaciones del personal por fugas o derrames accidentales de sustancias químicas en áreas operativas.
- Daños en las instalaciones y equipos, como roturas de tuberías y piletas de contención, que puedan provocar derrames o desbordamientos hacia el suelo y cauces naturales.
- Incendios provocados por incidentes en áreas de producción.
- Inundaciones temporales debidas a lluvias extremas.
- Derrames de sustancias químicas fuera de las áreas operativas.

Para disminuir la posibilidad de que se presenten alguno de los riesgos mencionados anteriormente se deberá establecer un Plan de seguridad, el cual conduzca al cumplimiento de todas las medidas de seguridad establecidas en la Normatividad vigente de la Secretaría del Trabajo y Previsión social (STPS).

Dada la magnitud de los riesgos arriba mencionados, se detalla en el Capítulo VI de este documento las medidas de mitigación que la empresa promovente incorporará durante todas las etapas del proyecto; desde preparación del sitio, hasta abandono de la mina. Medidas diseñadas para minimizar los riesgos mencionados.

II.18 Manejo de Agua Superficial y Pluvial

El Manejo de Agua superficial para el proyecto está definido con base a los requerimientos de agua de proceso y en los volúmenes de agua pluvial y superficial que se presenten en el área del

sitio. Se han calculado los volúmenes de agua pluvial de acuerdo a la información meteorológica de las estaciones cercanas al sitio y se han definido los volúmenes de agua que se generarían en un evento probabilístico de tormenta.

El manejo de agua superficial dentro del área del sito del proyecto se realizará por medio de canales de desviación, bordos de contención de agua pluvial y de control de sedimentos. El polígono La Ventana, está dentro de las subcuencas de los arroyos Las Huatas y El Capulín que confluyen para formar el arroyo La Ventana y este a su vez desemboca en el Arroyo Bacadéhuachi.

El agua pluvial y subterránea que se acumulará en el sumidero del tajo se utilizará para la supresión de polvos en los caminos del tajo, en el área de depósito de residuos y una porción se evaporará.

El agua pluvial acumulada en el bordo de contención podría ser utilizada para el proceso dependiendo de los resultados de los análisis de calidad correspondientes.

Para el control y manejo de agua pluvial, se realizó un estudio hidrológico en el área del sitio del proyecto; Hidrología Sonora Lithium Project (Ausenco 2016). (Anexo 2)

Para propósitos de diseño de los canales de desviación, bordos de contención de agua pluvial y de control de sedimentos, se calcularon las cantidades de precipitación de un evento probabilístico de tormenta de 24 horas para periodos de retorno de hasta 100 años y su correspondiente flujo máximo. Se obtuvieron los volúmenes de escorrentía con base a las diferentes áreas de las subcuencas dentro del polígono La Ventana para definir el diseño del canal de desviación y bordos de contención, ver Figura II.14. Los volúmenes de escorrentía de las subcuencas se utilizaron para el diseño de los canales de desviación y bordos de contención y se presentan en la Tabla II.16.

II.18.1 Dimensionamiento de los Canales de Desviación

Se construirán dos canales de desviación, el primero localizado al oeste de la planta de proceso y el segundo en el área del tajo con la finalidad de que el agua pluvial no ingrese a las áreas mencionadas ver Figura II.14.

Para el dimensionamiento de los Canales de Desviación se consideraron los siguientes parámetros generales. ver Figura II.15.

1. Borde libre 0.30 m,
2. Sección trapezoidal con taludes laterales de 2H:1V,
3. Ancho típico de fondo de canal = 3.0 m,
4. Pendiente mínima longitudinal del canal = 0.5%.

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

De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Regulación Minera, en los últimos cinco años en el Estado de Sonora, el número de concesiones tituladas ha tenido un comportamiento muy irregular, pero con una tendencia al alza, tanto en el número de concesiones, como en la superficie que se protege.

En el año 2009 se registró un ligero decremento con relación a los años anteriores, pero a partir del 2010 se ha manifestado un importante incremento, el cual se ha mantenido hasta el primer semestre del 2014, reportando una superficie concesionada de 5’729,008.4494 hectáreas y 5,726 títulos de concesiones, que representan el 30.38 % de la superficie total del Estado de Sonora, esto significa que el potencial minero del estado es atractivo y por ende la viabilidad de los proyectos mineros bien desarrollados tanto, económica, social y ambientalmente. (SGM, 2014)

La actividad minera, como la mayor parte de las acciones que el hombre realiza para su subsistencia, crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio ambiente en que se desarrolla. En México la minería es sin duda una de las actividades que generan mayores ingresos a la población del país, sin embargo, puede llegar a alterar el ecosistema donde se realiza, pero como contraparte favorece socioeconómicamente a las regiones en donde se lleva a cabo.

Por lo tanto, el propósito de la empresa es cumplir con la Legislación Ambiental Vigente, para disminuir así el deterioro en el área de proyecto, considerando para ello siempre una estrategia de vinculación con los Planes, Decretos, Leyes, Normas y Acuerdos aplicables al Proyecto La Ventana.

Con base en el conocimiento adquirido sobre el entorno ambiental y el tipo de proyecto que se pretende desarrollar en la zona de estudio, se realizó la siguiente revisión y análisis de los instrumentos de planeación jurídico ambiental que regirá las actividades del proyecto minero La Ventana. Para los fines de la elaboración de la presente MIA-P se efectuó una consulta de diversos ordenamientos municipales, estatales y federales, con objeto de enmarcar todos aquellos vínculos con los cuales se presenta una correspondencia que debe preverse en la visión de las diversas obras y etapas por desarrollar, presentándose en los incisos siguientes una descripción de aquellos aspectos que aplican para el caso.

III.1 Planes de Desarrollo

III.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018

Establece una estrategia clara y viable para avanzar en la transformación de México sobre bases sólidas, realistas y sobre todo responsables, y asume como premisa básica la búsqueda del desarrollo humano sustentable como motor de la transformación de México en el largo plazo, y como un instrumento para que los mexicanos mejoren sus condiciones de vida.

De manera que el Plan Nacional de Desarrollo (PND) establece los objetivos y estrategias nacionales que serán la base para los programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales. La estructura del PND consta de cinco capítulos que corresponden a los cinco ejes de política pública:

- México en Paz.
- México Incluyente.
- México con Educación de Calidad.
- México Próspero.
- México con Responsabilidad Global.

El PND destaca establecer un “*México Prospero”* expresando buscar elevar la productividad del país como medio para incrementar el crecimiento potencial de la economía y así el bienestar de las familias. Para ello se implementará una estrategia en diversos ámbitos de acción, con miras a consolidar la estabilidad macroeconómica, promover el uso eficiente de los recursos productivos, fortalecer el ambiente de negocios y establecer políticas sectoriales y regionales para impulsar el desarrollo.

Este plan pretende crear una nueva y moderna política de fomento económico en donde se deberá de enfocar en aquellos sectores económicos que tienen una alta capacidad para generar empleo y competir exitosamente en el exterior. La minería es uno de los sectores más dinámicos de la economía mexicana, esto se refleja en que la inversión en el sector registro un máximo histórico de 25,245 millones de dólares (mdd) durante el periodo 2007 – 2012, fue en este último año en donde se generó el más alto valor de la producción minero-metalúrgica con 21,318 mdd.

En ese mismo año se generaron 328,000 puestos de trabajo formales de manera directa en el sector minero y se estima que se crearon 1.6 millones de empleos de manera indirecta. La industria minera es la cuarta fuente generadora de ingresos al país, por encima del turismo y por debajo de las exportaciones automotrices, la industria eléctrica y electrónica y el petróleo.

Considerando lo descrito anteriormente podemos determinar que el desarrollo del proyecto La Ventana se considera viable para el fomento de un “*México Prospero”* impulsando la económica local y estatal, así como la generación de fuentes de empleo directos e indirectos, elevando la demanda de bienes y servicios en la región, incentivando la oferta y la demanda en apoyo a las comunidades cercanas al proyecto

III.1.2 Plan Estatal de Desarrollo 2016 – 2021

El plan estatal de desarrollo plantea dentro de sus principios la Sustentabilidad en donde se pretende respetar, proteger y preservar el medio ambiente y el patrimonio histórico y cultural del estado, privilegiando la responsabilidad social, el orden en el desarrollo urbano, la obra verde, la arquitectura sostenible, el uso de energías alternativas, la reducción, la reutilización y el reciclaje. Como parte de la propuesta se considera un eje estratégico “Sonora y ciudades con calidad de vida: Gobierno generador de la infraestructura para la calidad de vida y competitividad sostenible y sustentable” de donde se desprenden estrategias como la 1.2.4. Diseñar e implementar instrumentos que promuevan el uso y explotación responsable de los recursos naturales y aprovechamiento de fuentes alternativas de energía para mejorar el funcionamiento de las ciudades, así como generar un bienestar social y competitividad económica con la vocación de las localidades urbanas y rurales, respetando el medio ambiente.

Este plan estatal de desarrollo se plantea una serie de “retos” los cuales procuran favorecer el desarrollo sustentable y sostenible de localidades urbanas y rurales con infraestructura de calidad con respecto al equilibrio ambiental con líneas de acción como la del punto 2.1.4 Promover proyectos estratégicos sustentables y sostenibles en localidades urbanas y rurales, la 2.2.2 Potencializar las inversiones en infraestructura a través de nuevos mecanismos de financiamiento y buenas practicas, aprovechando experiencias exitosas nacionales e internacionales.

Para los efectos del desarrollo del proyecto La Ventana se considera la estrategia 4.1 la cual habla de promover a Sonora como destino de inversión minera sustentable aplicando líneas de acción como la 4.1.3 la cual menciona la necesidad de apoyar actividades de exploración para la identificación de yacimientos de litio en tierras raras y minerales no metálicos.

De la misma manera la estrategia 4.7, establece el vigilar que se cumpla la normatividad institucional para el sector y mejorar los procesos de atención a los trámites relacionados con las concesiones mineras, también la 4.8 menciona la necesidad de promover el fortalecimiento del desarrollo sustentable en las regiones directamente impactadas por la actividad minera.

Las estrategias y líneas de acción planteadas por el Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021 determinan

la factibilidad del desarrollo del Proyecto La Ventana, siendo este un proyecto minero de exploración y explotación de yacimientos de litio ubicado dentro de los límites del municipio de Bacadehuachi en el estado de Sonora.

El Proyecto La Ventana comparte los principios del Plan Estatal de Desarrollo en función de la sustentabilidad, así como de la generación de empleos directos e indirectos, la derrocha económica de la región y la educación y culturalización de las buenas prácticas en función de una mejor administración y aprovechamiento de los recursos naturales.

III.1.3 Plan Municipal de Desarrollo Bacadehuachi

El Plan de Desarrollo Municipal para el trienio 2015-2018 para el municipio de Bacadehuachi, considera dentro de las principales líneas de acción, el fortalecer el desarrollo de proyectos productivos locales, que reditúen en la economía familiar y generen mano de obra para minimizar los estragos del desempleo, así como, fomentar la participación de inversionistas nacionales o extranjeros, con inversionistas locales que quieran participar en el ámbito local.

En resumen, y de acuerdo a lo anterior, el desarrollo de la industria minera en la localidad, se ajusta y permite alcanzar los objetivos anteriormente planteados por el Plan Municipal de Desarrollo.

III.2 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. POEGT

El ordenamiento ecológico del territorio se define como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo a 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 del deterioro y las potencialidades del aprovechamiento de los mismos, con fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA DOF 2010), se presenta la propuesta del programa de ordenamiento ecológico la cual está integrada por las regionalizaciones ecológicas que identifican las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial, determinadas por las 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) que dividen el territorio nacional y los lineamientos y estratégicas ecológicas (para la preservación, protección, restauración y el aprovecho sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización).

El escenario tendencial de mediano plazo (2023) maneja la zona que ocupa al proyecto La Ventana como una superficie Estable a medianamente estable. (Ver Figura III.1).

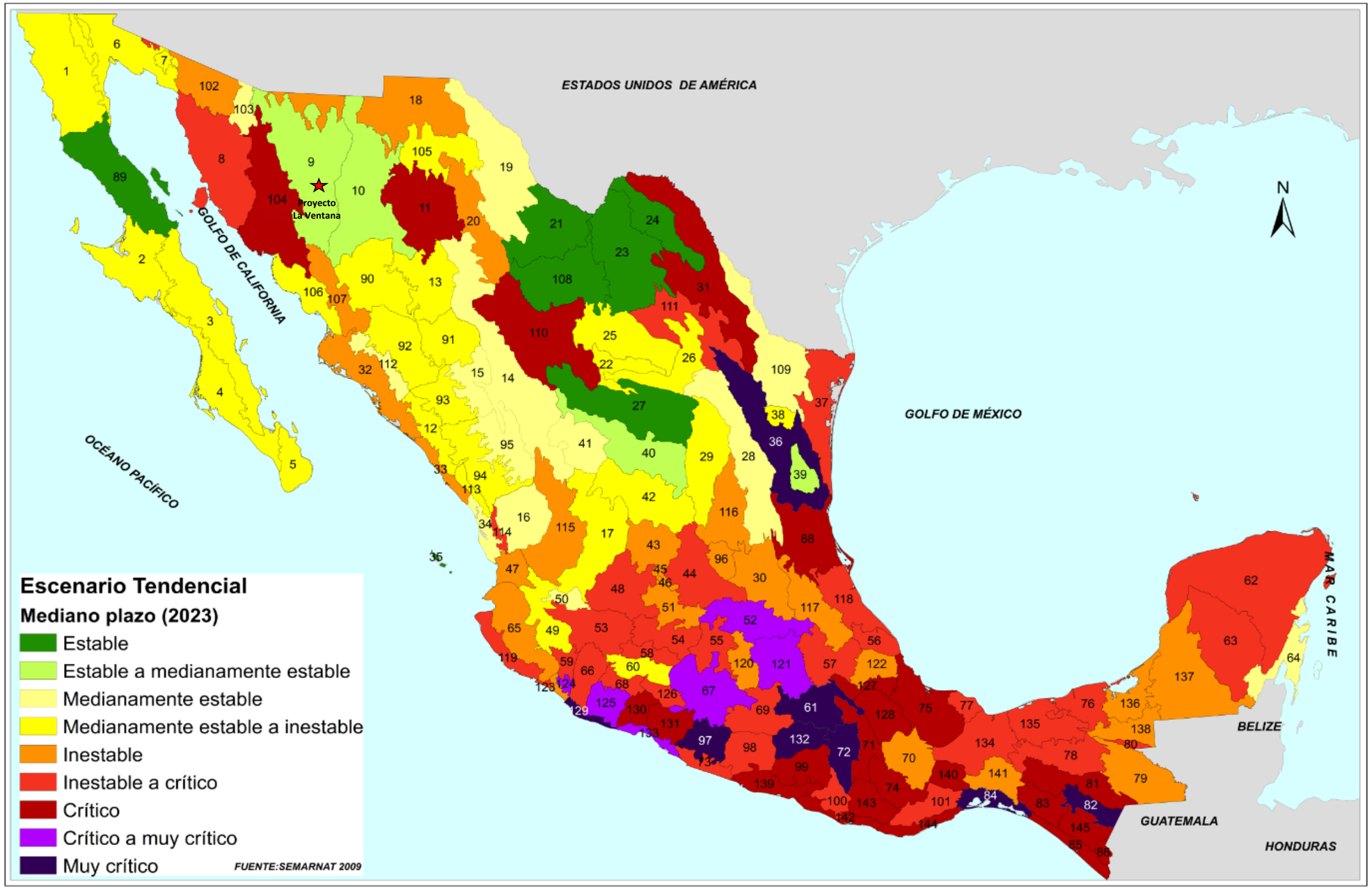


Figura III.1 Escenario de Tendencias a Mediano Plazo (2023).

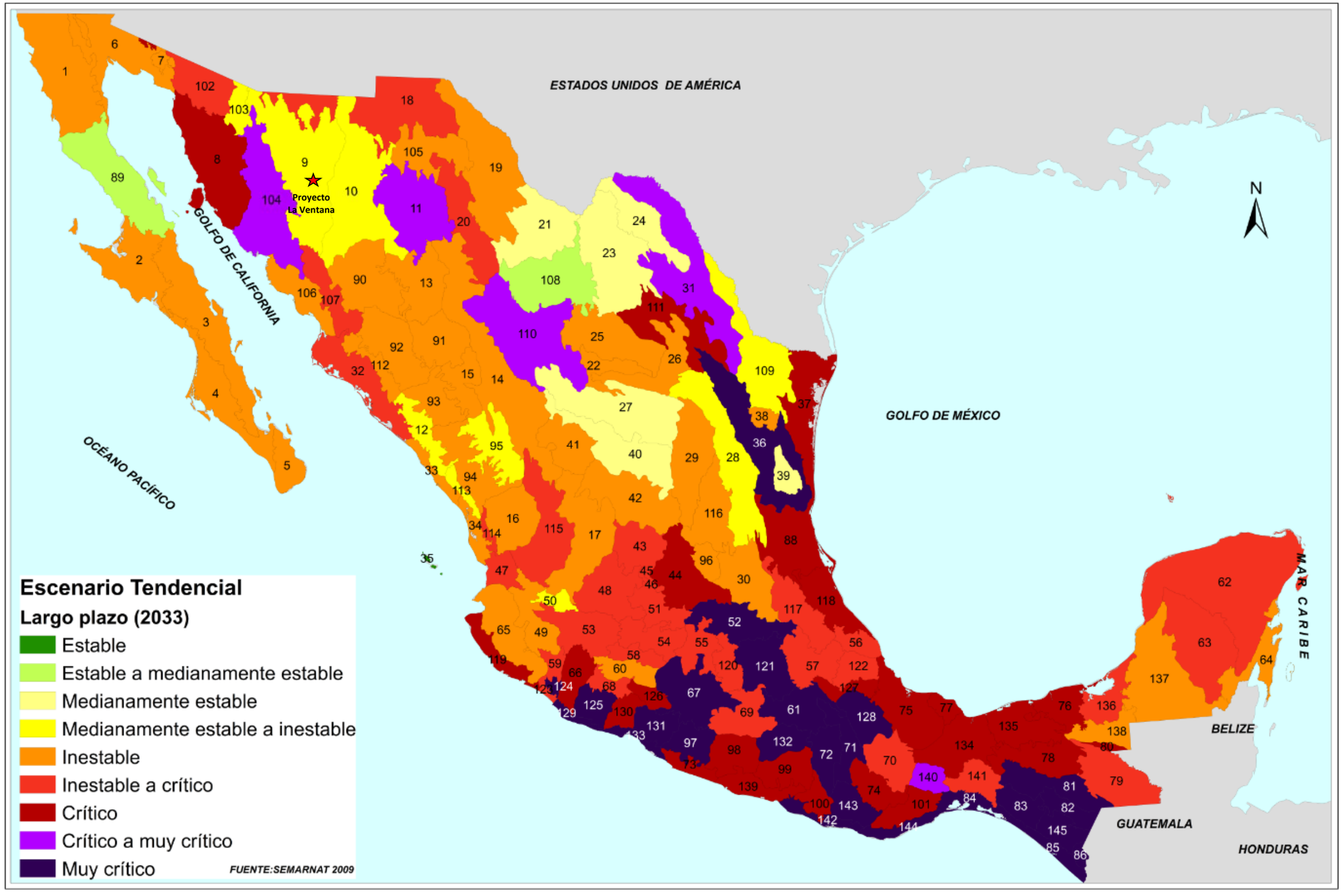
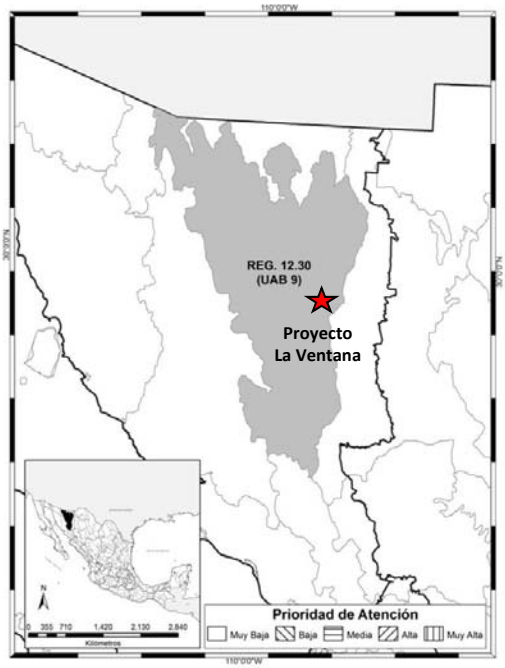


Figura III.2 Escenario Tendencial a Largo Plazo (2033).

El escenario tendencial a largo plazo (2033) maneja un estado medianamente estable para la zona en donde se desarrollará el proyecto. (Ver Figura III.2).

El Proyecto La Ventana se encuentra dentro de la Región Ecológica 12.30 en la UAB-9 denominada “Sierras y Valles del Norte”, según el POEGT (DOF. 7 de septiembre de 2012). Ver Tabla III.1

Tabla III.1 Ficha Técnica de UAB 9.

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"> 
</td><td colspan="3">REGION ECOLOGICA: 12.30
Unidades Ambientales Biofísicas que la componen:</td></tr>
<tr><td colspan="3">9. Sierras y Valles del Norte</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Localización:</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Este de Sonora</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Superficie en km^2</td><td>Población Total:</td><td>Población Indígena:</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>42,685.87</td><td>78,700 hab</td><td>Mayo-Yaqui</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="3">Estable a Medianamente estable. Conflicto Sectorial Bajo. Muy baja superficie de ANP's. Baja degradación de los Suelos. Baja degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy baja. Longitud de Carreteras (km): Media. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación, Forestal y Pecuario. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 58.8. Muy baja marginación social. Medio índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Escenario al 2033:</td><td colspan="3">Medianamente estable a inestable</td></tr>
<tr><td colspan="2">Política Ambiental</td><td colspan="3">Aprovechamiento Sustentable</td></tr>
<tr><td colspan="2">Prioridad de Atención</td><td colspan="3">Muy Baja</td></tr>
<tr><td>UAB</td><td>Reactores del Desarrollo</td><td>Coadyuvantes del Desarrollo</td><td>Asociados del Desarrollo</td><td>Otros Sectores de Interés</td><td>Estrategias Sectoriales</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Minería – Preservación de la Flora y la Fauna</td><td>Forestal</td><td>Ganadería</td><td>Industria</td><td>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</td></tr>
</table>

Estrategias UAB 9	
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. 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 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobre explotados. 10. Reglamentar para su protección el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos. 11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA. 12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
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 al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 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 domésticos e internacional. 17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufactura de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras).
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. 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.
E) Desarrollo Social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social de 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. 34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional. 35. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.
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.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad.

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Sonora

Es el instrumento de política ambiental que tiene el propósito de regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento del mismo con el objetivo de encontrar un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso y minimice el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades en una región, a través del cual se generen, instrumenten, evalúen y, en su caso, modifiquen las políticas ambientales con las que se busca lograr un mejor balance entre las actividades y la protección ambiental.

En general la implementación de este programa se encuentra indicada en las principales leyes ambientales nacionales, en particular en la Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEEPA 1996), y en la Ley de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES, 1991) Sección II Del Ordenamiento Ecológico Articulo 15, incisos V y VI de la presente ley.

El programa de ordenamiento ecológico del territorio para el estado de Sonora consiste en un modelo de ordenamiento ecológico que representa un sistema de información geográfico, dividido en diferentes unidades de gestión ambiental (UGAs), según sus respectivos lineamientos ecológicos o metas ambientales. También se incluye la integración de los objetivos específicos y las estrategias ecológicas, las acciones, proyectos y programas sectoriales determinados por los lineamientos ecológicos aplicables para cada una de las áreas de estudio.

Para el caso que nos ocupa, el Proyecto La Ventana se desarrolla según el Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora en la zona.

III.3 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas

No existen áreas naturales protegidas declaradas o decretadas a la fecha del desarrollo de este documento en la que se encuentre inmerso el Proyecto La Ventana, sin embargo, se encuentran dos ANP's a menos de 200 km de distancia que para efectos del proyecto no representa relación alguna con ninguna de ellas: una de ellas es Janos que se encuentra a una distancia aproximada de 47.58 km con dirección al Este, y por otro lado está la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Vida Silvestre Los Ajos-Bavispe a 157.76 km con dirección Noroeste.(Ver Figura III.3)

III.4 Regiones y Áreas Prioritarias

III.4.1 Regiones Hidrológicas Prioritarias

La zona del Proyecto La Ventana está comprendida en la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) No 16 denominada "*Río Yaqui – Cascada Basaseachic"* la cual comprende parte de los estados de Sonora y Chihuahua. La introducción del proyecto a esta RHP representa el 0.030% de ocupación de la RHP considerando que posee una extensión territorial de 54,716.52 km^2, y está delimitada por las coordenadas 30°59'24" – 27°03'00" de Latitud Norte y 110°36'00" – 107°02'24" de Longitud Oeste. (Ver Figura III.4).

La RHP No 16 se caracteriza por la gran biodiversidad presente en la zona, de lo que resalta el endemismo de sus especies principalmente especies amenazadas de peces, plantas, insectos, aves y mamíferos, los principales motivos de la pérdida de biodiversidad se le atribuye a la desecación de ríos, cacería, perdida y degradación del hábitat. La principal problemática que enfrenta esta región hidrológica es la modificación del entorno, la construcción de presas y sistemas hidráulicos para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego, explotación forestal, sobrepastoreo y construcción de carreteras.

III.4.2 Regiones Terrestres Prioritarias

El proyecto se encuentra inmerso dentro de los límites de la Región Terrestre Prioritaria RTP-44 denominada como "*Bavispe – El Tigre"* en las coordenadas 29°11'21" – 31°01'58" de Latitud Norte y 108°12'11" – 109°37'41" de Longitud Oeste. El proyecto La Ventana ocupa el 0.113% de la superficie total de esta RTP que presenta 14,580 km^2 de cobertura que comprenden parte de los estados de Sonora y Chihuahua en donde se destaca su nivel de conservación debido a que se encuentra aislada y de difícil acceso lo que ha sido ventajoso para mantener el valor de la conservación en 3 (mayor a 1,000 km^2) la principal problemática que presenta esta RTP es la cacería furtiva de carnívoros mayores y aves rapaces pero de

bajo impacto, así como, la tala de impacto moderado y la minería a cielo abierto. (Ver Figura III.5).

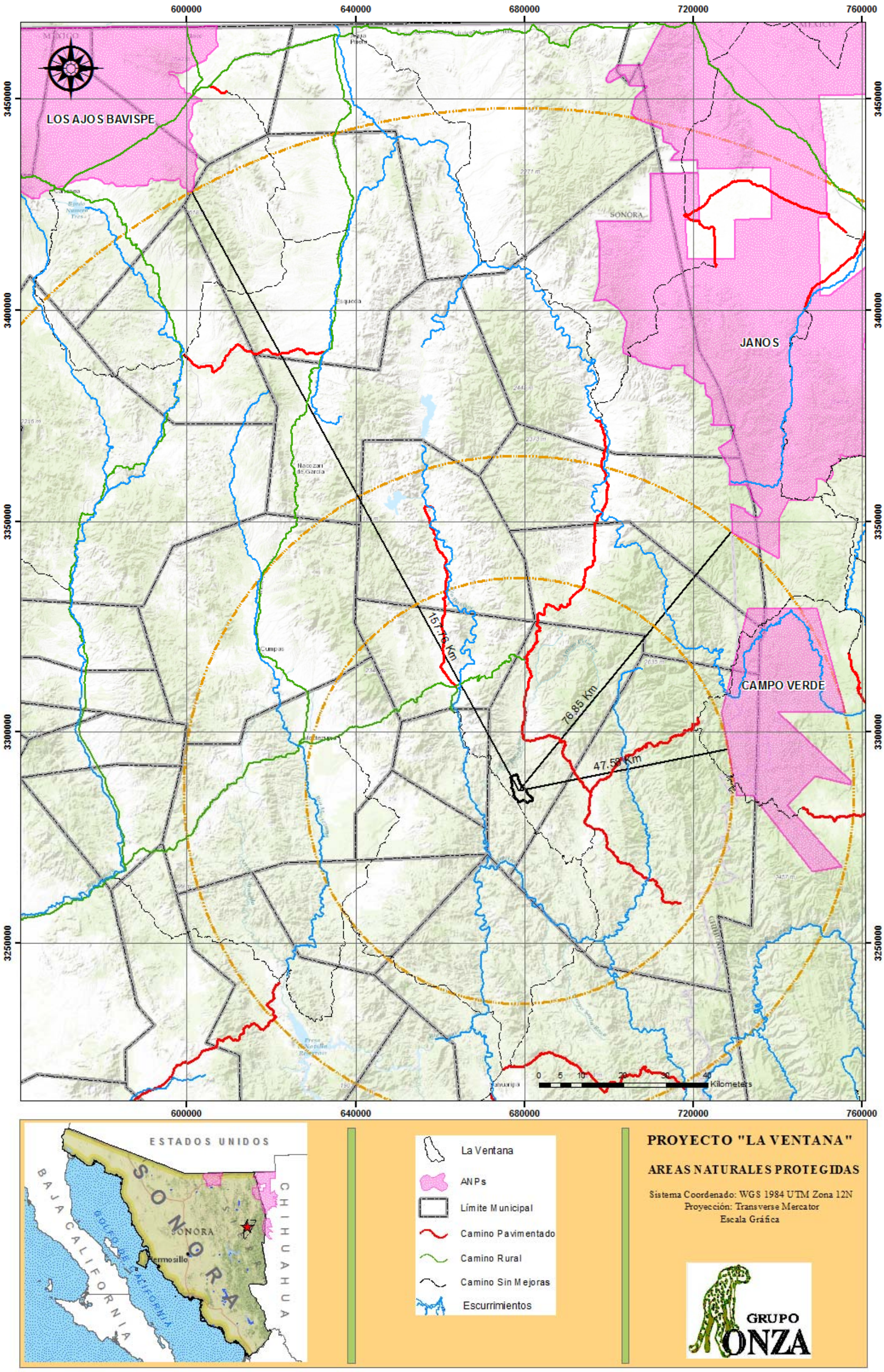


Figura III.3 Áreas Naturales Protegidas.

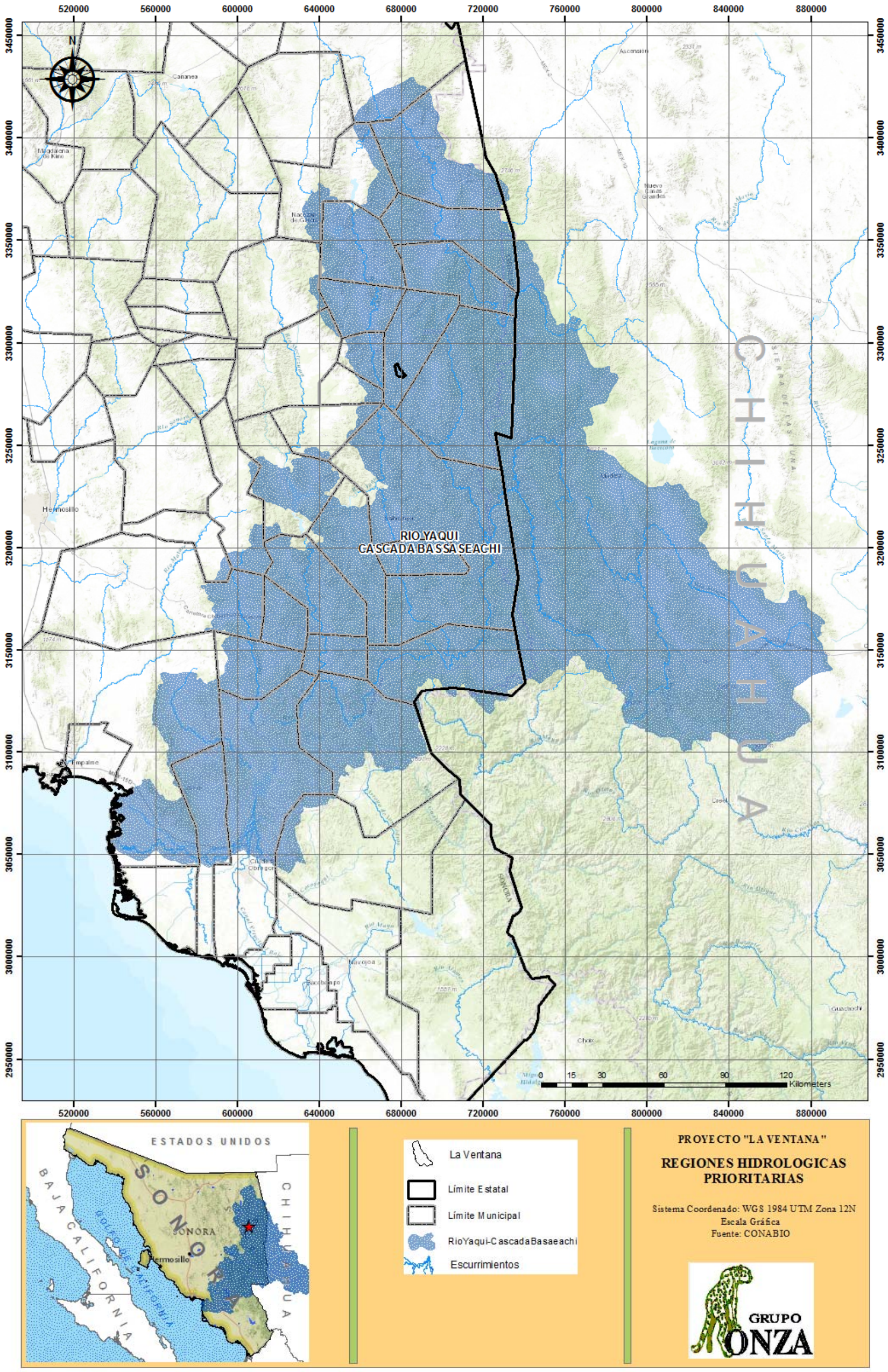


Figura III.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias.

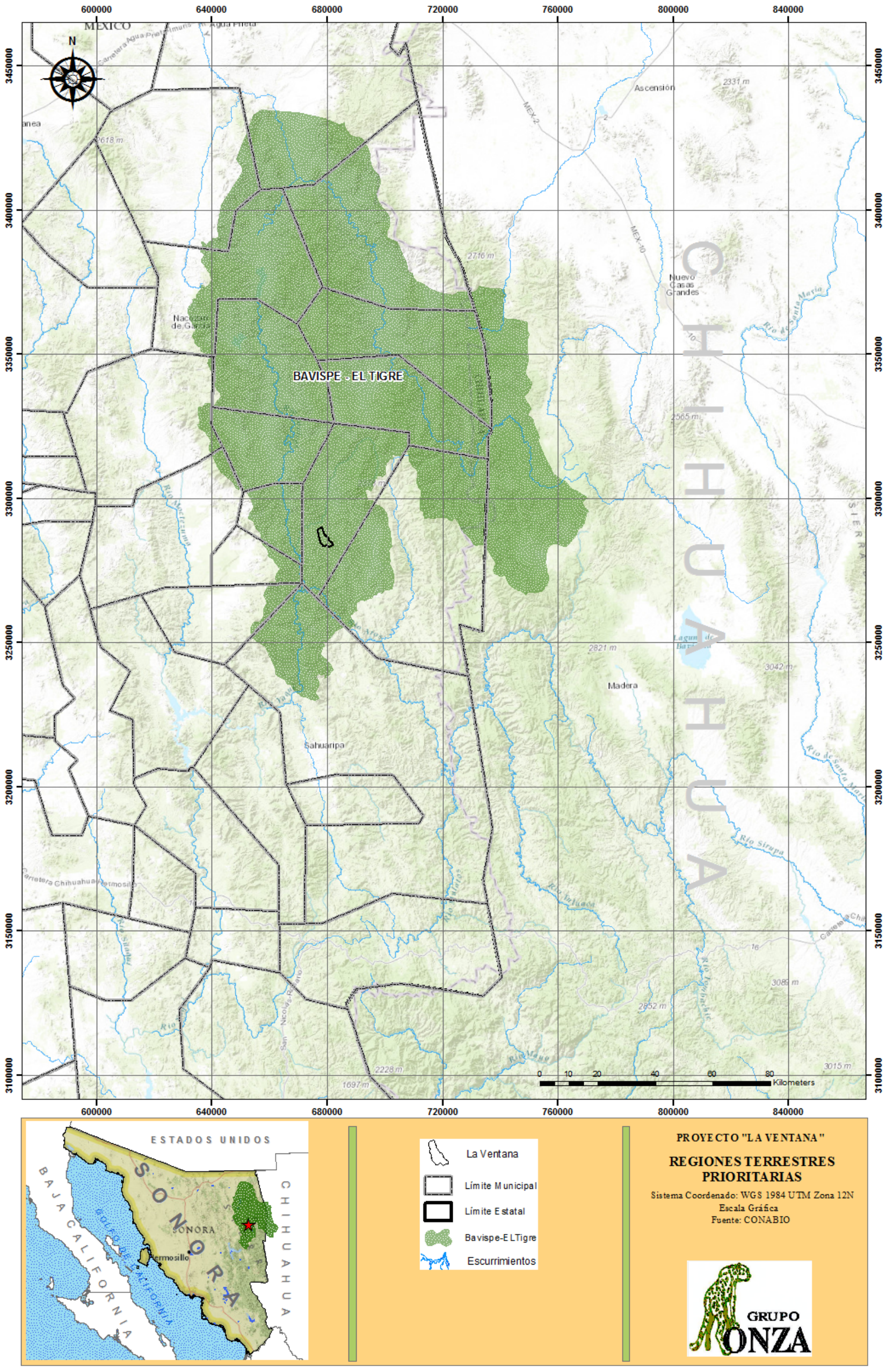


Figura III.5 Regiones Terrestres Prioritarias.

III.4.3 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Para la zona en donde se desarrollará el proyecto La Ventana no existe a la fecha una AICA declarada o decretada. La AICA más cercana a la zona de influencia del proyecto se encuentra a una distancia de 17 km en línea recta con dirección Noroeste, denominada, “*Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental”* correspondiente a la AICA No 126. Por otro lado, en el extremo contrario y a 22 km de distancia se encuentra la AICA No 44 “*Bacerac – Sierra Tabaco – Río Bavispe”.* El proyecto se encuentra entre dos AICA’s, sin embargo, no representa una alteración a la composición de las mismas dado que los separa una distancia considerable y las condiciones de relieve y topografía mantienen aislados estas áreas de la influencia que pudiera ejercer el proyecto. (Ver Figura III.6).

III.5 Instrumentos Normativos

III.5.1 Leyes y Reglamentos Federales

III.5.1.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero de 1988 y su última reforma publicada el 13 de mayo de 2016.

Este instrumento tiene aplicación en el desarrollo del presente proyecto, principalmente por lo establecido en el Art. 5 en sus incisos X y XIV respectivamente, así como, también las siguientes disposiciones:

Arts. 28, 29, 30. En lo que respecta a la evaluación de impacto ambiental.

Arts. 38 y 38 bis. Referente a los procesos voluntarios de autorregulación y auditorías ambientales.

Art. 99. En lo que respecta a la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos.

Arts. 110, 111, 111 bis. Referente a las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan contaminantes a la atmosfera que requieren de autorización de la secretaria (ver reglamento en materia de control y prevención de la contaminación atmosférica y su reglamento en materia de riesgo de emisiones y transferencia de contaminantes).

Arts. 117,120, 121, 122, 123, 124. En relación a la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.

Arts. 134, 135. En relación a la prevención y control de la contaminación del suelo.

Arts. 151, 152 bis. Responsabilidad de quien maneja, genera y dispone residuos peligrosos.

Arts. 155. En relación a las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual.

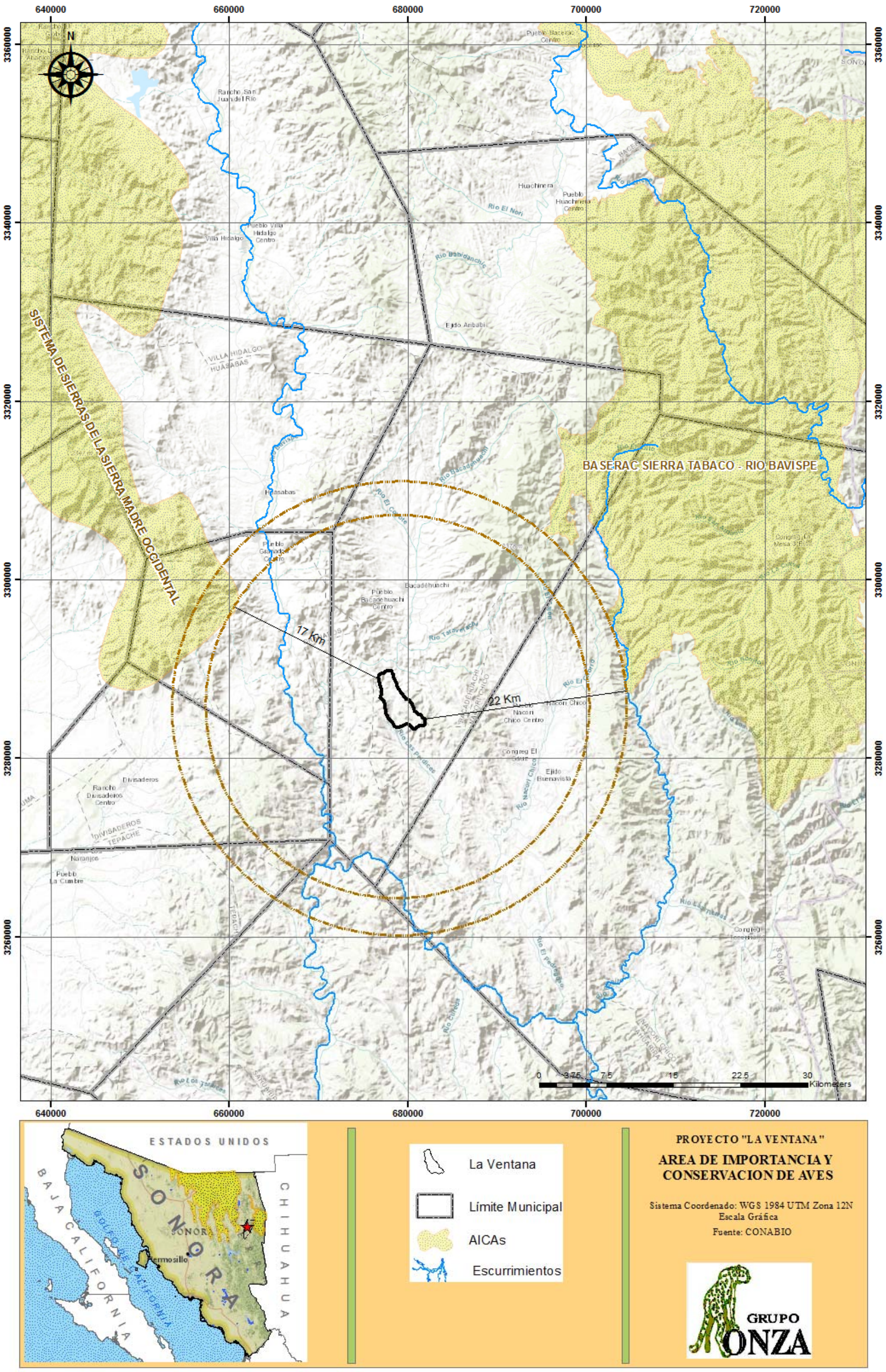


Figura III.6 Área de Importancia y Conservación de las aves.

Los reglamentos aplicables de la presente ley para el desarrollo y las actividades relacionadas a los proyectos mineros se presentan de la siguiente manera:

III.5.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de mayo de 2000 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

El Artículo 5, inciso L), de este reglamento, establece el tipo de obras de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, que están sujetas a la autorización en materia de impacto ambiental. El proyecto La Ventana se encuentra dentro de las obras reguladas en esta materia. Los procedimientos a seguir para la evaluación del impacto ambiental de este proyecto se definen en los Artículos 9, 10, 12, 14, 17, y 18 del presente reglamento.

III.5.1.3 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 25 de noviembre de 1988 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

Las disposiciones de este reglamento que aplican al proyecto son las relacionadas con el cumplimiento de las normas de emisiones a la atmósfera o con los niveles máximos permisibles que se establezcan para sus emisiones Art. 16. También se establece en este reglamento la obligación de obtener una Licencia de Funcionamiento Arts. 17bis. 18, 19, 20 y 21, al inicio de operaciones y mantenerlas actualizadas a través de la Cedula de Operación que se debe presentar anualmente dentro del periodo comprendido entre el 1ro de marzo y el 30 de junio, según el Art 21 del este reglamento.

III.5.1.4 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 3 de junio de 2004 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

Este reglamento establece los requisitos que deben cumplir los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal para hacer el registro de sus emisiones y transferencia de contaminantes. Para lo cual se deberán considerar los Arts. 9, 10, 11, 12 ,13. Se consideran establecimientos sujetos a reporte de competencia federal según el Art.111bis de la Ley (LGEEPA), los generadores de residuos peligrosos en términos de las disposiciones aplicables, así como aquellos que descarguen aguas residuales en cuerpos receptores que seas aguas nacionales.

III.5.1.5 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 8 de octubre de 2003 y su última reforma publicada el 22 de mayo de 2015.

Entre las principales disposiciones que se deben atender para llevar a cabo el correcto manejo de los residuos generados en la mina se deben considerar los siguientes artículos.

Art. 17. Que habla de los residuos de la industria minera-metalúrgica provenientes del minado y tratamiento de minerales.

Art.19. Relativo a la clasificación de los residuos de manejo especial.

Arts. 28, 29, 30 ,31. Establece la formulación y ejecución de planes de manejo de los residuos peligrosos.

Art. 33. Registro ante las autoridades de los planes de manejo

Arts. 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46. Establece las disposiciones para los generadores de residuos peligrosos.

Arts. 56, 67. Que habla de las disposiciones establecidas para el almacenamiento y transporte de los residuos peligrosos y prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por periodos mayores a 6 meses a partir de su generación.

Art. 70. Establece la responsabilidad solidaria de los propietarios o poseedores del predio con suelos contaminados para llevar a cabo acciones de remediación.

III.5.1.6 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de noviembre de 2006 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

Las disposiciones a considerar para el desarrollo del proyecto La Ventana son:

Arts. 16, 17, 20. Trata sobre las modalidades de los planes de manejo de residuos y generalidades.

Arts. 24, 25, 26. Establece el procedimiento para el registro e incorporación de los planes de manejo de residuos.

Arts. 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41. Especifica los requerimientos de identificación de los residuos peligrosos.

Arts. 42, 43, 44, 45, 46, 47. Establece las categorías de generadores de residuos peligrosos y los procedimientos para el registro como generadores ante la autoridad.

Arts. 48, 49, 50, 51, 52, 53. Establece los requisitos para la solicitud de autorización para la utilización de residuos peligrosos en procesos productivos.

Arts. 58, 59. Establece el tiempo de vigencia de la autorización.

Art. 60. Trata los requerimientos para solicitar la modificación de la autorización.

Art. 65. Establece los tiempos para solicitar prórroga para almacenamiento de residuos peligrosos.

Art. 68. Establece los requerimientos para dar aviso de suspensión de generación de residuos peligrosos por cierre o suspensión de operación.

Art. 71. Establece los datos que deben contener las bitácoras previstas en este reglamento.

Arts. 72, 73, 74, 75, 76, 77. Referente a los informes que los grandes y pequeños generadores deberán de presentar ante la secretaria.

Arts. 82, 83, 84. En relación a las condiciones del área de almacenamiento de residuos peligrosos, así como los criterios de operación en el manejo integral de los residuos.

Arts. 87, 88, 89. Habla de la reutilización, reciclaje y co-procesamiento de los residuos peligrosos.

III.5.1.7 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 25 de febrero de 2003 y su última reforma publicada el 10 de mayo de 2016.

Uno de los aspectos a considerar para el desarrollo del proyecto La Ventana es la necesidad de efectuar un cambio de uso de suelo de terrenos forestales a mineros. Esta ley así como su reglamento tienen como objetivo, regular y fomentar la conservación, protección, restauración, aprovechamiento, manejo, cultivo y producción de los recursos forestales del país, a fin de propiciar el desarrollo sustentable. Las principales disposiciones que se deben de atender para llevar a cabo la solicitud de cambio de uso de suelo de terrenos forestales se contempla en los Artículos 117 y 118 de esta ley que establecen los requerimientos y restricciones para la autorización de los trámites para ejecutar permisos de cambio de uso de suelo.

III.5.1.8 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de febrero de 2005 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.

Los artículos de este reglamento que aplican al desarrollo del proyecto corresponden a los referentes a los requisitos y tipo de información que deberá de comprender el estudio técnico justificativo para la solicitud del cambio de uso de suelo de terrenos forestales Arts. 120 y 121.

III.5.1.9 Ley General de Vida Silvestre (LGVVS)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 3 de julio de 2000 y su última reforma publicada el 13 de mayo de 2016.

Art. 106. Referente a los daños directo o indirecto a la visa silvestre o a su hábitat, estará obligado a repararlo o a compensarlo de conformidad a lo dispuesto en la Ley de Responsabilidad Ambiental.

III.5.1.10 Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1 de diciembre de 1992 y su última reforma publicada el 24 de marzo 2016.

El objetivo principal de esta ley es regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral y sustentable. En todas las etapas del desarrollo del proyecto La Ventana se deberá atender en principio este objetivo, remarcando las siguientes disposiciones de esta ley.

Arts. 20, 21, 21bis, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 29bis, 29bis1Arts. Que establecen los lineamientos sobre concesiones y asignaciones para obras de explotación de agua.

Arts. 86bis2, 88, 88bis. En relación a las descargas de contaminantes a los cuerpos receptores y zonas federales, estableciendo la obligación de obtener permiso de cualquier descarga que pueda contaminar los cuerpos de agua receptoras, el subsuelo, los acuíferos, así como otros bienes nacionales.

Arts. 97, 98. Que regulan la realización de obras hidráulicas en cuerpos de agua y zonas federales.

III.5.1.11 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 12 de enero de 1994 y su última reforma publicada el 25 de agosto 2014.

Los artículos más relevantes de este reglamento son:

Art. 29. En relación a las solicitudes de concesiones

Arts. 30, 31. Se destacan los requisitos para la solicitud de las condiciones y asignaciones.

Art. 52 Requiere el establecimiento del sistema de medición del volumen del agua utilizada.

Art. 124. Establece las disposiciones para el aprovechamiento de aguas provenientes del laboreo de las minas, así como de las aguas superficiales comprendidas dentro del lote que ampare la concesión minera.

Arts. 133, 135, Establece la prevención y el control de la contaminación de las aguas.

Arts.149. Se habla de la notificación a la autoridad sobre descargas fortuitas en cuerpos receptores.

Art. 151. En relación a la prohibición de depositar en los cuerpos receptores basuras, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y de más desechos peligrosos.

Art. 176. La expedición concesiones en zonas ribereñas o zonas federales de los cauces y casos de propiedad nacional serán negadas.

III.5.1.12 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de junio de 2013. Sin reformas publicadas a la fecha.

Esta ley tiene como objetivo principal el garantizar el derecho a un medio ambiente sano para la población. Regulando la responsabilidad ambiental que nace de los daños directos o indirectos ocasionados al ambiente y estos son las disposiciones que aplican para el desarrollo del proyecto:

Arts.6, 8. Establece las consideraciones de los daños al ambiente y sus garantías financieras.

Arts. 10, 11, 12, 13, 14. Referente al pago y compensaciones de los daños ambientales comprobables.

Art. 33 en función de la tutela anticipada y medidas cautelares.

Art. 39. Referente a la determinación de las medidas de reparación y de las medidas de compensación aplicables a los daños ambientales registrados.

Arts. 52, 55. Establecen la responsabilidad penal en materia de daños ambientales.

III.5.2 Normas Oficiales Mexicanas

III.5.2.1 Control de la Contaminación del Agua

NOM-001-SEMARNAT-1996

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Cualquier descarga de agua al entorno natural deberá de cumplir con esta norma. Las soluciones del proceso y beneficio del litio se mantendrán en recirculación dentro de un sistema sin descargas, aun así, es importante contemplar el cumplimiento de esta norma.

NOM-004-CONAGUA-1996

Establece los requisitos que deberán cumplirse durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y el cierre de pozos en general, para la protección de acuíferos. Se deberá cumplir con lo establecido en los apartados 6.1, 6.2 y 6.3 de esta norma, referentes al mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos para la extracción de agua.

NOM-006-CONAGUA-1997

Establece las especificaciones y métodos de prueba de las fosas sépticas prefabricadas, para el tratamiento preliminar de las aguas residuales de tipo doméstico, con el fin de asegurar su confiabilidad y contribuir a la preservación de los recursos hídricos y del ambiente.

NOM-011-CONAGUA-2000

Conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas. Se deberá de cumplir con esta norma si se solicitara el permiso de uso y explotación del recurso.

NOM-127-SSA1-19944

Establece los límites máximos permisibles de calidad y tratamiento a que se debe de someter el recurso para su potabilización. En el caso en que el promovente manifieste llevar a cabo la potabilización del agua deberá de apegarse a lo establecido en el capítulo 5 de esta norma.

III.5.2.2 Control de las Emisiones de Ruido

NOM-080-SEMARNAT-1994

Establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruido, provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. Según los valores establecidos en la Tabla 1 de la presente norma.

NOM-081-SEMARNART-1994

Establece los límites máximos permisibles de emisiones de ruido en fuentes fijas y su método de medición. Su cumplimiento estará en función de no rebasar los límites establecidos en la Tabla 1 de esta norma.

III.5.2.3 Control de la Contaminación Atmosférica

NOM-043-SEMARNAT-1993

Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmosfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. En las distintas actividades operativas del proyecto La Ventana se cumplirá con los límites máximos permisibles de emisión de partículas sólidas a la atmosfera conducida por tuberías o chimeneas establecidas en la tabla 1 de esta norma.

NOM-047-SEMARNAT-1999

Establece los límites máximos permisibles de emisiones de vehículos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Para evitar la contaminación a la atmosfera por el uso de los vehículos de trabajo, se cumplirán con los límites máximos permisibles que marca esta norma.

III.5.2.4 Control de la Contaminación del Suelo

NOM-021-SEMARNAT-2000

Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Aplica para la caracterización de los suelos del proyecto La Ventana, así como los estudios de mecánica de suelos.

NOM-138-SEMARNAT-SS-2003

Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Aplica para efector de evaluar el grado de afectación de suelos contaminados por hidrocarburos.

III.5.2.5 Residuos Peligrosos, de Manejo Especial y Sólidos Urbanos

NOM-052-SEMARNAT-2005

Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NOM-053-SEMARNAT-1993

Establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción (PECT) que determinan los constituyentes que hacer a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993

Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre don o más residuos considerados como peligrosos

NOM-083-SEMARNAT-2003

Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002

Protección ambiental –salud ambiental-residuos peligrosos biológicos-Clasificación y especificaciones para su manejo. Esta norma se aplicará una vez integrada la estación de servicios y atención médica, como parte de la atención pre-hospitalaria o de emergencia derivado de algún accidente de trabajo, que pudiera presentarse durante cada una de las diferentes etapas del Proyecto La Ventana.

NOM-157-SEMARNAT-2009.

Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar los planes de manejo de residuos mineros. Aplicara durante las actividades de operación en donde se deberá de cumplir con esta norma para la regulación y manejo de los residuos mineros que se generaran en las instalaciones del Proyecto La Ventana.

NOM-161-SEMARNAT-2011

Establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a planes de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión de dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

III.5.2.6 Impacto Ambiental

NOM-120-SEMARNAT-2011

Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con clima secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

NOM-141-SEMARNAT-200.

Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación, y post operación de presas de jales. Anexo normativo 1 y 5 definen la peligrosidad de los residuos mineros y su método de prueba para el tepetate y mineral gastado.

III.5.2.7 Recursos Naturales

NOM-059-SEMARNAT-2010

Protección ambiental, referida a las especies nativas de México de flora y fauna silvestres, en donde, se establece la categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Publica listas de especies en riesgo. Se le considerara mayor atención a la presente norma en la etapa de caracterización del medio (Capitulo IV) y se ejecutaran acciones encaminadas a la protección y conservación de las especies susceptibles mayormente en la etapa de preparación del sitio, más, sin embargo, se le dará continuidad a las actividades durante las diferentes etapas de construcción, operación y abandono.

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

IV.I Inventario Ambiental

IV.1.1 Delimitación del área de estudio

El área del proyecto se definió dadas las particularidades y la afinidad que existe en función de la topografía y el relieve natural de la zona de interés de éste, el cual se encuentra sumergido dentro de la Sierra Madre Occidental al noreste de Hermosillo, capital del Estado de Sonora.

Para la delimitación del área de estudio se consideró la ubicación geográfica, así como las dimensiones del Proyecto La Ventana, la presencia de mineral, fisiografía, hidrografía, edafología y tipos de vegetación del sito; también se consideraron los diferentes decretos y programas aplicables a la zona de influencia al proyecto, tal y como se mencionaron anteriormente en el Capítulo III de este estudio.

Se consideró la delimitación del sistema ambiental del proyecto con base en su localización, la cual está representada bajo el nombre de Sierras y Valles de Norte (REG.12.30), respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Esta clasificación tiene una superficie de 4, 268,587 has., de las cuales el Proyecto La Ventana ocupa una superficie total de 0.03 %. Ver Figura IV.1.

Una de las medidas que se establecen para la delimitación del sistema ambiental es la distribución de acuíferos, cuencas y subcuencas hidrológicas, que representan de manera eficiente límites y sistemas que a su vez facilitan una clara determinación de las fronteras y confines de la zona que se verá influenciada por el desarrollo del proyecto.

IV.1.2 Distribución Espacial del Proyecto

La distribución del Proyecto La Ventana está considerada teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las obras y procesos constructivos, los cuales también están influenciados por los atributos geológicos, el relieve, la hidrología, el uso de suelo, así como la presencia de flora y la distribución de la fauna silvestre.

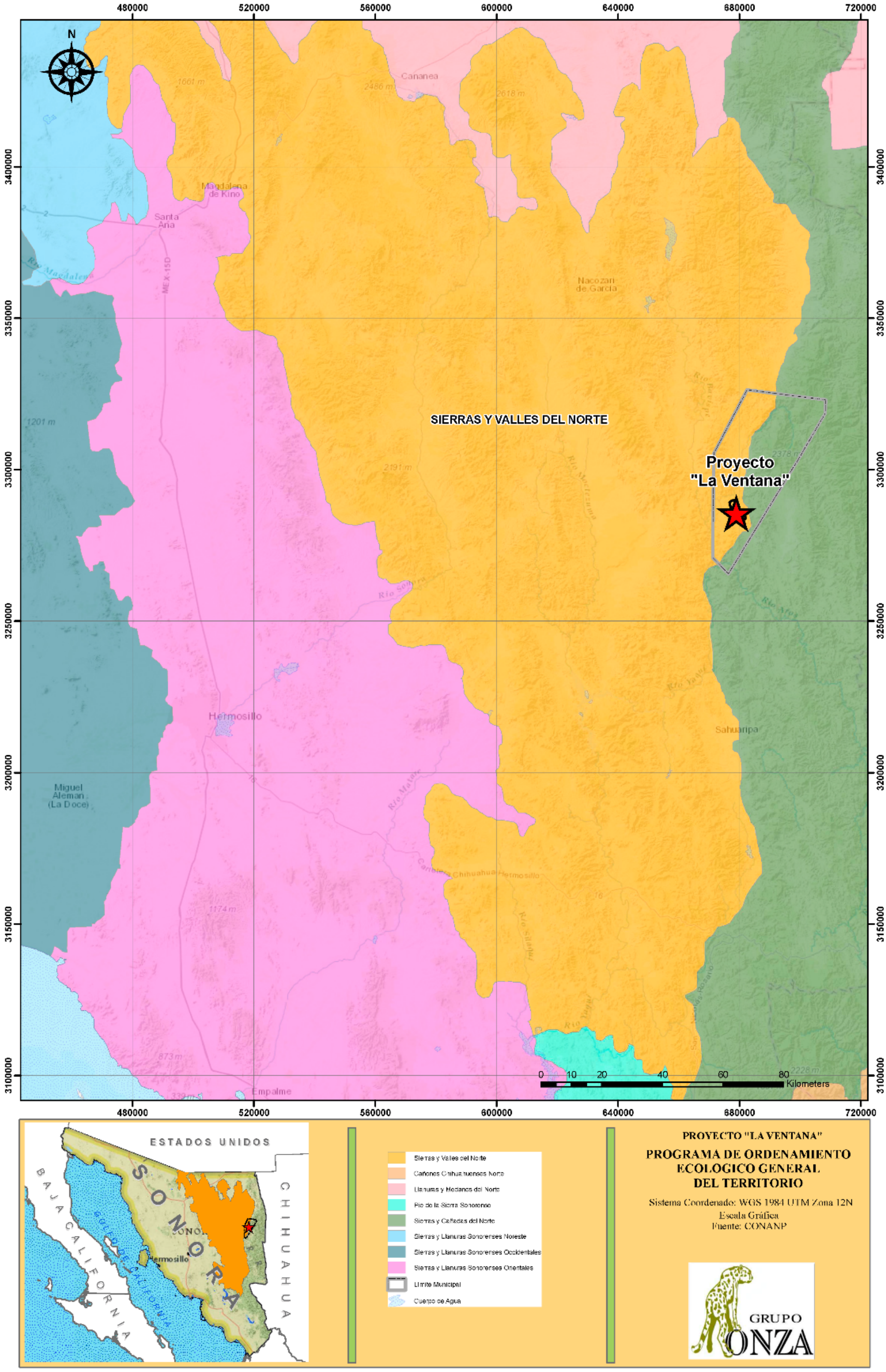


Figura IV.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

IV.2.1 Aspectos Abióticos

IV.2.1.1 Clima

La descripción del clima de la zona de influencia del Proyecto La Ventana se realizó con base en la información disponible de las estaciones meteorológicas ubicadas en un radio de 32 kilómetros alrededor del sitio a desarrollar y que integran el Sistema Meteorológico Nacional (SMN), perteneciente a la Comisión Nacional del Agua (CNA) en las oficinas de la Gerencia Regional Noroeste “Región II” y se complementó con la base de datos “Eric II” Extracto Rápido de Información Climatológica V. 2.0, editado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

La Comisión Nacional del Agua, en la Gerencia Regional Noroeste “Región II”, cuenta con información de seis estaciones meteorológicas pertenecientes al Sistema Meteorológico Nacional y las cuales se listan en la Tabla IV.1.

Tabla IV.1 Estaciones meteorológicas cercanas al área del Proyecto La Ventana. Fuente: SMN-CNA.

Estación	Número de estación	Coordenadas UTM-WGS84 12R		Altitud (msnm)	Distancia al Proyecto
		X	Y		
BACADEHUACHI	26006	679754.49	3298874.98	695	12.5 Km
DIVISADEROS	26222	648193.28	3277165.33	684	31.5 Km
GRANADOS	26236	663672.16	3304077.31	529	23 Km
HUASABAS	26290	664131.94	3309288.12	544	27 Km
NACORI CHICO (CFE)	26067	695316.58	3285955.51	838	17 Km

La estación “Bacadehuachi”, cuenta con datos de precipitación, evaporación y temperaturas máxima, mínima y media, para un registro de 50 años en el periodo de 1964 a 2013; la estación de “Divisaderos” cuenta con datos de precipitación y temperaturas máxima, mínima y media con datos registrados entre el periodo de 1981 a 2010; no se cuenta con registro alguno de evaporación. La estación “Granados” cuenta con registros de temperatura media, máxima y mínima y precipitación total para el periodo de 1971 a 2000. La estación “Huasabas” cuenta con registros de temperatura media, máxima y mínima y precipitación total en el periodo de 1981 a 2010.

En cuanto a la estación “Nacori Chico CFE” el período de datos registrado es de 37 años, de 1957 a 1994, señalando que los datos registrados son de precipitación, evaporación y temperaturas media, máxima y mínima.

IV.2.1.1.1 Tipo de Clima

Uno de los factores determinantes para la distribución de los climas del estado de Sonora parece ser la barrera constituida por la Sierra Madre Occidental, que detiene los vientos húmedos, presentando en la región de las Quebradas un clima marítimo, semitropical, con temperaturas generalmente altas, más o menos uniforme durante el año, abundante precipitación pluvial y alta humedad atmosférica.

A excepción de la región citada, la mayor parte de la sierra por su altitud, tiene un clima semihúmedo, templado o semifrío, que se vuelve templado y semiseco en el lado oriental de la sierra y en buena parte de la franja central del estado, para pasar a ser semiárido y semiseco al oriente de los valles y francamente seco en la parte oriente del estado, donde es muy extremoso, de tipo continental, con sólo pequeños manchones de clima templado en las sierras aisladas.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1981), gran parte del Municipio de Bacadehuachi corresponde al grupo de climas secos, tipo semiseco, cuya precipitación media anual varía de 400 a 700 mm. En la Sierra Los Ciriales, al noroeste del Municipio, se presenta el subgrupo de climas templados, el cual es característico de altitudes entre 1000 y 2000 msnm. De manera particular en el área del Proyecto existen 2 subtipos de climas:

Semiseco templado BS1kw(x’). Subtipo de clima, con un porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2 mm. Se caracteriza por ser templado con verano cálido, una temperatura media anual de 12 a 18° C, con una temperatura media, en el mes más frío, de entre 1 y 3° C.

Semiseco semicálido BS1hw(x’). A diferencia del subtipo anterior, es semicálido con invierno fresco y temperatura media anual mayor de 18° C. La temperatura media en el mes más frío es menor a 18° C. El 48% del área presenta este clima.

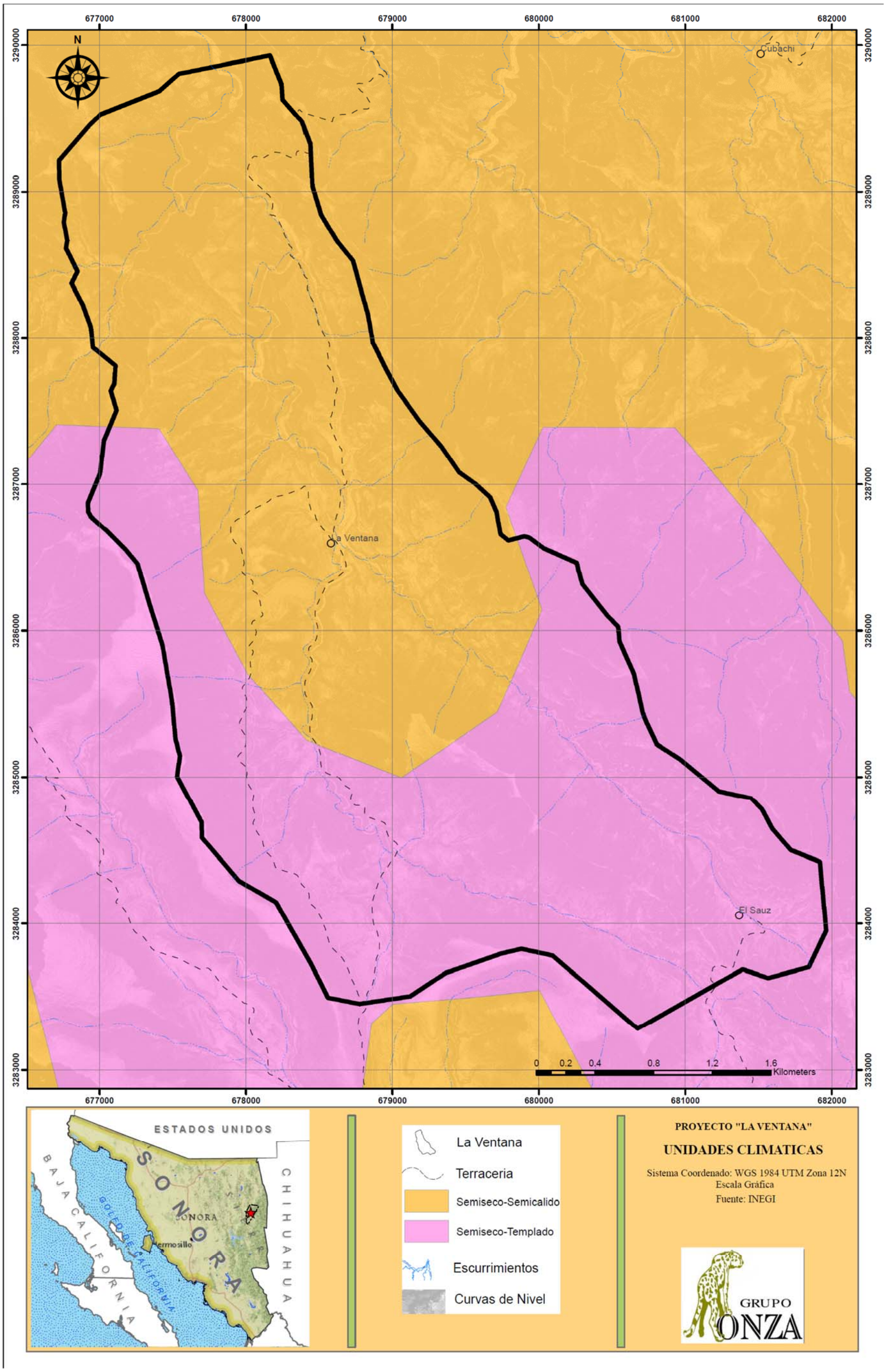


Figura IV.2 Plano de Unidades Climáticas.

IV.2.1.2 Temperatura promedio mensual y anual

La Tabla IV.2, muestra las temperaturas medias mensuales y anuales de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

Tabla IV.2 Temperatura media mensual y anual (°C) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Bacadéhuachi	11.8	13.5	16.2	19.4	24.4	29.1	28.9	27.6	26.5	21.8	16.0	12.3	20.6
Divisaderos	12.5	14.0	17.4	20.6	24.5	28.3	29.1	28.0	27.6	23.2	16.7	12.2	21.2
Granados	13.6	15.3	18.5	22.6	27.1	31.7	31.0	29.7	28.5	23.5	17.3	13.2	22.7
Huásabas	12.9	14.3	17.9	22.4	26.6	31.1	30.2	29.3	28.0	22.9	16.9	12.2	22.1
Nácori chico CFE	14.2	15.8	18.7	22.8	27.0	31.7	30.2	28.9	28.1	24.1	18.2	14.3	22.8

Fuente: SMN-CNA,

El rango de temperaturas promedio anual para las estaciones cercanas al proyecto va de los 20.6°C en la estación Bacadehuachi, a los 22.8°C en la estación Nacori Chico CFE, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto y los más fríos diciembre y enero.

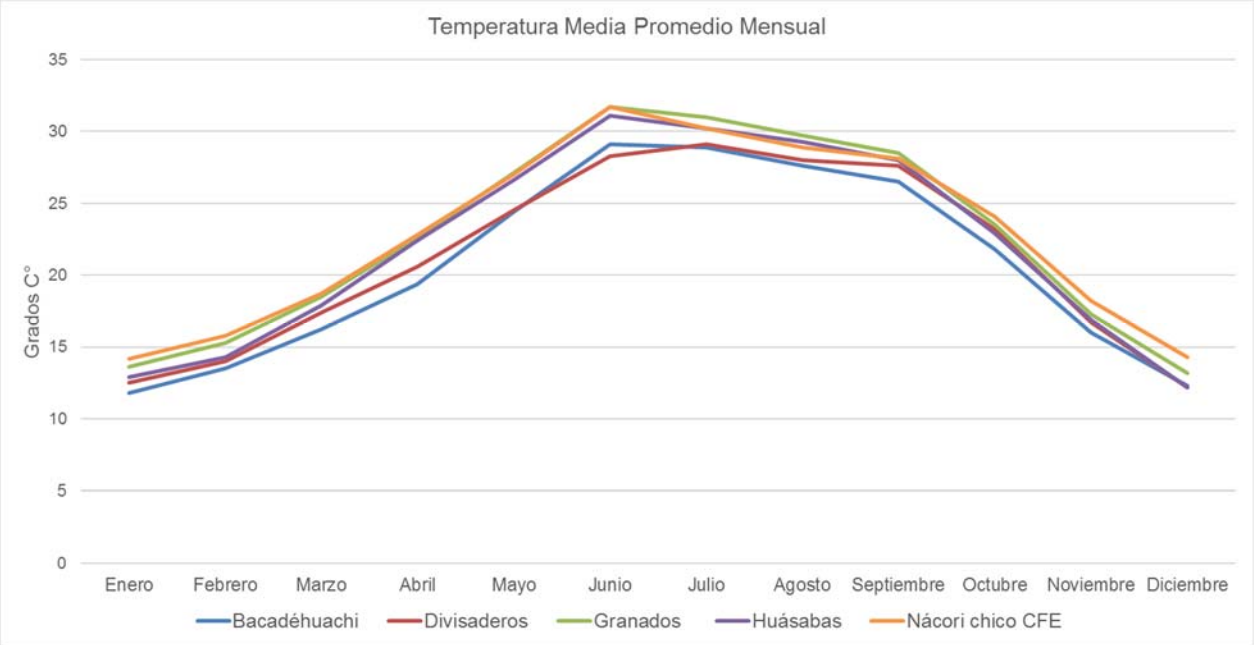


Figura IV.3 Temperatura media mensual (°C) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana.

En general, la tendencia de las temperaturas promedio mensual en las estaciones cercanas al Proyecto se mantiene a lo largo del año y son ligeramente menores las temperaturas en las estaciones de Bacadehuachi.

IV.2.1.3 Precipitaciones promedio mensuales y anuales (mm)

De acuerdo a la información obtenida del SMN-CNA con relación a la precipitación para las estaciones cercanas al Proyecto, se observa que las estaciones reciben una precipitación promedio anual entre 460 y 552 mm. Todas presentan un régimen de lluvias de verano, siendo los meses de julio, agosto y septiembre los meses con mayor precipitación. En general los meses con menor precipitación son abril y mayo con una precipitación promedio mensual menor a 10 mm.

Tabla IV.3 Precipitación promedio mensual y anual de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana (mm).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Bacadéhuachi	31.1	32.4	17.9	6.0	4.1	19.8	121.2	107.2	51.4	28.4	21.2	42.4	483.1
Divisaderos	26.4	23.0	11.2	18.7	6.4	20.8	162.1	94.6	47.6	21.8	18.0	41.5	492.1
Granados	26.6	22.0	12.8	8.7	3.1	20.4	114.3	104.2	56.9	29.9	20.4	41.2	460.5
Huásabas	28.1	24.7	7.6	8.8	4.7	31.8	104.8	132.5	54.0	30.7	20.6	44.0	492.3
Nácori chico CFE	34.2	24.1	17.7	5.4	6.6	30.9	157.3	127.8	54.1	28.9	22.9	42.9	552.8

Fuente: SMN-CNA,

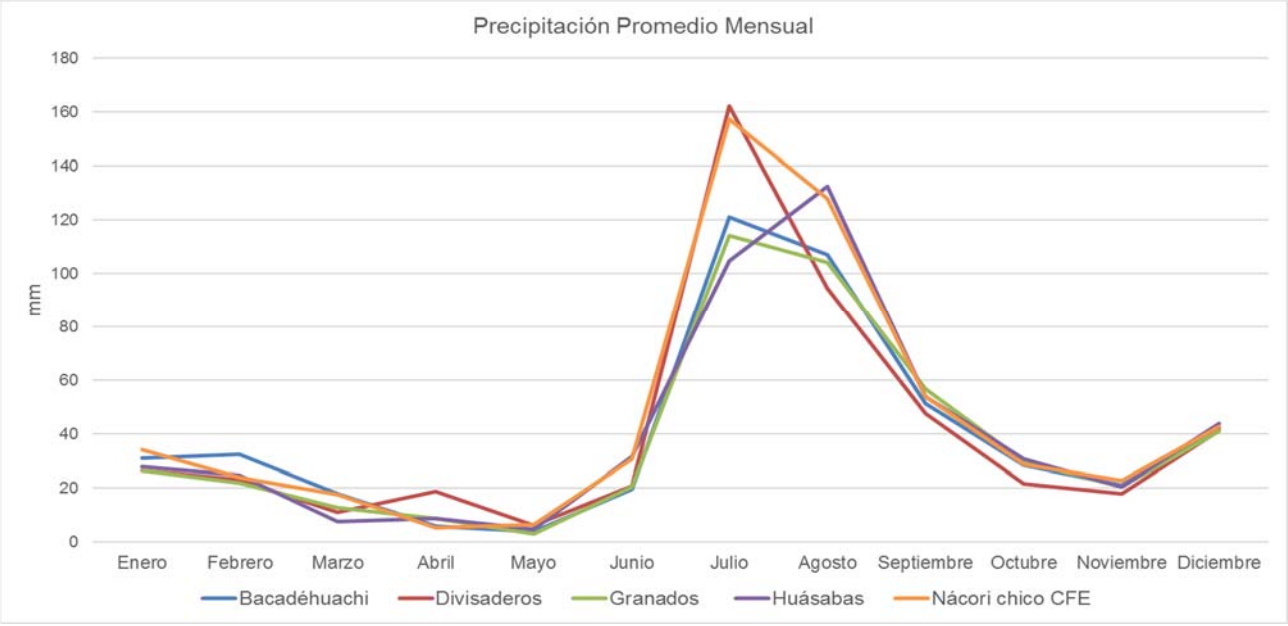


Figura IV.4 Variación de la precipitación media mensual (mm) de las estaciones meteorológicas cercanas al Proyecto La Ventana.

IV.2.1.3.1 Lluvia máxima en 24 horas

Dado que la estación meteorológica “Bacadehuachi” es la que mejor representa las condiciones climatológicas del área del Proyecto, se procedió a realizar el cálculo para determinar estadísticamente la precipitación máxima esperada en 24 horas en un período de 100 años, con base en la información proporcionada por el SMN-CNA, y contando con datos de precipitación máxima diaria por 50 años, durante el periodo de 1964 al 2013, aunque no todos fueron utilizables. En este período, el mayor registro que se tiene corresponde al 12 de agosto de 1990, con una precipitación máxima en 24 horas de 93.2 mm. Dado el período a calcular se consideró pertinente utilizar una serie anual de máximos.

El análisis de los datos sugirió también que la función de distribución de probabilidad más apropiada era la Gumbel para dos poblaciones. No obstante, también se analizaron las funciones Gamma Incompleta, Gumbel Simple y Log-Pearson tipo III; la que más se ajustó a los datos fue precisamente la función de distribución de probabilidad de Gumbel para dos poblaciones.

La ecuación de la función Gumbel para dos poblaciones es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha_1(x-\beta_1)}}\left[p + (1-p)e^{-e^{-\alpha_2(x-\beta_2)}}\right]$$

Donde:

$p = \frac{N_n}{N_T}$	N_n= No. de años en que la lluvia máxima no se produjo por tormenta ciclónica. N_r= No. de años totales.
α_1 y $\beta_1 =$	Parámetros de la población no ciclónica.
α_2 y $\beta_2 =$	Parámetros de la población ciclónica.
$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$	σ_y se obtiene de tablas de probabilidad y S es la desviación estándar
$\beta = \bar{x} - \mu_y / \alpha$	x es la media y μ_y se obtiene de tablas de probabilidad.

Los datos utilizados para calcular el evento de precipitación máxima en 24 horas, para un período de 100 años, se muestran en la Tabla IV.4, en la que se presenta también el período de retorno

de los eventos de lluvia máxima en 24 hrs., registrados en la estación. El período de retorno se determinó con la fórmula: Tr=(n+1)/m

Donde: Tr= período de retorno en años
n= número de eventos en la serie
m= número de orden del evento, arreglados en forma decreciente.

Tabla IV.4 Evento de precipitación máxima registrado en 24 horas por año.

Numero de evento	Año	Evento máximo registrado (mm)	Período de retorno
1	50.00	93.2	100
2	25.00	77	50
3	16.67	71	25
4	12.50	70	16.67
5	10.00	69	12.50
6	8.33	68	10
7	7.14	66	8.33
8	6.25	62.5	7.14
9	5.56	61	6.25
10	5.00	60	5.56
11	4.55	57	5
12	4.17	55	4.55
13	3.85	53	4.17
14	3.57	52.8	3.85
15	3.33	52	3.57
16	3.13	51	3.33
17	2.94	50	3.13
18	2.78	50	2.94
19	2.63	50	2.78
20	2.50	50	2.63
21	2.38	50	2.50
22	2.27	48	2.38
23	2.17	47.5	2.27
24	2.08	46	2.17
25	2.00	45.5	2.08
26	1.92	45	2
27	1.85	44	1.92
28	1.79	44	1.85
29	1.72	42.9	1.79
30	1.67	42	1.72
31	1.61	42	1.67

32	1.56	41.5	1.61
33	1.52	40.5	1.56
34	1.47	40	1.52
35	1.43	38.6	1.47
36	1.39	38.5	1.43
37	1.35	38	1.39
38	1.32	37	1.35
39	1.28	37	1.32
40	1.25	37	1.28
41	1.22	33	1.25
42	1.19	32	1.22
43	1.16	32	1.19
44	1.14	31.5	1.16
45	1.11	31.5	1.14
46	1.09	30	1.11
47	1.06	20.8	1.09
48	1.04	19.7	1.06
49	1.02	19.5	1.04
50	1.00	18.5	1.02

En total se utilizaron los datos de 50 años y con ellos se construyó la gráfica de precipitación máxima en 24 hrs., contra período de retorno que se muestra en la Figura IV-5.

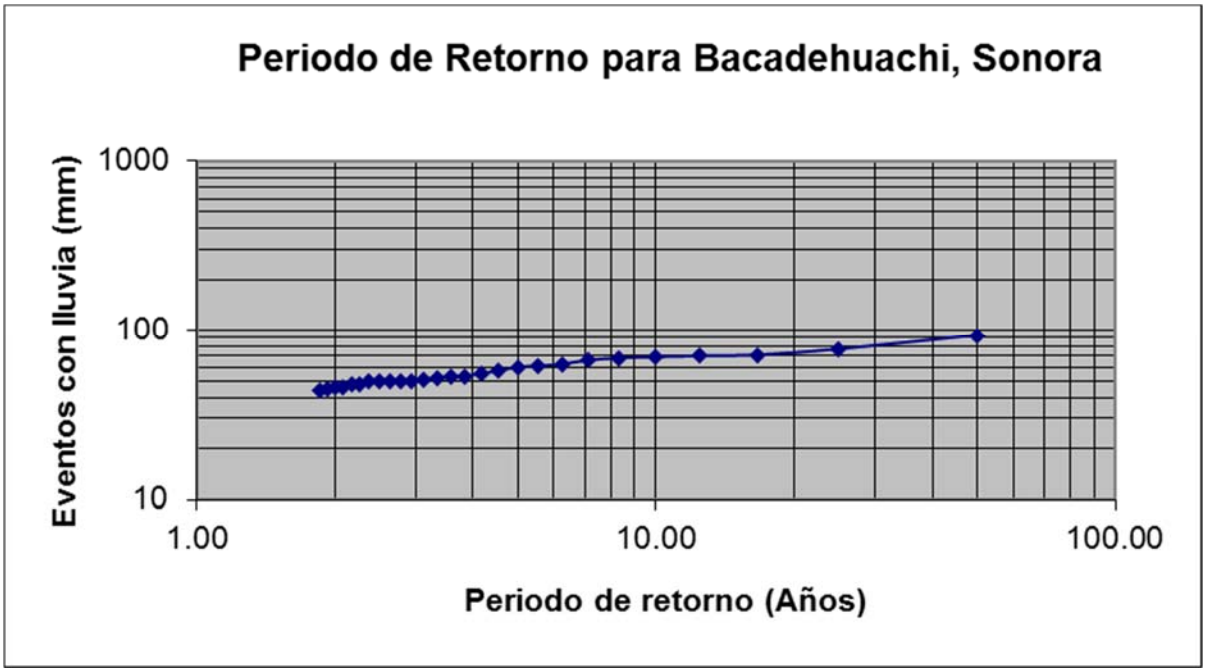


Figura IV.5 Precipitación máxima en 24 hrs contra período de retorno para la estación “Bacadehuachi”

Posteriormente se determinó la probabilidad de ocurrencia de eventos de diferentes períodos de retornos (T) de interés.

Probabilidad de ocurrencia (F(x)) de distintos períodos de retorno.

T (años)	F(x)
2	0.5
5	0.8
10	0.9
25	0.96
50	0.98
100	0.99

Con la función de Gumbel para dos poblaciones, se determinó la magnitud de estos eventos, mismos que se grafican en la Figura IV-5.

Período de retorno (años)	Magnitud del evento (mm)
2	44.3
5	60.2
10	70.8
25	84.1
50	94.0
100	103.8

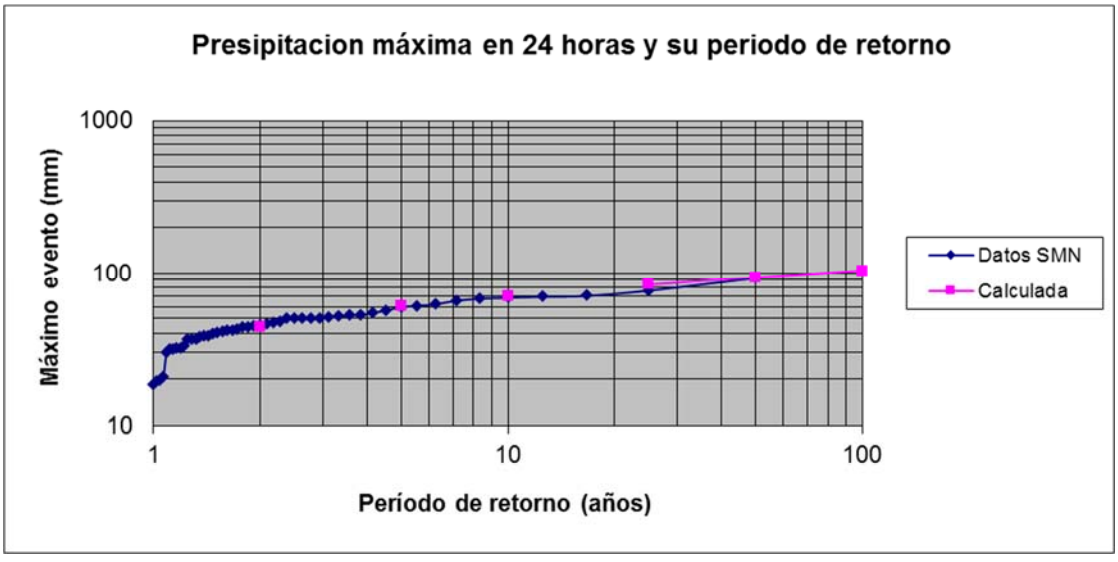


Figura IV.6. Precipitación máxima en 24 hrs., calculada con base a la función Gumbel para dos poblaciones para diferentes períodos de retorno.

La función arrojó como resultado que una lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 100 años correspondería a una precipitación de 103.8 mm.

IV.2.1.4 Susceptibilidad de la zona a sismicidad, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, otros movimientos de tierra o roca y posible actividad volcánica

En el área del Proyecto La Ventana no se reconoció evidencia geomorfológica del fallamiento activo, y el análisis de la información disponible en el Servicio Sismológico Nacional (SSN) no reveló actividad sísmica alguna, por lo que se puede concluir que la zona es tectónicamente inactiva y no existe riesgo asociado a estos fenómenos. De hecho el SSN ubica a esta parte del país como una zona de baja sismicidad en su zonificación sísmica de la república mexicana.

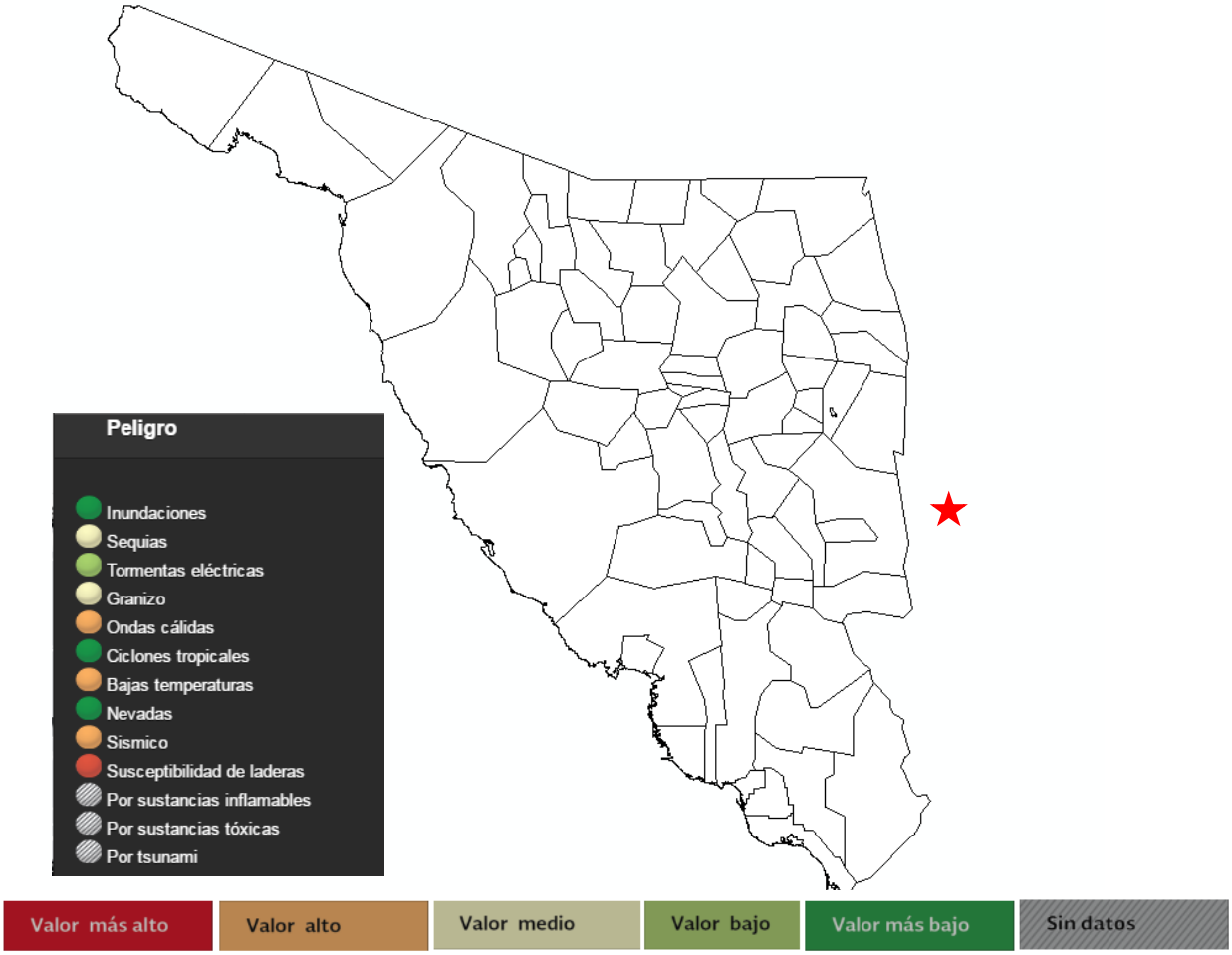


Figura IV.7 Índice de Peligro y Vulnerabilidad del Municipio de Bacadehuachi.

Este sistema presenta de manera sencilla los grados y/o índices de peligro y vulnerabilidad calculados por el CENAPRES a nivel municipal. Estos valores son el resultado de la simplificación del análisis sobre diferentes amenazas, así como de la caracterización de algunos fenómenos sociales, que contribuyen a evaluar el proceso de construcción social del riesgo.

De esta manera se muestra la suspicacia que posee el municipio de Bacadehuachi ante los eventos de la naturaleza. Analizando esta ponderación del peligro, podemos determinar que nos encontramos con una zona lo suficientemente segura en este sentido, en donde la condición más severa que pudiera atentar en contra de la estabilidad del municipio seria la susceptibilidad de laderas.

IV.2.1.5 Geología y Geomorfología

La zona regional presenta un contexto geológico variado, afloran rocas cuyas edades varían desde el Mesozoico hasta el reciente. A continuación se describen las unidades estratigráficas. De manera general la secuencia mesozoica está formada principalmente por andesitas, mientras que las rocas cenozoicas se componen de tobas, riolitas y basaltos. Afloran rocas volcánicas como resultado de la influencia de la Sierra Madre Occidental.

IV.2.1.5.1 Estratigrafía

IV.2.1.5.1.1 Rocas Mesozoicas

Los afloramientos de esta edad se localizan al noreste, suroeste y porción central de la zona cuyo rango de esas varía del Cretácico Superior al Terciario Inferior.

Granodiorita-Diorita (KsTeGd-D). Intrusivo que forma parte del Batolito Laramide, de color gris claro, de estructura compacta y textura porfiritica, con fenocristales de cuarzo, feldespatos alterados y micas. Los cristales son de grano medio y la matriz equiangular, fuerte presencia de plagioclasa subhedral con abundante cuarzo intersticial y biotita anhedral. Su edad varia del Cretácico Superior al Eoceno. Sus afloramientos principales se localizan en la Sierra Los Ciriales, mientras que su grado de compactación y escaso fracturamiento general presentan una permeabilidad nula. Esta unidad opera como basamento hidrogeológico.

Andesita-Arenisca (KsTpa A-Ar). Unidad volcanosedimentaria que forma parte del Complejo Volcánico Inferior. Constituida principalmente por andesitas de color verde y textura afanítica, compacta, presentándose en algunas áreas como aglomerados andesíticos, además de toba andesítica, caliza, toba riolítica, brecha dacítica y arenisca tobácea. Aflora en el Cerro La Muralla, al este de Bacadéhuachi. Por su bajo grado de fracturamiento esta unidad se caracteriza por tener permeabilidad baja, aunque en zonas particulares donde se incrementa el fracturamiento funciona como zona de recarga.

Andesita-Toba Andesita (KsTe A-TA). Unidad volcanoclástica que constituye el Complejo Volcánico Inferior. Litológicamente compuesta por arenisca, toba andesítica, caliza, toba riolítica, brecha dacítica y arenisca tobácea, con espesor que varía entre 500 y 1500 m., correlacionable

con la Formación Tarahumara. Aflora al noroeste y suroeste de la zona, donde sus características de fracturamiento hacen que tenga una permeabilidad que varía de media a baja.

IV.2.1.5.1.2 Rocas Cenozoicas

Los afloramientos terciarios consisten de rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias continentales. En el Mioceno las características del volcanismo cambian fundamentalmente con la aparición de rocas básicas. Un episodio distensivo se manifiesta por la formación de depresiones endorreicas que se rellenan con depósitos conglomeráticos, limos y arenas, así como depósitos de basaltos y tobas riolíticas (secuencia bimodal) que ocasionalmente se intercalan con la secuencias detríticas continentales. Finalmente los procesos de erosión de las rocas preexistentes generan unidades sedimentarias recientes: gravas, arenas y limos.

Toba Riolita-Ignimbrita (To TR-Ig). Aflora en la Sierra Los Ciriales, formada por tobas riolíticas, ignimbritas y en la parte superior andesitas y tobas andesíticas. Desde el punto de vista geohidrológico esta unidad se considera de recarga debido a una moderada presencia de fallas y fracturas de rumbo preferente noreste-suroeste.

Secuencia Volcánica Ácida ToR-TR. Es una secuencia de rocas volcánicas representadas por aglomerados, riolitas, tobas riolíticas ignimbritas y brechas con permeabilidad media que generalmente forman largas mesetas de orientación noroeste-sureste, formando parte del evento volcánico oligomiocénico que dio lugar a la formación de la Sierra Madre Occidental, conocida como el Súper Grupo Volcánico Superior.

Estas rocas se encuentran ampliamente distribuidas al poniente y sur poniente, formando parte del medio fracturado que sirve de recarga al mismo; el espesor de esta secuencia posiblemente sea mayor de 1,000 m.

Secuencia Bimodal Andesita-Basalto (To A-B), Basalto (To B) (Tm B). Se denomina secuencia Bimodal a una serie de flujo de rocas volcánicas de composición andesítico-basáltico, basáltica y andesítico-riolítico que se presentan como andesitas basálticas y basaltos con ocasionales intercalaciones de tobas riolíticas que en algunos lugares sobrepasan los 500 m.

Las rocas andesíticas-basálticas afloran en las sierras Los Ciriales y Huásabas, donde la secuencia está formada por tobas riolíticas ignimbríticas, en la parte superior andesitas y tobas

andesíticas se encuentran en discordancia erosional sobre unidades más antiguas, a la vez que es sobreyacida en discordancia por la Formación Báucarit.

La unidad aflora al sur de la Sierra San Diego, mientras que el basalto del Mioceno se localiza en la parte sur de la zona al este de San Gabriel de los Castores, y forma parte de la Secuencia Bimodal, consistiendo litológicamente de andesita basáltica, alcanza un espesor de 500 m. Debido al fracturamiento se considerara como zona de recarga, con un potencial de extracción estimado entre 10 y 15 lps.

Conglomerado polimíctico-Arenisca (Tm Cgp-Ar) y conglomerado polimíctico-Basalto

(Tm Cgp-B). Forman parte de la Secuencia sedimentaria volcanogénica continental (Formación Báucarit) consistente de conglomerados de color pardo claro que cambia por meteorización a pardo obscuro; generalmente se encuentra bien estratificado, la composición de los clastos es heterogénea, los espesores pueden alcanzar hasta 300 m.

La erosión y el fallamiento normal son características comunes en estas rocas. Afloran en gran parte de la zona, presentan características variadas debido a su extensión y espesor, con permeabilidad baja a impermeable, operando como confinante entre los depósitos granulares y la roca fracturada.

Conglomerado polimíctico (Qpt Cgp), depósitos aluviales (Qho al), aluvión (Q al). Los sedimentos cuaternarios son producidos por intemperismo de las rocas preexistentes y son depositadas como abanicos aluviales y fluviales, a lo largo de ríos o arroyos y planicies de inundación activos. Las unidades consisten en conglomerados polimícticos, areniscas y limos que varían de consolidadas a poco consolidadas. Corresponde a sedimentos clásticos que forman terrazas continentales y se encuentra ampliamente distribuidos. Los clastos de los conglomerados están por lo general bien redondeados, mientras que el aluvión es depositado como abanicos aluviales y fluviales a lo largo de ríos o arroyos y planicies de inundación activas, mismas que están constituidas por conglomerados de clastos de diferentes litologías, presentándose en forma de gravas, arenas y limos en menor cantidad. Debido a su granulometría y espesor representan un atractivo medio para aprovechamientos de bajo gasto.

IV.2.1.5.2 Características Geomorfológicas

La geomorfología de la zona corresponde al ciclo de juventud avanzada, lo que se observa por la reducidas distancias entre una elevación a otra. Dentro del área existen altitudes de 2,300 msnm., en la Sierra Los Ciriales, al igual que en los cerros La Flaca y otros.

Las elevaciones de 2,000 m., se alcanzan al este y noreste del poblado de Santo Domingo, mientras que al noroeste hay elevaciones de hasta 1,800 msnm., (Cerro El Ranchito); de igual forma en el extremo poniente de la zona, se presentan elevaciones que varían entre 1,400 y 1,600 msnm.

En su mayoría el drenaje superficial corresponde al tipo dendrítico, observándose principalmente en zonas de pie de monte y valle. Si bien en su nacimiento el Río Bacadehuachi corresponde a un drenaje del tipo anular, ya que rodea en sentido anti horario la Sierra Los Ciriales, sus tributarios generan drenaje del tipo radial divergente en las formaciones rocosas con relieve topográfico accidentado y elevaciones mayores.

IV.2.1.5.3 Susceptibilidad

Según la clasificación de la Regionalización Sísmica de la República Mexicana, emitida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), modificada el 9 de Agosto de 2003, el Proyecto La Ventana se encuentra posicionada en una Zona de Baja Incidencia en probabilidad de ocurrencia (B), siendo ésta una de las más frecuentes dentro de los municipios del noroeste, centro y algunas zonas del sur del país. Ver Figura .IV. 8

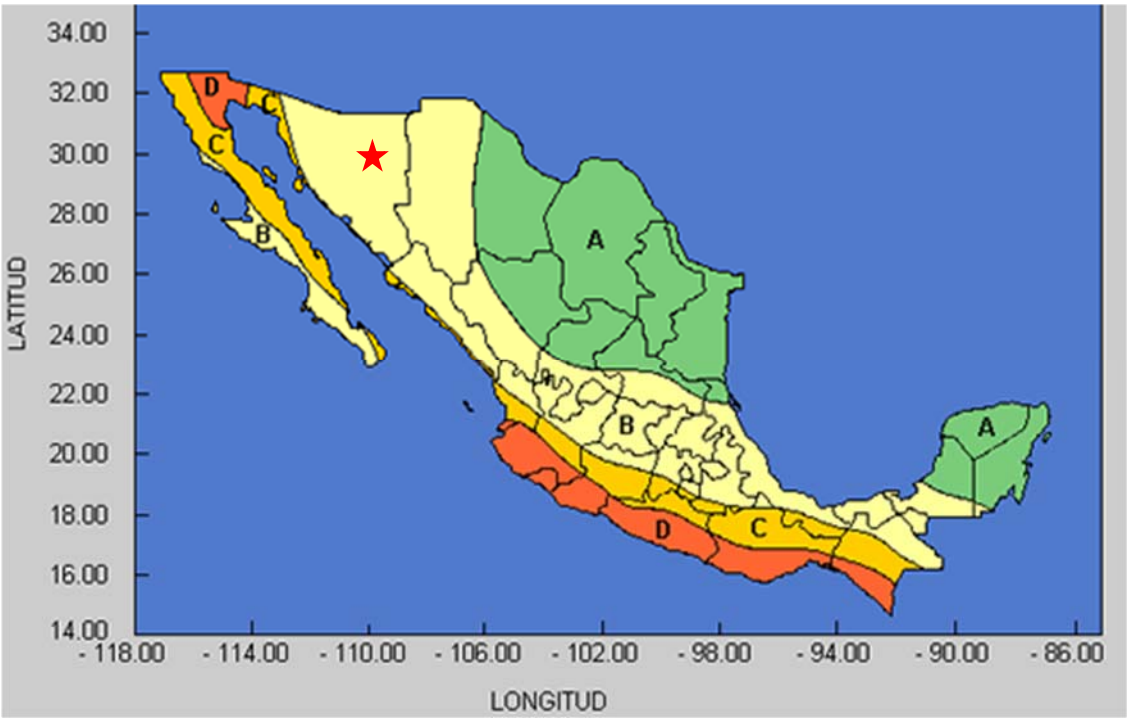


Figura IV.8 Regionalización Sísmica de la República Mexicana.

IV.2.1.6 Fisiografía

El área del Proyecto La Ventana se ubica de acuerdo al esquema del INAGO, en la Sub-provincia Fisiográfica de “Sierras y Cañadas del Norte”, la cual comprende del extremo noreste de la provincia Sierra Madre Occidental, y se extiende de unos 20km al oriente de Agua Prieta en Sonora u la Sierra de San Luis en Chihuahua, hasta la altura de Rosario y San Juanito, en los mismo estados. Tiene una orientación aproximada norte-sur, en el occidente sus cimas tienen más de 1,000 msnm., y en el oriente más de 2,000 m., la máxima altitud es de 2,700 m., y se localiza hacia el norte en el cerro San José situado al suroeste de la localidad de San Pedro de la Pradera. Los ríos que corren por profundas cañadas, hacia el norte y en sentido opuesto los del sur, de la forma que reúnen sus corrientes en el río Aros, afluente del río Bavispe y por lo tanto del río Yaqui.

Está constituida por sierras en las que dominan las rocas volcánicas ácidas, pero hay también grandes franjas basálticas burdamente orientadas al norte-sur. La morfología es de sierra de

laderas escarpadas, clasificadas fisiográficamente como sierra alta con cañadas, único sistema de topo formas conformado por sierras.

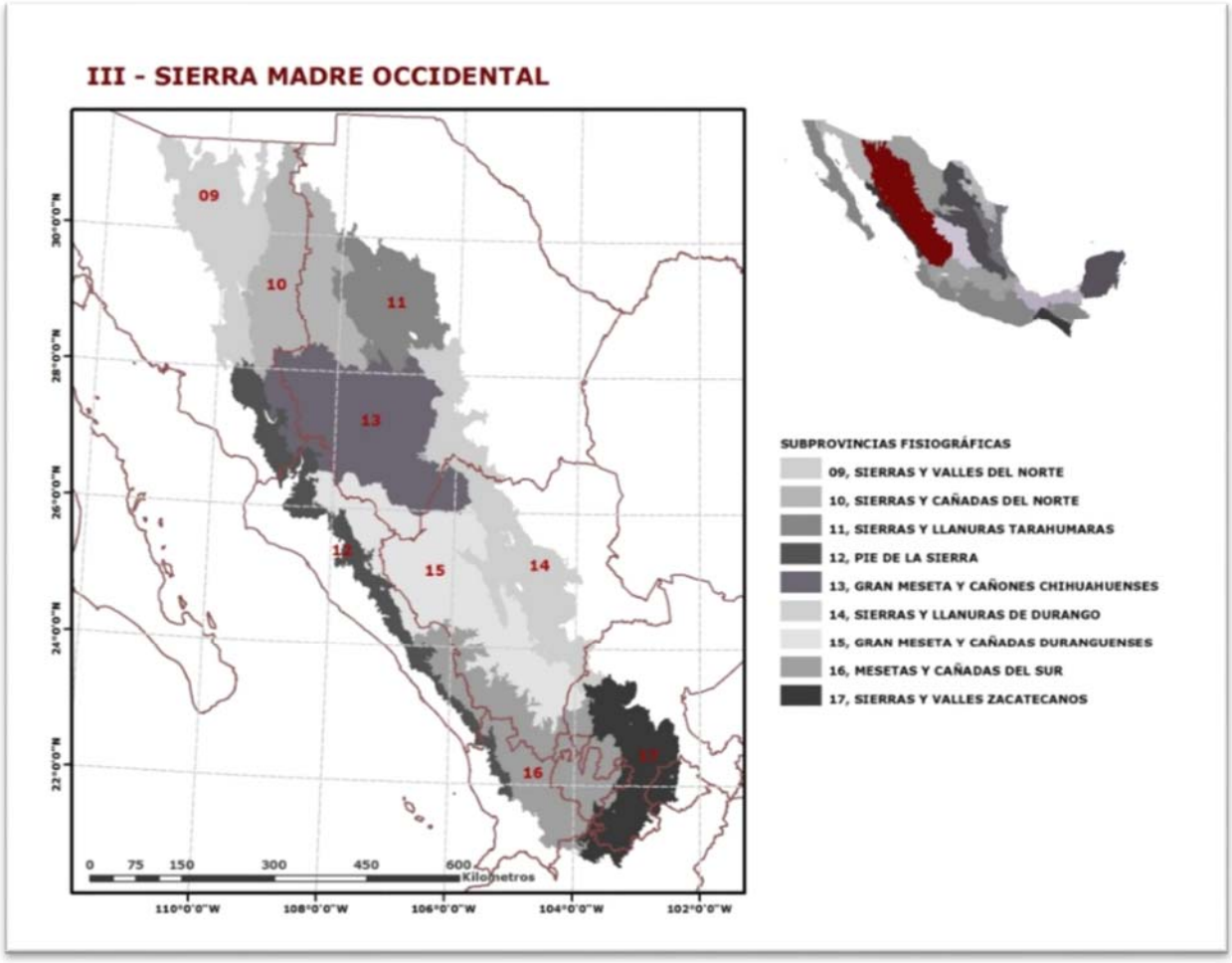


Figura IV.9 Estructura Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental.

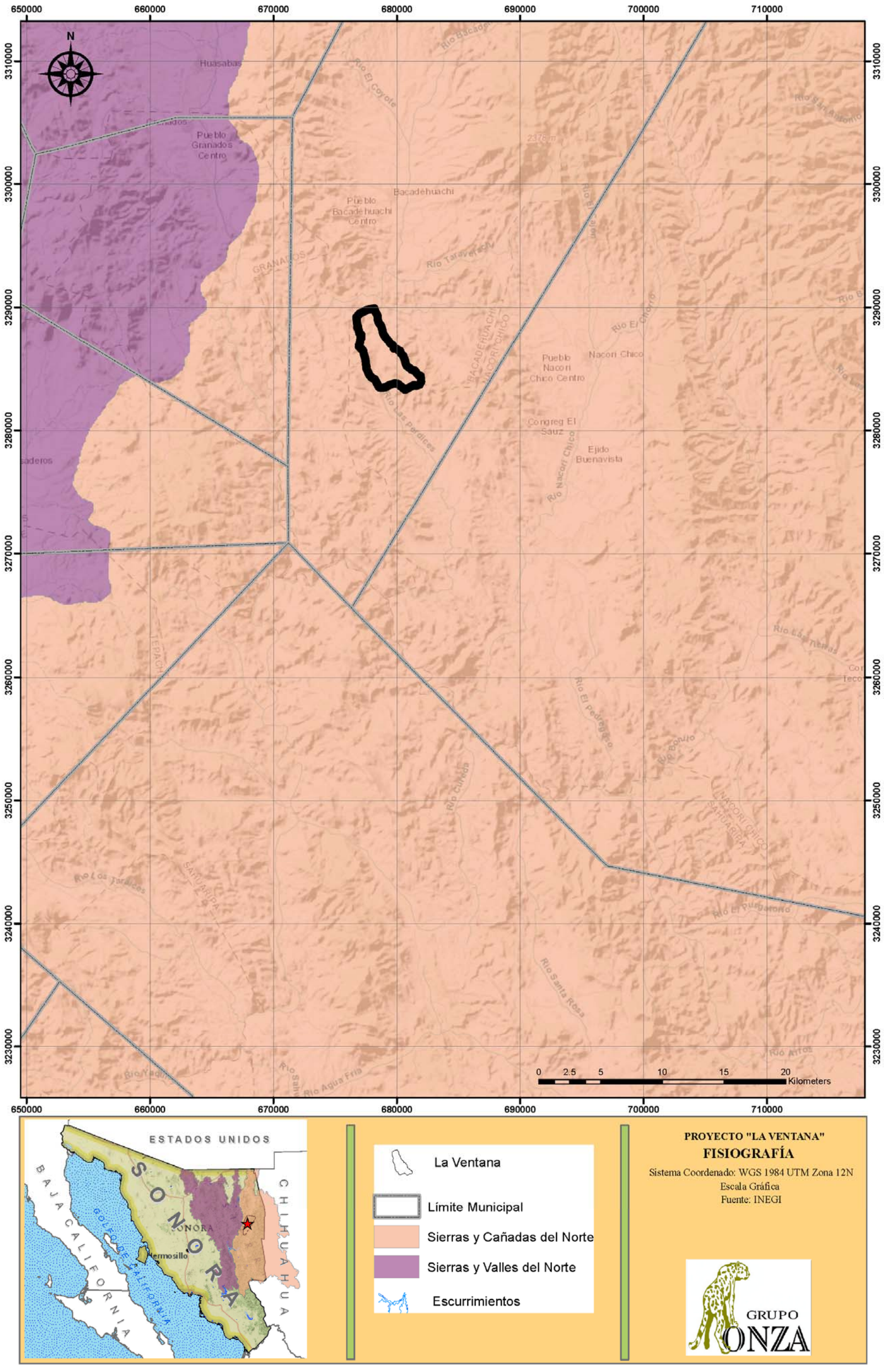


Figura IV.10 Plano de Fisiografía del Proyecto.

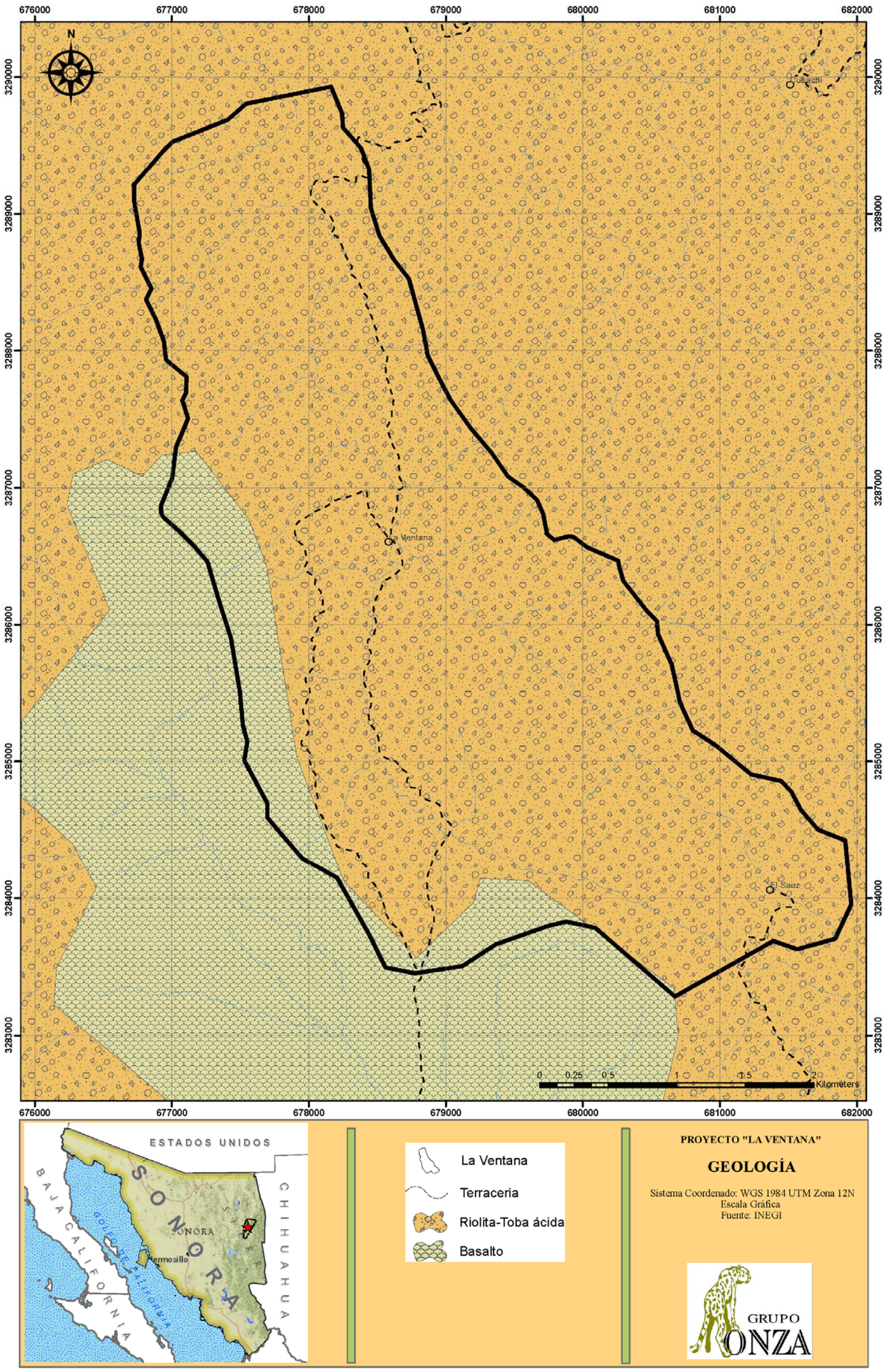


Figura IV.11 Geología en la zona del proyecto.

IV.2.1.7 Suelos

La descripción y caracterización de los rasgos edafológicos del área de estudio que se presentan en esta sección, se llevaron a cabo con base en observaciones de campo, así como de muestreos de perfiles edáficos y el análisis de las cartas edafológicas disponibles del INEGI en formato vectorial en estala 1:250,000.

IV.2.1.7.1 Tipos de Suelo

Los suelos en gran parte de la zona del Proyecto La Ventana están ligados a los materiales geológicos de los que se derivan, así como a las condiciones de relieve, topografía y clima. De esta forma, los suelos de tipo litosol y regosol son comunes, asociándose a los suelos tipo feozem.

El litosol es el tipo de suelo más abundante del país pues ocupa 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentra en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracteriza por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre.

El regosol es un tipo de suelo ubicado en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tiene poco desarrollo y por ello no presenta capas muy diferenciadas entre sí. Estos suelos, en general son claros o pobres en materia orgánica y se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión, que llega al 19.2%, muchas veces asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

Tabla IV.5 Tipos de Suelo

CLAVE	TIPO	TEXTURA	FASE	% ARCILLA	% ARENA
Re+I/2/L	Regosol eutrico	Media	Lítica	35	65
I+Hh/2	Litosol Feozem haplico	Media	-	35	65
I+Re+Hh/2	Litosol Regosol eutrico	Media	-	35	65

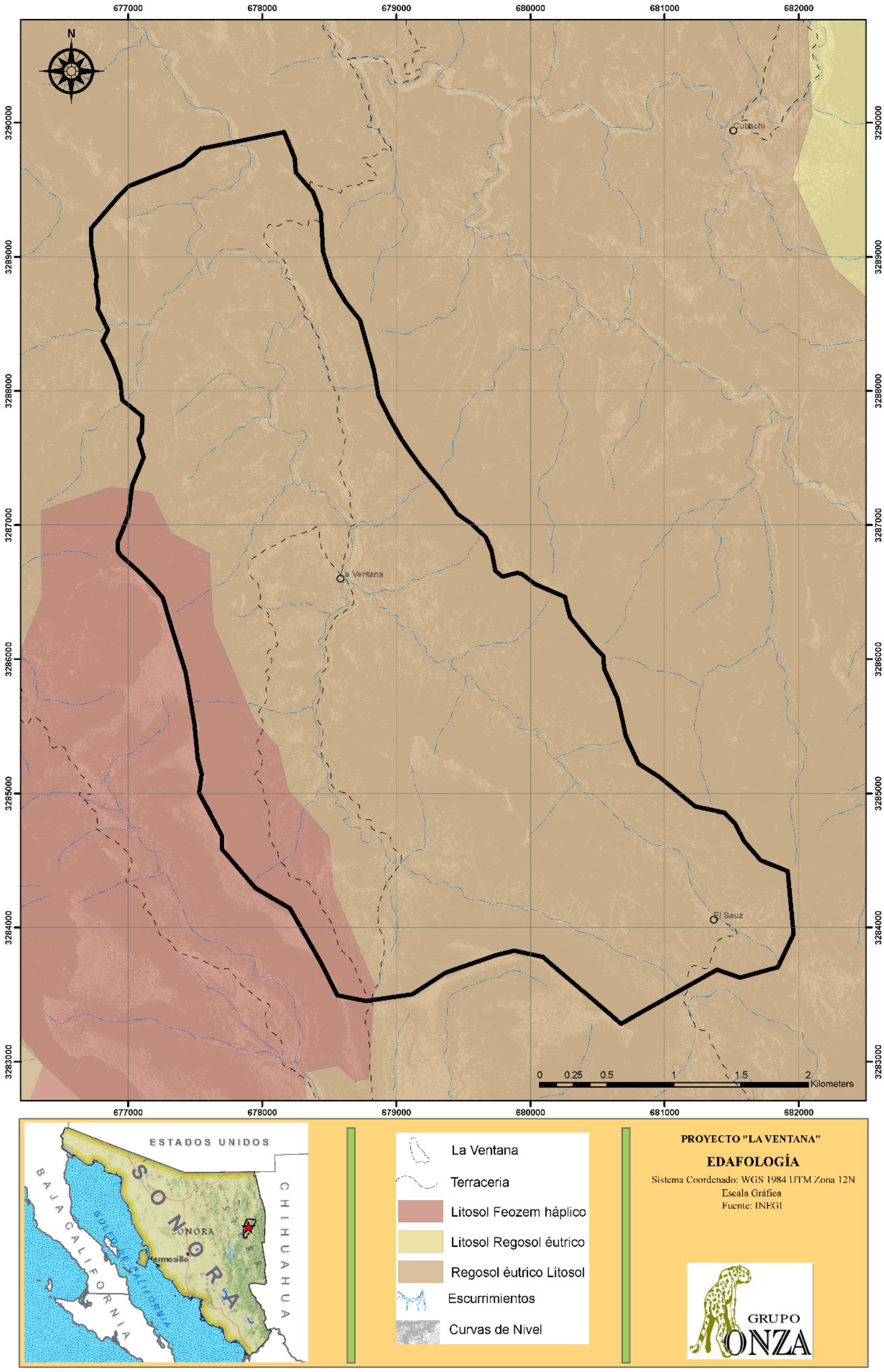


Figura IV.12 Tipos de suelo en la zona del proyecto.

IV.2.1.7.2 Muestreo de Suelos

Aprovechando el programa de barrenación, se realizó un análisis de los suelos superficiales. El muestreo de las capas superficiales provee información de la distribución horizontal de los parámetros o propiedades de interés del material más reciente depositado como es distribución de partículas o composición geoquímica. El típico perfil geoquímico muestra una disminución exponencial de la concentración del contaminante al incrementarse la profundidad del sedimento. Por lo tanto, el muestreo superficial es el más adecuado para determinar si existen zonas o áreas que requieran un manejo especial para evitar contaminación aguas abajo del proyecto La Ventana.

Las muestras de suelo fueron analizadas en laboratorio para evaluar el contenido de los siguientes elementos: arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio (Anexo 7) y posteriormente los resultados de los muestreos fueron comparados con los valores de concentraciones de referencia totales (CRT) por tipo de uso de suelo industrial bajo la norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio.

Tabla IV.6 Concentraciones de referencia totales (CRT) por tipo de uso de suelo industrial de acuerdo a NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

Contaminante	Uso industrial (mg/kg)
Arsénico	260
Bario	67,000
Berilio	1,900
Cadmio	450
Cromo Hexavalente	510
Mercurio	310
Níquel	20,000
Plata	5,100
Plomo	800
Selenio	5,100
Talio	67
Vanadio	1,000

Los resultados de los metales (Anexo 7) están por debajo de las concentraciones de referencia que establece la norma NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 para determinar si un suelo requiere o no acciones de remediación.

IV.2.1.8 Geohidrología e Hidrología Superficial y Subterránea

IV.2.1.8.1 Hidrología Superficial

En la zona de valle, compuesta por depósitos granulares donde están ubicados todos los aprovechamientos de la zona, se forma un acuífero heterogéneo de tipo libre donde la explotación se realiza mayormente en la zona de influencia del Río Bacadehuachi, cuya planicie de inundación genera una permeabilidad alta ya que está formada por un conglomerado polimíctico del Cuaternario.

Las zonas de recarga se encuentran en las porciones topográficamente elevadas que delimitan el acuífero donde existen condiciones adecuadas de permeabilidad que propician la infiltración de agua de lluvia, como es el caso de las sierras Los Ciriales al este de Huásabas al oeste de las cuales forman parte de un medio fracturado formado principalmente por materiales de origen volcánico, tales como riolitas, tobas riolíticas, basaltos y andesitas; tales unidades representan en su mayoría importantes zonas de recarga. Cabe señalar que los manantiales localizados en el área están relacionados a estos sistemas fracturados. En una menor producción, el acuífero se recarga por el agua de lluvia que precipita en el valle y por un escaso volumen de recarga por riego agrícola. Ver Figura. IV.13 Acuífero Bacadehuachi.

IV.2.1.8.1.1 Parámetros hidráulicos

Durante la campaña de censo de aprovechamientos desarrollada por CNA en el 2008, se observó que los aprovechamientos que cuentan con equipos eléctricos y condiciones adecuadas para desarrollar pruebas de bombeo, están fuera de operación o en su defecto no cuentan con orificio para el monitoreo de los niveles del agua. Estas razones impidieron la ejecución de pruebas de bombeo.

Mediante recorridos de campo y observaciones geológicas se estimaron valores promedio de parámetros hidráulicos representativos del acuífero. Para el caso de la transmisividad se considera un valor promedio de **1.2 x10^{-3} m^2/s** (100 m^2/día) y conductividad hidráulica de **5 x 10^{-4} m/s**.

Los valores de transmisividad utilizados en las celdas de entradas y salidas horizontales del acuífero, fueron establecidos con base en las características litológicas, permeabilidad y espesor saturado. En el caso de la zonas de entradas y salidas se utilizó un valor de 350 m^2/día (4.0 $x10^{-3}$). Tal valor se establece con base en observaciones directas de campo en 2008, donde se hace referencia a material granular de permeabilidad alta con espesor aproximado de 100 m.

IV.2.1.8.1.2 Piezometría

Con el propósito de conocer las condiciones piezométricas del acuífero, de manera paralela al censo de aprovechamientos desarrollado en 2008, se llevó a cabo una campaña de mediciones piezométricas, en la cual se obtuvieron los niveles estáticos en 26 aprovechamientos, de los cuales 25 corresponden a norias y 3 a pozos.

IV.2.1.8.1.3 Comportamiento hidráulico

El modelo conceptual de funcionamiento acuífero revela la presencia del conglomerado Báucarit con permeabilidad baja a nula, subyacido por materiales volcánicos de permeabilidad media, que opera como un acuífero confinado por el material conglomerático del Mioceno.

El flujo local es generado por agua meteórica de reciente infiltración, así como la recarga por riego agrícola, la cual viaja en forma vertical y se ve reflejada en una recarga casi instantánea en el medio granular.

El flujo intermedio se relaciona a las partes topográficamente altas donde existen las condiciones apropiadas para la recarga debido a su fracturamiento. Tal es el caso de los flancos este y oeste de la Sierra Los Ciriales, así como la zona sur de la Sierra Huásabas. Debido a que fueron detectadas zonas de termalismo, puede sustentarse la presencia de flujo regional que posiblemente alimente al acuífero con flujos desplazados a través de estructuras geológicas de tipo regional,

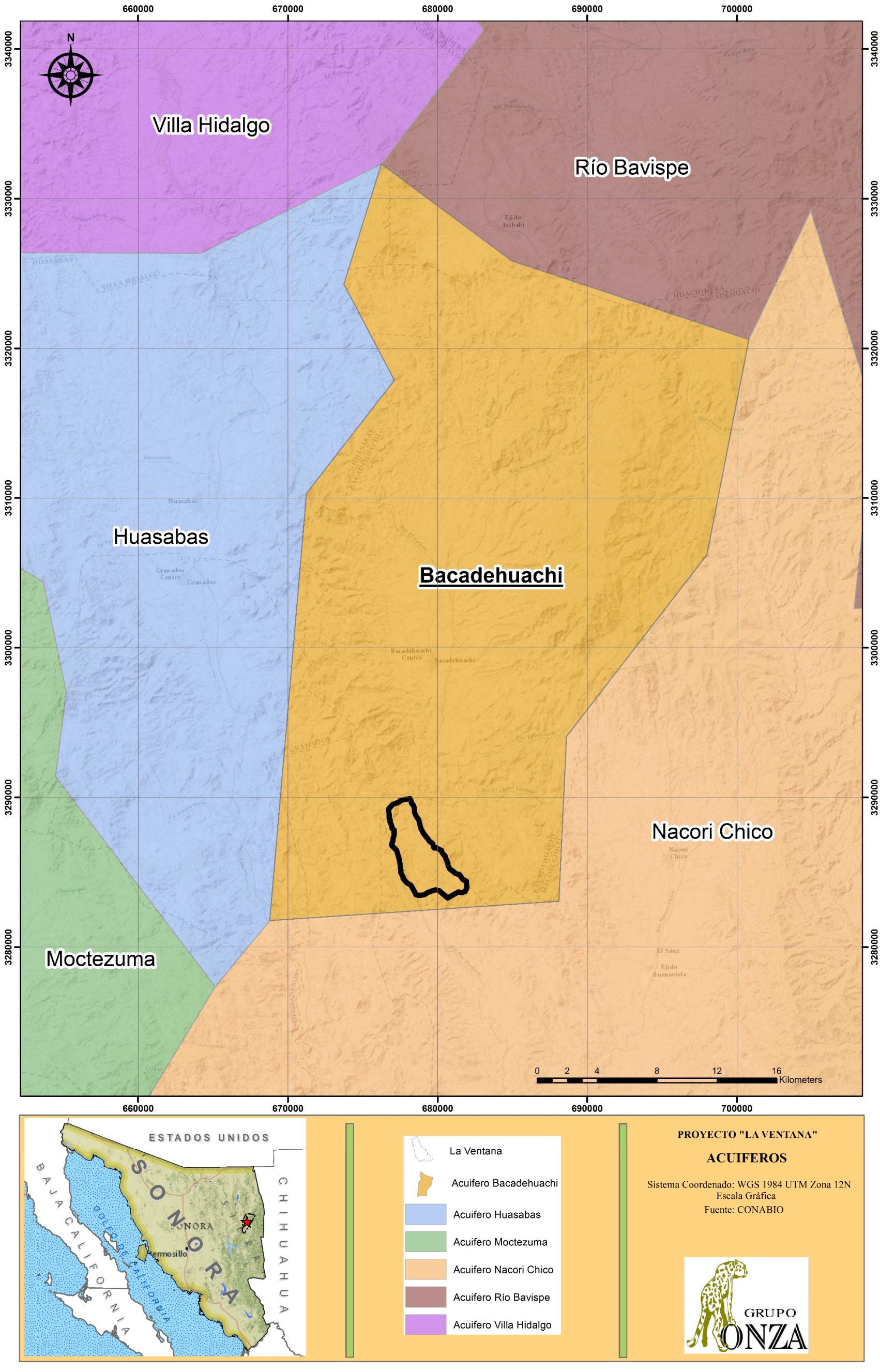


Figura IV.13 Acuífero Bacadehuachi.

El área de estudio se localiza en la Región Hidrológica No. 9 Sonora Sur, donde el río Yaqui es la corriente más importante de esta Región; este río drena un área de 69,590 km^2,hasta la presa Álvaro Obregón y aproximadamente 72,575 km^2,hasta su desembocadura en el Golfo de California.

El Proyecto La Ventana queda comprendido en la cuenca hidrológica denominada Río Yaqui 1, de acuerdo con los resultados del estudio de disponibilidad media anual de aguas superficiales, publicados en el Diario Oficial de la Federación de fecha 24 de septiembre de 2007.

Figura IV.14 Cuenca Hidrológica Río Yaqui.

La cuenca hidrológica Río Yaqui 1 comprende desde la Presa Lázaro Cárdenas “La Angostura” hasta donde se localiza la Presa Plutarco Elías Calles “El Novillo”; drena una superficie de 40,926.2 km^2, y se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Río Bavispe, al Sur por las cuencas hidrológicas Río Mayo 1 y Río Fuerte, al Este por una porción de la región hidrológica número 34 Cuencas Cerradas del Norte y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Sonora 1.

La cuenca del Río Yaqui es la más relevante de esta región hidrológica por la extensión que comprende el 29.98% del territorio estatal. La precipitación media anual es de 527 mm., volumen medio precipitado de 30, 426.3 Mm^3 anuales, con un coeficiente de escurrimiento de 7.9% para tener un volumen anual drenado de 2,403.68Mm^3. Dicho río nace 50 km al noroeste de Creel, en el Estado de Chihuahua, a una altitud de 2,982 m., con el nombre del arroyo Cueva del Toro. La topografía sobre la que fluye es accidentada en su cabecera y suave hacia la costa. Recibe gran número de afluentes, entre ellos los ríos; Bonito, Aros, Bavispe (cuyas aguas son controladas por la presa La Angostura) y Moctezuma.

Sobre el cauce del Río Yaqui se localizan las presas Abelardo L. Rodríguez, Plutarco Elías Calles, Álvaro Obregón y Lázaro Cárdenas, en el río Bavispe. De menor capacidad son las presas Jacinto López, en el arroyo Cuquiarachic, El Tapiro, en el arroyo Cerro Colorado, Divisadero en el arroyo homónimo, Adolfo de la Huerta, sobre el arroyo Nacorí Chico. La calabaza, en el río Bacanora, Cajón de Onapa, en el río Sahuaripa y Maximiliano R. López, en el arroyo Bachoco. El agua de estas corrientes se utiliza en los Distritos de Riego No.. 18 “Vicam” y No. 41 “Río Yaqui” ubicados en la costa. El principal uso es agrícola y en menor escala doméstico, industrial y pecuario.

La zona de influencia del Proyecto LA Ventana se encuentra también dentro de la Subcuenca Bavispe Bajo, en donde la corriente principal es el río Bavispe, del tipo perene; nace en la Sierra Madre Occidental, cerca de los límites con el Estado de Chihuahua, tiene una longitud de 371 km., y una pendiente promedio de 0.46%, con una dirección preferente dentro del acuífero sureste –noreste; descarga sus aguas en la confluencia de los acuíferos Bavispe, Villa Hidalgo y Batebito, para después cambiar su dirección al sur rumbo a la Presa Lázaro Cárdenas (La Angostura), ubicada en Villa Hidalgo. Sus principales afluentes son el Arroyo Bacadehuachi y los ríos Agua Prieta y Negro (INEGI, 1993). Existen algunos arroyos dentro del acuífero: son La Cañada, que nace en el Ojo de Agua Caliente y es perenne; el Río Bamochi que es intermitente pero es un afluente importante para el Río Bavispe, así como los arroyos La Joya, Babidanchic, Mechapa, Tasahinora y Zorrillo.

Por otro lado, el río con el que el Proyecto La Ventana estará interactuando de manera más directa es el Bacadehuachi, el cual nace dentro de la Sierra de los Ciriales, al Este de la zona para dirigirse en dirección Norte hasta las inmediaciones del poblado Santo Domingo; después

cambia su trayectoria al Suroeste, pasando por la comunidad de Bacadehuachi, hasta el poblado de San Gabriel, para después unirse al cauce del Río Bavispe. Ver Figura IV.16

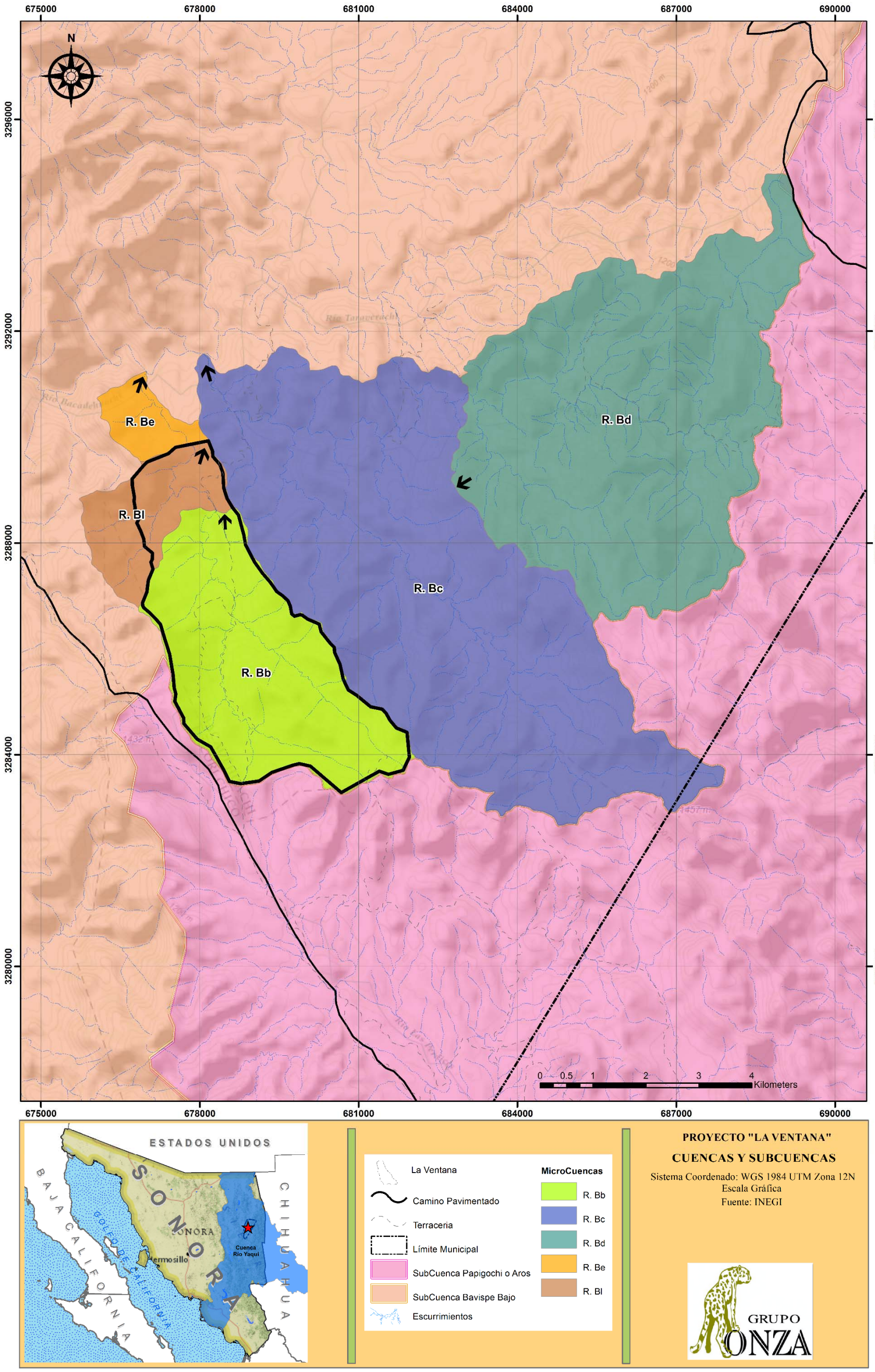


Figura IV.15 Cuencas y Subcuencas.

IV.2.1.8.2 Hidrología de la zona del Proyecto

La corriente superficial más importante en el área es el río Bacadehuachi, que es de tipo intermitente y que tiene sus orígenes en la Sierra Los Ciriales; desde este lugar se dirige hacia el Norte hasta las inmediaciones del poblado Santo Domingo. Continúa su curso al Suroeste, pasando por la población de Bacadehuachi, hasta el poblado San Gabriel, para después unirse al cauce del Río Bavispe, al Suroeste del Proyecto. Existen otras corrientes superficiales importantes en la cuenca, como los ríos Taraverachi, El Coyote, Huérigo y los arroyos Chino Lloroso, Colorado y La Galera.

Al sur del poblado Bacadehuachi existen 2 presas derivadoras: La Galera y Bacadehuachi, utilizadas principalmente para riego agrícola de cultivo como cebada, sorgo, maíz, avena y frijol, por el método de gravedad.

Los arroyos existentes en el área de proyecto preliminar son La Ventana y sus afluentes El Capulín y Las Huatas, los cuales descargan sus escurrimientos en el río Bacadehuachi, afluente del río Bavispe.

Por el lado Oeste del Proyecto se localiza el arroyo el Chino Lloroso y sus afluentes Los Sauces, El Batamote, Piedra de Amolar y el Bavisito, los cuales finalmente descargan sus escurrimientos en el río Bacadehuachi.

Para considerar el impacto de las obras en los escurrimientos superficiales, se delimitaron 5 Micro-cuencas dentro del polígono de la topografía levantada en el Proyecto. En la Figura IV.15 se presenta la delimitación de las subcuencas, así como la dirección de los escurrimientos a la salida de cada una de ellas.

Sin embargo, los resultados del estudio de disponibilidad de la cuenca hidrológica denominada Río Yaqui 1, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2013, indican que existe un volumen disponible de 0.04 millones de m3 a la salida de la cuenca.

Por lo anterior, de requerirse aguas superficiales para la operación de la mina, deberá llevarse a cabo el trámite para la adquisición del volumen disponible a la fecha en las oficinas de la Comisión

Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Noroeste; en caso de que no exista disponibilidad, deberán adquirirse derechos de terceros en la cuenca Río Yaqui 1.

IV.2.1.8.2.1 Arroyo La Ventana

El arroyo La Ventana nace a una altitud de 1,200 msnm., con el nombre de arroyo El Capulín, en el cerro El Capulín, a 580 m., al Suroeste de la comunidad El Sauz. Su curso general es hacia el Noroeste y después de un recorriendo de 5.4 km., hasta la comunidad de La Ventana, recibe por margen derecha al arroyo Las Huatas, en una elevación de 900 msnm. A partir de aquí toma el nombre del arroyo La Ventana y después de recorrer una longitud total de 13 km., confluye al arroyo Bacadehuachi, por su margen izquierda, en una elevación de 618 msnm.

El arroyo Las Huatas nace a una elevación de 1,220 msnm., al Suroeste de la comunidad El Sauz. Su curso general es hacia el Noroeste, desciende rápidamente hasta su confluencia con el arroyo El Capulín, en la comunidad La Ventana, a una elevación de 670 msnm., con una longitud de recorrido de 4.9 km hasta este lugar.

IV.2.1.8.2.2 Presas derivadoras

En el municipio de Bacadehuachi existen 2 presas derivadoras: Bacadehuachi y La Galera, las cuales se localizan al norte del Proyecto y no se encuentran expuestos a afectaciones.

La presa derivadora Bacadehuachi se ubica en las coordenadas geográficas 29°54’13.44” latitud Norte y 109°06’16.87” longitud Oeste, a una altitud de 780 msnm., sobre el arroyo Bacadehuachi, en el municipio de Bacadehuachi, Sonora. Esta presa se destina al riego de 209 hectáreas. La cortina tiene una longitud total de 51.5 m., incluyendo la estructura del desarenador en la margen izquierda y el muro de empotramiento en la ladera rocosa por su margen derecha. Esta obra de infraestructura hidráulica se localiza 20 km., al Norte del área del Proyecto.

La presa derivadora La Galera se ubica en las coordenadas geográficas 29°52’40.80” latitud Norte y 109°09’3.12” longitud Oeste, a una altitud de 760 msnm., sobre el arroyo San Francisco, en el municipio de Bacadehuachi, Sonora. La Cortina vertedora tiene una longitud de 22 m.; la estructura es de concreto ciclópeo, cimacio con perfil Creager de 4 m., de ancho; cuenta con un

tanque amortiguador de 6 m., de ancho. Esta presa de derivación se encuentra ubicada 17 km., al norte del área del Proyecto.

Respecto a los escurrimientos de los arroyos, éstos estarán potencialmente expuestos a la contaminación en el caso de que se lleven a cabo descargas provenientes de la mina.

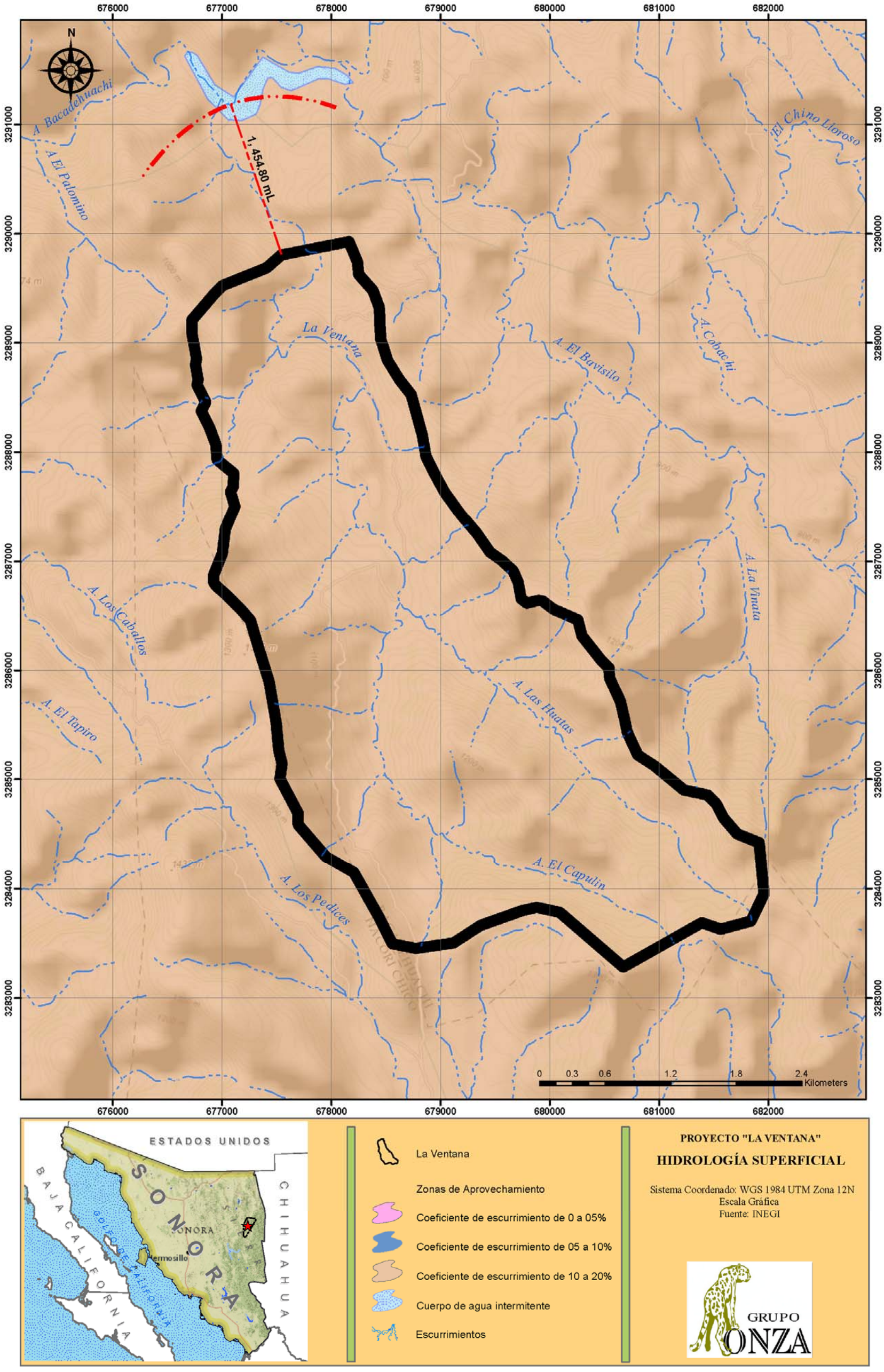


Figura IV.16 Hidrología Superficial.

IV.2.1.8.3 Hidrología subterránea

IV.2.1.8.3.1 Disponibilidad de aguas subterráneas

La Comisión Nacional del Agua dio a conocer en el Diario Oficial de la Federación del 16 de octubre de 2015, el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Bacadehuachi, clave 2654, en el estado de Sonora, región hidrológico-administrativa Noroeste. En este se presenta el método y cálculo de la disponibilidad en el acuífero. Los resultados y el estudio técnico se encuentran disponibles en la página oficial de la Comisión Nacional del Agua en internet.

A continuación, se presenta de manera resumida el estudio técnico y el cálculo de la disponibilidad de agua subterránea.

El acuífero Bacadehuachi (clave 2654), se encuentra ubicado en la Región Hidrológica 9 Sonora Sur, y pertenece a la cuenca hidrológica denominada Río Yaqui 1, de acuerdo con los límites administrativos de la Comisión Nacional del Agua. Este acuífero se localiza en la porción Noreste de Sonora, entre las coordenadas geográficas 29º44’ y 30º07’ de latitud, y 108º55’ y 110º15’ de longitud, cubriendo una superficie de 1,002 km^2. Limita al Norte con los acuíferos Río Bavispe y Villa Hidalgo, al Oeste con Huásabas y al Este y Sur con Nácori Chico, (Figura IV.11) cubriendo parcialmente los municipios Bacadehuachi, Huásabas, Nácori Chico, Granados, Huachineras y Villa Hidalgo

IV.2.1.8.3.2 Balance de aguas subterráneas

La diferencia entre la suma total de las entradas (recarga), y la suma total de las salidas (descarga), representa el volumen de agua perdido o ganado por el almacenamiento del acuífero, en el periodo de tiempo establecido. El balance de aguas subterráneas en una superficie de 110 km^2 que corresponde a la zona donde se localizan los aprovechamientos de agua subterránea.

La ecuación general de balance, de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es la siguiente:

Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de almacenamiento

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas están representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa por el cambio de almacenamiento:

Recarga total - Descarga total = Cambio de almacenamiento

Entradas

De acuerdo con el modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico del acuífero, la recarga total que recibe el acuífero (Rt) ocurre por tres procesos naturales principales: por infiltración de agua de lluvia en el valle, por infiltración de los escurrimientos de los arroyos principales, que en conjunto se consideran como recarga vertical (Rv), y por flujo subterráneo (Eh).

De manera inducida, la infiltración de los excedentes del agua destinada al uso agrícola, que representa la ineficiencia en la aplicación del riego en la parcela y del agua residual de las descargas urbanas, constituyen otra fuente de recarga al acuífero (Ri). Para este caso, dado que no existen poblaciones urbanas importantes y el riego agrícola es incipiente, para fines del balance se considera que no se presenta la recarga por retornos agrícolas.

Recarga vertical (Rv)

Es uno de los términos que mayor incertidumbre implica su cálculo. Debido a que se tiene información para calcular el cambio de almacenamiento (ΔV), así como las entradas y salidas por flujo subterráneo, su valor será despejado de la ecuación de balance definida por la expresión:

$$Rv + Eh + Ri - B - Sh - ETR - Dm = \pm \Delta V(S) \qquad (1)$$

Donde:

Rv: Recarga vertical
Eh: Entradas por flujo horizontal
Ri: Recarga inducida
B: Bombeo
Sh: Salidas por flujo horizontal
ETR: Evapotranspiración real en niveles someros
Dm: Descarga natural
$\Delta V(S)$: Cambio de almacenamiento
De esta manera, despejando la recarga vertical:

$$Rv = B + Sh + ETR \pm \Delta V(S) - Eh \qquad (2)$$

Recarga Inducida (Ri)

En esta variable se incluyen los volúmenes de infiltración de agua que se producen exclusivamente por concepto de los excedentes del riego, tanto de origen subterráneo como superficial, ya que en la región no existen asentamientos humanos importantes, cuya infraestructura hidráulica pueda generar fugas en los sistemas de abastecimiento de agua potable y/o de alcantarillado.

La recarga inducida o retorno de riego del agua de origen subterráneo se determinó en función del volumen que se extrae del acuífero para uso agrícola; de manera general se estimó que un 20% de este volumen retorna al acuífero en forma de recarga inducida. De acuerdo a la hidrometría estimada por SGM (2008), en el acuífero Bacadéhuachi se utilizan 0.6 hm^3/año para uso agrícola, por lo cual se consideró *0.12 hm^3/año* como un volumen representativo de recarga inducida por retornos de riego de agua de origen subterráneo.

En la zona del acuífero Bacadéhuachi parte del riego agrícola se lleva a cabo con agua superficial del río Bacadéhuachi y del arroyo La Galera, esto por medio de obras de derivación a través de una serie de canales. En el caso de la Derivadora Bacadéhuachi (o La Haciendita) se utilizan 0.2 hm^3/año, mientras que en la Derivadora La Galera se emplean 0.1 hm^3/año, resultando un total de

0.3 hm^3/año, del cual se consideró que un 25% retorna al acuífero en forma de recarga inducida,

es decir *0.08 hm^3/año***.** Al sumar ambos volúmenes que ingresan al acuífero en forma de recarga inducida se establece un valor total de *0.2 hm^3/año.*

Material Consolidado con Posibilidades Bajas.

A esta unidad la representan rocas ígneas y sedimentarias, que por sus características primarias de formación y permeabilidad secundaria quedan limitadas de contener agua. Entre las rocas ígneas se tienen granito, granodiorita, tonalita, toba, riolita, andesita y basalto. Sus características de origen y permeabilidad las imposibilitan para tener agua.

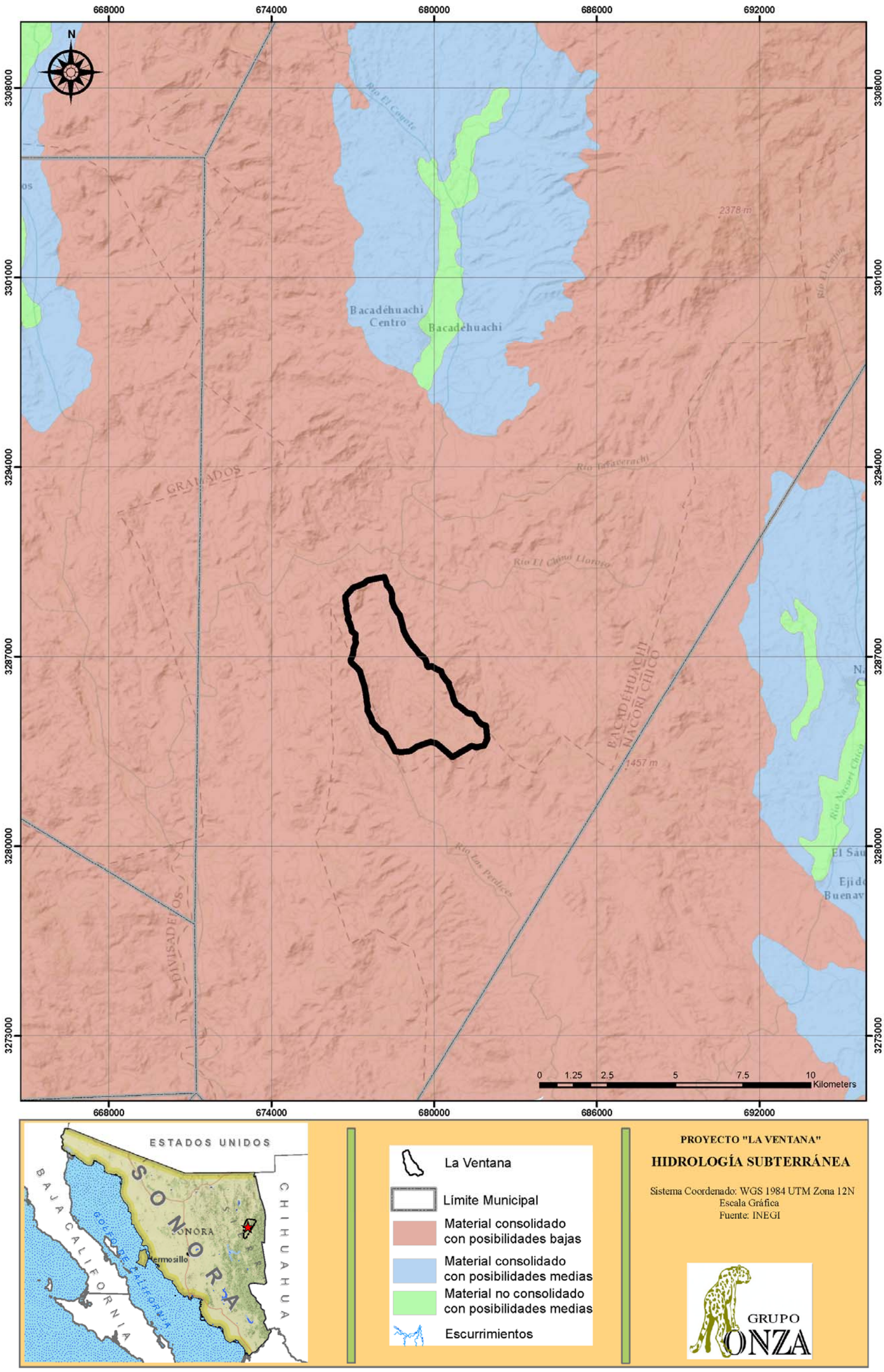


Figura IV.17 Hidrología Subterránea.

IV.2.1.8.3.3 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad de aguas subterráneas, se aplicó el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, que indica la Metodología para calcular la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas menciona que la disponibilidad se determina por medio de la expresión siguiente:

$$DAS = R – DNCOM - VCAS$$

Donde:

DAS: Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica
R: Recarga total media anual
DNCOM: Descarga Natural Comprometida
VCAS: Volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el REPDA

Recarga total media anual (R). La recarga total media anual que recibe el acuífero (Rt), corresponde con la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero. Para el acuífero Bacadéhuachi la recarga total media anual es de 10.7 millones de metros cúbicos anuales.

Descarga natural comprometida (DNCOM). La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes, sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero. Para el caso del acuífero Bacadéhuachi se consideró sólo el volumen de agua que emana de los manantiales, correspondiendo a 0.7 millones de metros cúbicos anuales.

Cabe mencionar que las salidas horizontales del acuífero no fueron consideradas como descarga comprometida debido a que se calcularon a una distancia aproximada de 25 km respecto de su límite con el acuífero Nácori Chico y no existe infraestructura hidráulica para su aprovechamiento aguas abajo.

Volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS). El volumen anual de la extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, con fecha de corte al 30 de junio de 2014, es de 0.069730 millones de metros cúbicos anuales.

Disponibilidad de aguas subterráneas (DAS). La disponibilidad de aguas subterráneas, constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA, resulta:

$$DAS = Rt – DNCOM - VCAS \ (3)$$

$$9.930270 = 10.7 – 0.7 – 0.069730$$

La cifra indica que existe un volumen adicional de 9.930270 millones de metros cúbicos anuales para otorgar nuevas concesiones.

Cabe aclarar que el cálculo de la recarga media anual que recibe el acuífero y por lo tanto, la disponibilidad, se refiere a la porción del acuífero granular en que existen aprovechamientos de agua subterránea e información hidrogeológica para su evaluación. No se descarta la posibilidad de que el valor sea mayor; sin embargo, debido a la falta de información no es posible incluir en este balance los volúmenes de agua que circulan a mayores profundidades que las que actualmente se encuentran en explotación, ni en las rocas fracturadas que subyacen a los depósitos granulares. Conforme se genere mayor y mejor información, especialmente la que se refiere a la piezometría y pruebas de bombeo, se podrá hacer una evaluación posterior.

IV.2.1.8.4 Situación regulatoria, planes y programas de los recursos hídricos

Actualmente, en la extensión del acuífero Bacadéhuachi, clave 2654, en el Estado de Sonora, se encuentra vigente el siguiente instrumento jurídico:

"ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas nacionales del subsuelo en los 96 acuíferos que se indican", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril de 2013, a través del cual en el acuífero Bacadéhuachi, clave 2654, se prohíbe la perforación de pozos, la construcción de obras de

infraestructura y la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, así como el incremento de volúmenes de extracción autorizados o registrados, sin contar con concesión, asignación o autorización de la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo.

IV.2.1.8.5 Calidad del agua superficial y subterránea de la zona

Como parte del presente estudio para conocer las condiciones ambientales bases en la zona donde se pretende desarrollar el Proyecto La Ventana se realizaron muestreos de aguas superficiales en seis sitios donde se encontró agua corriendo y tres sitios de aguas subterránea de los cuales uno es un pozo y los dos restantes son ojos de agua nacientes de la roca. La ubicación de estos sitios se muestra en la Tabla IV.7.

Tabla IV.7Sitios de Muestreo de Aguas

Número	Muestra	UTM X	UTM Y
1	ASUP-01	678306	3291507
2[1]	ASUP-02	677086	3291185
3	ASUP-03	677392	3288799
4	ASUP-04	676426	3291502
5[1]	ASUP-05	678568	3290565
6	ASUP-06	681202	3284342
7	ASUB-01	678560	3286358
8	ASUB-02	678025	3284997
9	ASUB-03	678223	3287376

Los sitios en donde se realiza el seguimiento de la calidad del agua superficial no fueron sitios elegidos al azar. Dadas las características del cuerpo de agua que se tiene presente en la zona (Río Bacadehuachi) y las características de los alcances y zonas de influencia del Proyecto La Ventana se optaron por elegir 6 sitios de muestreo, de los cuales únicamente se logró el muestreo de 4 sitios (ASup-01, ASup-03, ASup-04, ASup-06) debido

[1] Estos sitios aun que se consideran para el reporte en este muestreo dado que las condiciones del tiempo y la estación resultaron en contra y no se pudieron tomar las muestras para efectos de este reporte. Se considerara la caracterización de estos sitios en otro momento más adecuado.

a que los sitios (ASup-02 y ASup-05) ambos escorrentías, no contaban con flujo constante o que fuera lo suficientemente adecuado para tomar una muestra que sea representativa del sitio. Por lo anterior, se optó por desistir de la intención y posponer para la temporada de lluvias el muestreo de dichos puntos.

Con este arreglo de distribución de los sitios de control y muestreo de las aguas superficiales se tiene la confianza en el programa de monitoreo establecido en donde se pretende analizar la calidad del agua superficial antes de que entre en contacto con la zona de influencia, y a su vez analizarla nuevamente a medida que se desplaza por la zona y de igual manera en el momento en el que deja de tener relación con el Proyecto. De esta manera sabremos con certeza si existe alguna aportación de contaminantes o descargas no contraladas al cuerpo de agua receptor (Río Bacadehuachi).

Los parámetros considerados para el análisis de la calidad del agua presente en la zona del proyecto se muestran en la tabla IV.8

Tabla IV.8 Parámetros de comparación.

Número	Parámetro	Descripción
1	Conductividad	El agua es una solución de diversas sales disueltas que están en forma ionizada; es decir, iones positivos y negativos. Estos iones son los responsables de que el agua pueda conducir la electricidad.
2	pH	El pH define actividad de iones y no su concentración en donde la escala ácida va de 0 a 7 y la escala alcalina va de 7 a 14
3	Temperatura	Está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema.
4	Color verdadero	Es el color adquirido por el agua a causa de la presencia de materiales solubles dentro del agua.
5	Turbiedad,	Mide el nivel de opacidad de agua, que se manifiesta porque la luz no pasa a través del agua porque existen partículas suspendidas orgánicas o inorgánicas.
6	Cloruros (Cl)	Los Cloruros no presentan capacidades de reactividad como el Cloro, tampoco es oxidante y es consumido como nutriente (Sal de mesa).
7	Dureza Total (CaCo3)	Esta referida a la cantidad de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) contenido en forma soluble dentro de una muestra de agua.
8	Sulfatos (SO4)	Es un anión formado por Azufre y Oxígeno, de concentración variable y su origen en aguas subterráneas se debe a la solubilidad que presentan algunas sales comunes en yacimientos.

9	Nitritos (N)	Es un anión derivado del Nitrógeno que se forma por reacciones químicas o microbiológicas a partir del Nitrato. Es una de las formas toxicas del Nitrógeno en aguas.
10	Nitratos (N)	Formado por Nitrógeno y Oxígeno genera sales solubles en agua con casi cualquier catión. El origen del nitrato en aguas se considera antropogénico ya que muy poco Nitrato llega al agua de forma natural.
11	Sodio (Na)	Al igual que otros metales alcalinos, el sodio es un metal blando, ligero y de color plateado que no se encuentra libre en la naturaleza. El sodio flota en el agua descomponiéndola, desprendiendo hidrógeno y formando un hidróxido. En las condiciones apropiadas reacciona espontáneamente en el agua
12	Arsénico (As)	Este parámetro está considerado como un toxico plenamente identificado, se le encuentra en rocas y minerales en forma común y poco solubles en agua.
13	Aluminio (Al)	Es sumamente abundante en la naturaleza estando presente en la mayoría de las rocas, su distribución natural lo hace presente en casi cualquier fuente de agua subterránea o superficial.
14	Cobre (Cu)	En la naturaleza el cobre es un elemento relativamente abundante presente en la naturaleza comúnmente como Sulfuros.
15	Cromo Total (Cr)	En la naturaleza no encontramos la forma hexavalente que es la más toxica. Por lo tanto la presencia de cromo hexavalente sugiere alguna descarga de tipo industrial.
16	Cadmio (Cd)	No es un elemento que se encuentre en cantidades apreciables en la naturaleza y su mineral más común es el Sulfuro de donde se derivan la mayor parte de los compuestos químicos industriales.
17	Zinc (Zn)	No es común encontrar fuentes de abastecimiento conteniendo valores elevados ya que las formas insolubles del Zinc en la naturaleza son las más comunes.
18	Cianuro Total (CN)	Este paramento contempla todas las formas de cianuros que estén presentes en la muestra dado que el cianuro como tal no representa un riesgo toxico si se refiere a compuestos insolubles. La toxicidad del cianuro se aplica a los compuestos solubles o en condiciones ácidas liberan gas conocido como Ácido Cianhídrico que es el que representa la alta toxicidad.
19	Fluoruros (F)	Son muy reactivos y tratan de formar compuestos estables y, por lo tanto, no los encontramos en la naturaleza en forma de elementos, sólo en forma de Iones de compuestos químicos. Algunos Fluoruros son solubles en agua; sin embargo, en la naturaleza encontramos algunos minerales no solubles como el CaF2. Los Fluoruros son compuestos relativamente abundantes en la naturaleza y por lo tanto no es extraño encontrarlos en aguas subterráneas.
20	Hierro (Fe)	El fierro se puede encontrar en cualquiera de sus dos formas más comunes: Férrico y Ferroso, siendo la forma férrica la más usual y responsable del color café-rojizo del agua.

21	Manganeso (Mn)	Se encuentra como elemento libre en la naturaleza, a menudo en combinación con el hierro y en muchos minerales. Como elemento libre, el manganeso es un metal con aleación de metales industriales con importantes usos, sobre todo en los aceros inoxidables.
22	Mercurio (Hg)	Este elemento es de los considerados altamente tóxicos para el ser humano y a la ecología. Es raro localizar este elemento de forma natural; la presencia de este parámetro en la muestra se puede derivar de una descarga no supervisada.
23	Nitrógeno Amoniacal (N)	Es muy reactivo; genera un pH muy elevado al disolverse en el agua. La descomposición de la materia orgánica nitrogenada produce Nitrógeno Amoniacal, fácilmente apreciable en lagunas de oxidación
24	Bario (Ba)	Este elemento está ampliamente presente en la naturaleza en diferentes formas, tanto en el suelo como en el agua y alimentos vegetales. Su naturaleza tóxica lo identifica como un elemento de cuidado al medio ambiente; sin embargo, no es común encontrarlo en su forma elemental en la naturaleza por la reactividad que representa.
25	Plomo (Pb)	En la naturaleza encontramos al Plomo disponible; sin embargo, la mayor parte del Plomo en el ambiente es generado por la actividad humana.
26	Fenoles Totales	Se indican como Fenoles o compuestos Fenólicos ya que se trata de un grupo de compuestos químicos característicos y no de un solo compuesto. En aguas naturales puede ser producido por algún micro y/o macro organismo vegetal (algas).
27	Sustancia Activa al Azul de Metileno (P.M. SAL=340)	Esta prueba se denomina de manera genérica pues no está referida a un compuesto químico en particular, sino a un grupo de compuestos químicos con características semejantes. En términos generales se dice que esta prueba se aplica para determinar la presencia de detergentes en las muestras de agua.
28	Coliformes Totales	Es el término que agrupa a todas las bacterias que comúnmente habitan (no en todos) en los tractos digestivos de animales de sangre caliente. Tomando en cuenta que no todos los Coliformes son originarios del tracto digestivo, existe una incertidumbre del origen y por esta razón son denominados como Coliformes Totales.
29	Coliformes Fecales	Son por definición, flora normal de los tractos digestivos de animales y el hombre. Podemos hacer las mismas consideraciones indicadas para Coliformes totales adicionando la especificidad de su origen y de crecimiento a 44.5°C.

Estos parámetros fueron considerados según la normatividad ambiental aplicable para la calidad del agua en función de su potabilización para consumo humano y de igual manera para su calidad para ser descargado en bienes nacionales tal y como lo enuncian las normas oficiales mexicanas.

NOM-001-SEMARNAT-1996 “Límite máximo permisible de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-127-SSA1-1994 “Límites permisibles de calidad para su potabilización. Consumo humano.

IV.2.1.8.5.1 Resultado de Muestreo de Aguas

Tabla IV.9 Resultado de Muestreo de Aguas.									
PARAMETROS EN MUESTRA		ASub-01	ASub-02	ASub-03	ASup-01	ASup-03	Asup-04	ASup-06	Límite Permisible
Aluminio (Al)*	mg/L	L.C	**0.310**	**0.531**	L.C	L.C	L.C	0.138	0.2
Arsénico (As)	mg/L	0.008	0.043	0.02	0.008	0.006	0.008	L.C	0.05
Bario (Ba)	mg/L	L.C	L.C	0.057	0.051	L.C	0.059	L.C	0.7
Cadmio (Cd)	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	0.005
Cianuro Total (CN)	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	0.07
Cloruros (CL)	mg/L	7	<C.M.C	<C.M.C	<C.M.C	6	<C.M.C	5	250
Cobre (Cu)	mg/L	L.C	L.C	L.C	0.094	L.C	L.C	L.C	2
Coliformes Fecales*	NMP/100mL	0	**1600**	**33**	**49**	0	**7.8**	**6.8**	0
Coliformes Totales*	NMP/100mL	**920**	**1600**	**1600**	**49**	**220**	**1600**	**1600**	2
pH	Unidad	8.09	8.42	8.36	8.42	8.32	7.01	8.03	>6.5 <8.5
Color Verdadero	Unidades de pt-Co	8	0	2.5	8	18	2.5	5	20
Cromo (Cr)	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	0.05
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	380	54	198	176	348	198	432	500
Fenoles Totales	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	0.001
Fluoruros (F)	mg/L	L.C	L.C	L.C	0.6	L.C	0.6	L.C	1.5
Hierro (Fe)*	mg/L	L.C	0.157	**0.815**	L.C	L.C	L.C	L.C	0.3
Manganeso (Mn)*	mg/L	L.C	0.119	**0.223**	L.C	L.C	L.C	L.C	0.15
Mercurio (Hg)	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	0.001
Nitratos (N)	mg/L	1.1	0.3	0.3	L.C	L.C	0.2	1.2	10
Nitritos (N)	mg/L	L.C	L.C	L.C	0.006	L.C	L.C	0.013	0.05
Nitrógeno Amoniacal (N)	mg/L	L.C	L.C	0.1	L.C	L.C	0.04	L.C	0.5
Plomo (Pb)	mg/L	0.011	0.01	0.013	0	0.012	0.011	0.01	0.025
Sodio (Na)*	mg/L	**50**	**76.3**	**54.3**	**60.4**	**103**	**59.4**	**25.6**	0.5
Sulfatos (SO4)	mg/L	12	0	3	142	24	144	9	200
Sustancia Activa al Azul de Metileno (P.M. SAL=340)	mg/L	L.C	L.C	0.03	L.C	L.C	L.C	L.C	400
Turbiedad	UNT	L.C	1.1	10	0.55	L.C	0.75	10	5
Zinc (Zn)	mg/L	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	L.C	5

IV.2.1.8.5.2 Interpretación de los resultados

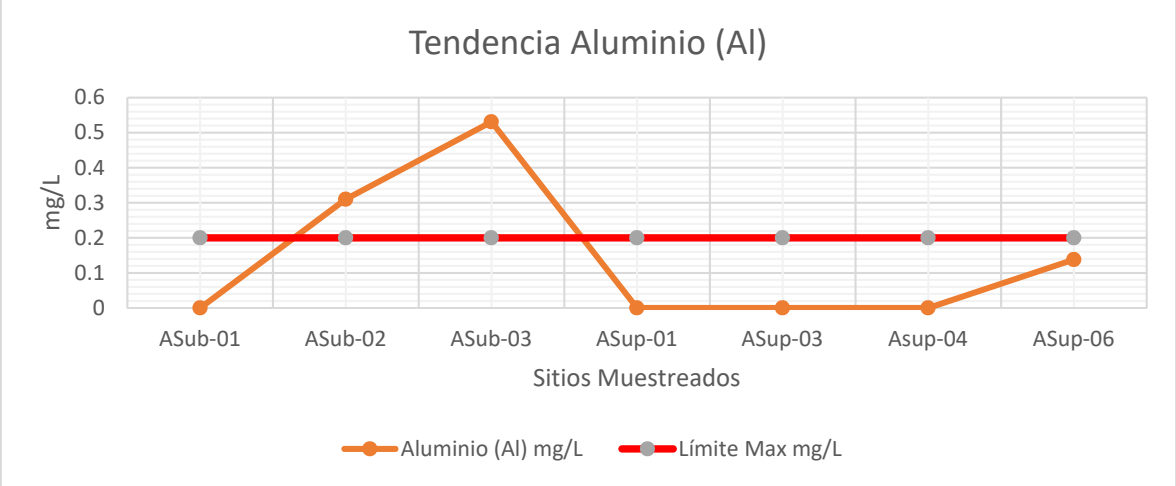
Aluminio

El Aluminio se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente y ha sido conocido por mucho tiempo como un tóxico para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Recientemente, la atención se ha enfocado en el factor tóxico en fenómenos de acidificación del agua como un factor patógeno en enfermedades humanas, por ejemplo el Alzheimer.

El aluminio es el tercer elemento más abundante presente en la corteza terrestre y el metal más abundante. Aunque es un constituyente de todos los suelos, plantas y animales, es también persistente en la naturaleza en su forma elemental. En la litosfera, nunca se encuentra como metal puro, pero bastante en la combinación con oxígeno y silicio como minerales aluminio-silicato complejo e insoluble, los cuales son abundantes en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

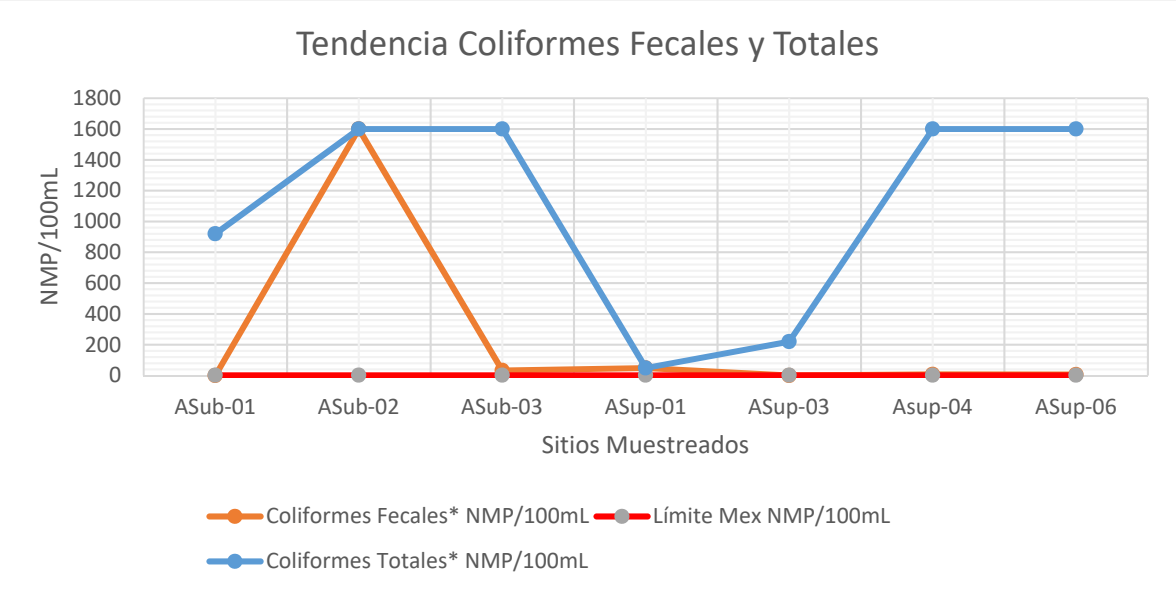
Como resultado de procesos de desgaste natural, el aluminio se encuentra en los suelos bajo forma de mineral secundario estable como arcillas o silicatos de aluminio impuros, hidróxido de aluminio, etc.

Dado que el aluminio es tan abundante y ampliamente distribuido, la mayoría de las aguas lo tienen ampliamente distribuido, la mayoría de las aguas tienen amplia oportunidad para disolverlo, sin embargo, debido a la insolubilidad de los materiales padres, la concentración de aluminio disuelto en aguas naturales es normalmente < 1mg/L. En este caso se considera que el límite máximo permisible es de 0.2 mg/L dada la premisa de utilizar esta calidad para el consumo de agua y dado que los niveles de dos de los sitios representan valores que sobrepasan los límites, ASup-02 con 0.310mg/L y ASup-03 con 0.531mg/L podemos determinar que las concentraciones para estos sitios son representativas de la zona y son consecuente de factores meramente ambientales.



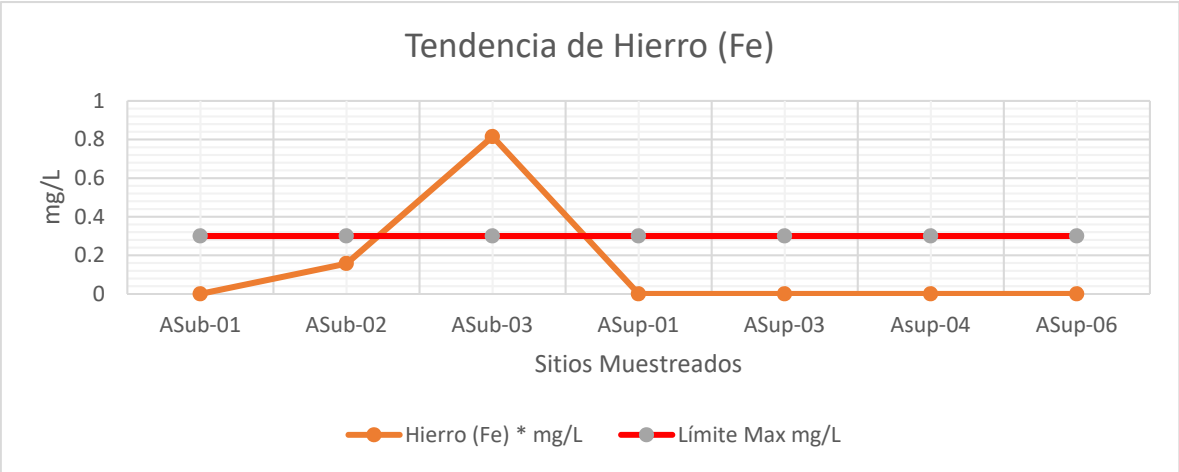
Coliformes Fecales y Totales

Existe una contaminación bacteriológica por organismos Coliformes fecales en el acuífero que contiene al Proyecto La Ventana ya que en la campaña de muestreo realizada en Febrero 2016 se detectó en todas y cada una de las muestras subterráneas y superficiales la presencia de estas bacterias el número más probable de Coliformes fluctuó en <1600 NMP, siendo que los valores máximos considerados para estos parámetros son de 0 y 2 respectivamente, todos los sitios en algún momento presentaron valores mayores a los especificados por la Norma. Es en parte debido a que durante muchos años la ganadería ha formado parte de la cultura y de la economía de la zona y representa un gran impacto benéfico para la sociedad y es por esto que la introducción de la ganadería está muy bien arraigada; derivado de esta actividad, la contaminación por bacterias de Coliformes se ha venido incrementando y se ha venido concentrando cada día más.



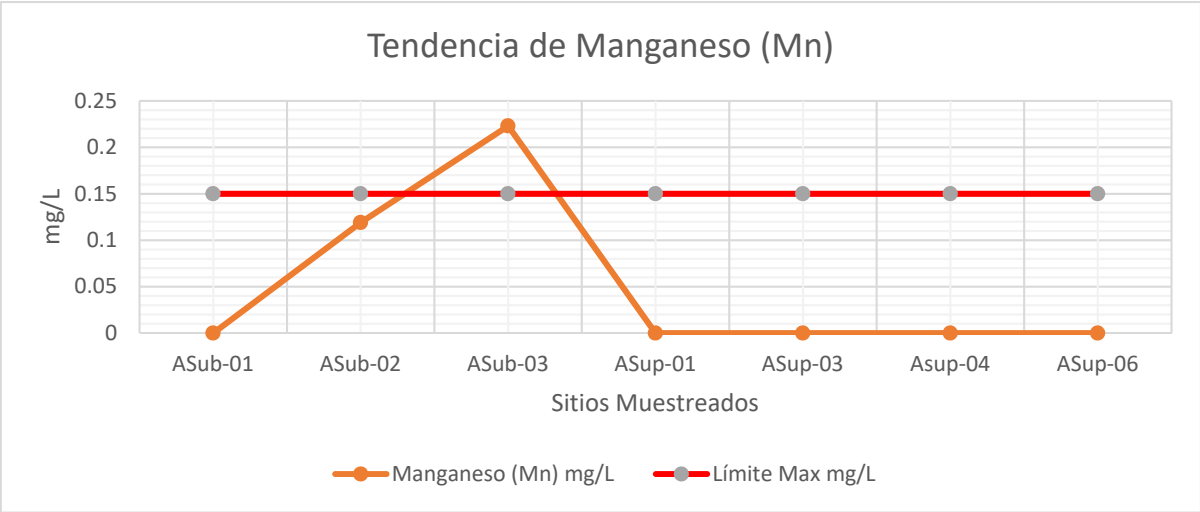
Hierro

El Hierro se encuentra presente de manera natural dentro de los acuíferos pero los niveles en aguas subterráneas pueden aumentar por disolución de rocas ferrosas. El Hierro que es disuelto en las aguas subterráneas se reduce y hace que sea aún más soluble en el agua; normalmente no causa ningún problema por sí mismo este parámetro ya que se presentó en valores apenas por encima de los que establece la Norma con valores de 0.815 en ASub-03



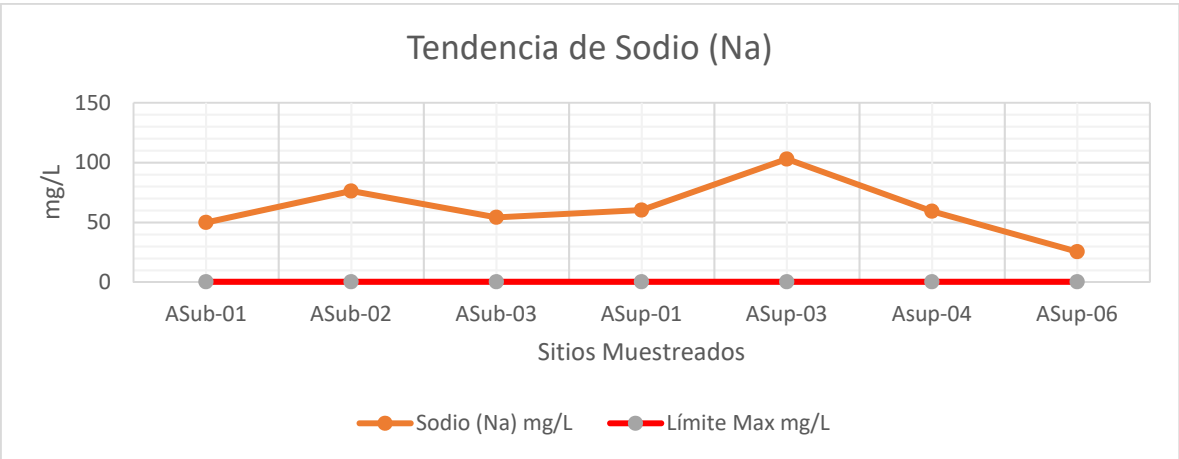
Manganeso

Un gran número de minerales contienen manganeso; de hecho, casi siempre, si la concentración de hierro es alta, también lo será la concentración de manganeso, ya que ambos metales provienen de la disolución por contacto del agua con yacimientos minerales que contienen estos dos elementos, que se presentan en forma conjunta en la zona geológica de donde proviene el agua. El problema de estos metales radica en que los dos están inicialmente disueltos, pero una vez que el agua es extraída del pozo o del acuífero (Asub-03) se pone en contacto con el oxígeno y estos tienden a iniciar un proceso de oxidación, formando precipitados de hidróxido de manganeso Mn $(OH)_3$ que en grandes cantidades puede ser altamente tóxico para los humanos, teniendo efectos perjudiciales en tracto respiratorio y cerebro; sin embargo, para la fauna silvestre las dosis letales son muy bajas, lo que significa que tienen pocas posibilidades de sobrevivencia. Concentraciones altas de manganeso en suelo pueden causar en la flora, inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas.



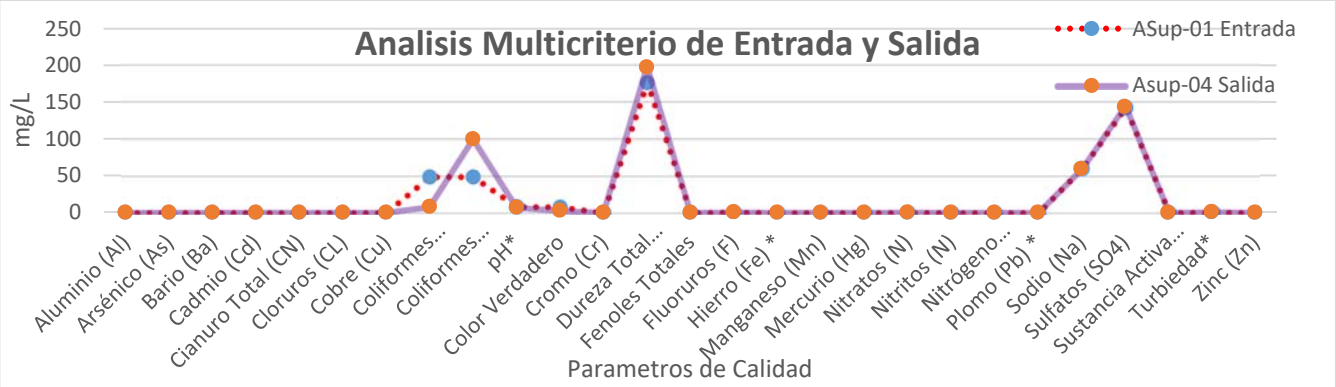
Sodio

La presencia de este parámetro está relacionada con la disolución de los estratos minerales por las aguas y procesos de lixiviación de rocas de distintas composiciones. El sodio es el elemento más abundante de los elementos alcalinos, hallándose sus compuestos extensamente distribuidos en la naturaleza; siendo esto así, la presencia de sodio no es perjudicial para la salud a menos que alcance concentraciones muy elevadas. Siendo este el caso, tenemos que los resultados arrojados por los muestreos determinan la presencia de valores relativamente elevados en concentración fluctuando las lecturas de 25.6 g/L (ASup-06) hasta 103mg/L (ASup-03) considerando la posibilidad de una contaminación natural de la zona que pudiera presentarse de manera cíclica o muy puntual por el tiempo y la forma de ejecución del muestreo.



Conforme se avanza en la caracterización de la zona y con la implementación de nuevos muestreos durante las diferentes estaciones, podremos determinar la presencia de este parámetro en la zona y la relación que tiene con el Proyecto.

IV.2.1.8.5.3 *Análisis Multicriterio de entrada y salida*



Los resultados que arrojaron los muestreos en los sitios denominados como ENTRADA (ASup-01) y SALIDA (ASup-04) demostraron una gran similitud en los parámetros seleccionados para la caracterización de la calidad del sistema hídrico del Proyecto La Ventana, en donde se puede apreciar que tanto los valores de Coliformes Fecales y Totales, así como los de Dureza Total ($CaCO_3$) y Sodio (Na), se representan con resultados similares, así como los valores que si bien no exceden los límites máximos permisibles presentan similitudes; por ejemplo, Arsénico (As) presenta valores de 0.008 y 0.008 mg/L y Bario (Ba) 0.051 y 0.059 respectivamente.

Con esto podemos determinar que en la etapa en la que se encuentra el Proyecto La Ventana no existen alteraciones asociadas a la implementación del proyecto y presenta una estabilidad y equilibrio natural dentro de todo el sistema hídrico.

Figura IV.18 Muestreo de Agua Subterránea en pozo ASub-01.

Figura IV.19 Toma de Muestra en ASup-06

IV.2.2 Aspectos bióticos

IV.2.2.1 Caracterización y análisis del sistema ambiental

Una vez delimitados tanto el sistema ambiental como el área de estudio del Proyecto, se llevó a cabo la caracterización y análisis de los componentes que integran el entorno natural en el que se desarrollará el Proyecto La Ventana para lo cual, a continuación, se presentan los aspectos bióticos que influyen en la estructura y función del sistema ambiental y área de estudio del Proyecto.

Cabe resaltar que cerca de la ubicación en la que se llevará a cabo el Proyecto La Ventana, se encuentran tres áreas de conservación para biodiversidad: una de carácter federal que es un Área de protección de flora y fauna llamada Sierra de Ajos Bavispe, ubicada a 50 km., aproximadamente al Noroeste; y dos áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA’s), que si bien no están decretadas federalmente, son de gran importancia para las aves de la región: el AICA Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental, ubicada aproximadamente a 16 km., al Noroeste, y el AICA Baserac Sierra Tabaco Rio Bavispe, ubicada aproximadamente a 22 km., en dirección Este.

IV.2.2.2 Vegetación

El apartado de flora y vegetación fue realizado considerando los términos de referencia establecidos en la guía para elaborar la manifestación de impacto ambiental modalidad particular para proyectos mineros. Se analizaron las características biológicas de la vegetación y flora, tendientes a evaluar las condiciones actuales de la composición, abundancia, dominancia y distribución de las comunidades vegetales, presentes en el área de estudio, a nivel de polígono y obras mineras. Estas referencias permiten obtener la información necesaria para evaluar el grado de impacto que se provocará en el área debido a las actividades futuras del Proyecto La Ventana.

Los tipos de vegetación presentes en el área de estudio fueron identificados con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, como son la clasificación de varios autores en los que se incluyen: Rzedowski (1966, 1978, 1981), Rzedowski, J. y Reyna Trujillo (1990), COTECOCA (1974), Brown (1982) y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática “Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000 Serie III de INEGI (INEGI, 1985).

El análisis de la vegetación identificada en el predio se basó y fundamentó de acuerdo a la Guía para la Interpretación de Cartografía Uso de Suelo y Vegetación, Serie III del INEGI, donde se presentan los tipos de vegetación de Matorral Subtropical (MST), Pastizal Natural (PN) y Bosque de Encino (BE); sin embargo, el arreglo de la flora obtenida en sitio, revela que la región presenta mayor influencia del Pastizal Natural, como se destaca más adelante.

Para el área del Proyecto y apoyado en los muestreos representativos en campo, especies en estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Las especies que pueden considerarse de relevancia ecológica son aquellas especies longevas de lento crecimiento, como las cactáceas. De manera comercial, localmente se señala al mezquite (Prosopis glandulosa) de aprovechamiento local y a los pastos en el uso de agostadero extensivo.

Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representado en esta región, así como su porcentaje de superficie son:

Pastizal natural	Comunidad de gramíneas que se establece naturalmente por 34% efectos del clima, tipo de suelo y biota en general.
Bosque de encino	. Suelen estar en climas 25% templados y en altitudes mayores a los 800 m.
Matorral subtropical	Vegetación de zonas de transición de selvas bajas caducifolias y 13% matorral árido, en zonas más bajas de los 800 m.
Bosque bajo-abierto	Bosque con árboles bajos y frecuentes claros generalmente 8% grandes. Se localiza entre pastizales y bosques de encino.
Otros	

IV.2.2.2.1 Tipos de Vegetación

Bosque de Galerías

Con el nombre de bosque de galerías se conocen las agrupaciones arbóreas que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes. Desde el punto de vista fisonómico y estructural, se trata de un conjunto muy heterogéneo, pues su altura varía de 4 a más de 40 m., y comprende árboles de hoja perenne, decidua o parcialmente decidua. Puede incluir numerosas

trepadoras y epifitas o carecer por completo de ellas y si bien a veces forma una gran espesura, a menudo está constituido por árboles muy espaciados e irregularmente distribuidos. En la mayor parte de los casos, estos bosques han sufrido intensas modificaciones debido a la acción del hombre, incluyendo la introducción y plantación de especies exóticas. En México estos bosques se presentan en altitudes de 0 a 2 800 m., y las especies dominantes más características pertenecen a los géneros: *Platanus*, *Astianthus, Acer, Populus, Ficus, Alnus, Salix, Bambusa, Carya, Taxodium, Inga, Fraxinus* y *Pachira.*

Platanus, *Populus, Salix,* y *Taxodium* tienen tolerancias ecológicas muy vastas y están ampliamente distribuidos, aunque no se ha visto *Taxodium* en altitudes superiores a 2,500 m., mientras que *Platanus* y *Populus* tienen una repartición algo irregular, faltando en muchas partes del país. Este último género es quizá de los más típicos en las zonas áridas y semiáridas del norte de México.

Astianthus, Ficus, Bambusa, Inga y *Pachira* son árboles más bien restringidos a condiciones de temperaturas elevadas. De éstos, *Ficus* es el género más extendido; *Inga*, *Bambusa* y *Pachira* prefieren francamente un clima húmedo. En cambio, *Astianthus* existe en regiones de larga temporada de sequía, donde las corrientes llegan a secarse durante varios meses.

Hacer, Alnus Carya y *Fraxinus* son plantas propias de clima más fresco, siendo las especies de *Alnus* las más extendidas y frecuentes, mientras que las de los demás géneros son más esporádicas.

Además de los citados, muchos otros árboles pueden formar parte de los bosques en galería, como, por ejemplo: *Celtis, Chilopsis, Cornus, Cupressus, Juglans, Prosopis, Prunus, Quercus, Tamarix* y *Viburnum,* siendo *Bucida, Cedrela, Chlorophora, Coccoloba, Enterolobium, Guazuma, Hasseltia, Lonchocarpus, Piscidia, Pithecellobium, Pouteria, Tabebuia* y *Trophis,* propios de regiones cálidas y más o menos húmedas, mientras que en los primeros ejemplos se agrupan más bien plantas características de clima templado y de clima seco.

Diversos arbustos pueden participar en estas comunidades y, a menudo en ausencia de árboles, asumen el papel de dominantes, formando matorrales que pueden ser densos o espaciados. Generalmente miden de 1 a 2 m., de alto y son perennifolios. Algunos de los géneros más frecuentemente encontrados son: *Acacia*, *Aeschynomene*, *Baccharis*, *Brickellia*, *Cephalanthus*,

Dalbergia, *Heimia*, *Hibiscus*, *Hydrolea*, *Hymenoclea*, *Lindenia*, *Mimosa*, *Piper*, *Pluchea*, *Salix*, *Solnum* y *Vallesia*.

En la zona de estudio, este tipo de vegetación se distribuye a lo largo de la cañada y en los márgenes del arroyo, resguardada por la sombra orográfica y formando un dosel arbóreo y umbrío compuesto por *Platanus wrightii*, *Salix bonplandiana*, *Populus fremontii*, *Celtis reticulata*, hacia las partes bajas del área de estudio, mientras que hacia las partes más altas las especies más comunes suelen ser *Juniperus deppeana*, *Sabal uresana*, *Quercus arizonica* y *Cupressus lusitanica*; algunas formas arbustivas sobresalientes son *Baccharis glutinosa*, *Ricinus communis*, *Vallesia glabra*, *Nicotiana glauca*, *Arundo donax* e *Hymenoclea monogyra*, mientras que las especies herbáceas suelen ser abundantes y destacan entre ellas *Cynodon dactylon*, *Aster subulatus*, *Egletes viscosa*, *Amaranthus palmeri*, *Nicotiana plumbaginifolia*, *Physalis acutifolia*, *Portulaca oleracea*. Algunas formas trepadoras comunes son *Funastrum pannosum*, *Antigonon leptopus, Ipomoea purpurea* y *Momordica charantia*.

Figura IV.20 Vista parcial del Bosque de galería.

Bosque Espinoso

Cabe acomodar en este tipo de vegetación a una serie un tanto heterogénea de comunidades vegetales que tienen en común la característica de ser bosques bajos y cuyos componentes, al menos en gran proporción, son árboles espinosos. Se desarrolla a menudo en lugares con clima más seco que el correspondiente al bosque tropical caducifolio pero, a la vez, más húmedo que el propio de los matorrales xerófilos; no obstante, muchas veces se presenta también en las mismas regiones en que se desarrolla el primer tipo de vegetación mencionado pero ocupando los suelos profundos, mientras que el bosque tropical caducifolio se restringe a laderas de cerros u otros sitios con suelos someros.

Este tipo de vegetación no está limitado en su distribución a la "tierra caliente", sino que también existe en la Altiplanicie, en altitudes a veces superiores a 2,000 m., donde todos los años hay heladas y el clima es semiseco o en ocasiones francamente seco pero entonces, en general, se ha visto que existe agua freática disponible para las raíces de los árboles.

De tal manera delimitada, esta formación incluye la "selva baja espinosa perennifolia", así como la "selva baja espinosa caducifolia", y también una parte de la "selva baja subperennifolia" de la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963). Abarca también el "mezquital extradesértico" además del "bosque espinoso" de Rzedowski (1966) y parte del "mesquite-grassland", así como del "thorn forest" de Leopold (1950); asimismo, incluye el "open scrub forest" de Leavenworth (1946).

Un problema particularmente agudo que se presenta en el caso de las comunidades vegetales que aquí se agrupan, es el hecho de que éstas a menudo no están bien delimitadas, pues pasan en forma paulatina a otros tipos de vegetación, como el bosque tropical caducifolio, el matorral xerófilo y el pastizal.

El bosque espinoso ocupa una gran extensión continua en la Planicie Costera Noroccidental, desde Sonora hasta la parte meridional de Sinaloa, y continúa a lo largo de la costa pacífica en forma de manchones aislados hasta la Depresión del Balsas y el Istmo de Tehuantepec. Del lado del Golfo de México ocupa amplias superficies de la Planicie Costera Nororiental, incluyendo partes de San Luis Potosí y del extremo septentrional de Veracruz.

En la Altiplanicie se presenta en forma de una ancha faja en la región conocida como "Bajío", que ocupa gran parte de Guanajuato, así como áreas adyacentes de Michoacán y de Querétaro. Muchos manchones aislados existen más hacia el norte, en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y Chihuahua. En Chiapas y en la Península de Yucatán también su distribución es discontinua y más o menos esporádica. El bosque espinoso en muchas áreas es difícil de cartografiar a escala pequeña, pues se presenta en forma de mosaico con otros tipos de vegetación. La superficie total que ocupa es de aproximadamente 5% de la superficie de la República.

Los límites altitudinales de esta formación en México son 0 y 2,200 m., y por consiguiente existe en una gran variedad de climas, desde los calientes hasta los templados y desde los semihúmedos hasta los francamente secos. Así, las temperaturas medias anuales correspondientes son de 17 a 29° C, y las oscilaciones estacionales de 4 a 18° C, medidas como diferencia entre las temperaturas medias de los meses más calientes y más fríos del año. La precipitación media anual varía de 350 a 1,200 mm., con 5 a 9 meses secos. Esta vasta amplitud ecológica no disminuiría mayormente si se excluyesen los mezquitales, pues sólo variaría el límite inferior de las temperaturas medias anuales, cuyo intervalo quedaría de 20 a 29° C. Siguiendo la clasificación de Koeppen (1948), los climas correspondientes a las diferentes comunidades que se adscriben a este tipo de vegetación son Aw, BS, BW y Cw.

El bosque espinoso es un tipo de vegetación más bien característico de terrenos planos o poco inclinados, aunque en Sinaloa, en Sonora y en algunas partes de Oaxaca, se le observa también sobre lomeríos, pequeñas elevaciones y porciones inferiores de cerros más elevados. En consecuencia, los suelos más frecuentemente encontrados son profundos, muchas veces oscuros, más o menos ricos en materia orgánica y de buenas características para la agricultura.

La flora del bosque espinoso tiene un evidente matiz neotropical y existen igualmente muchos elementos comunes con la fauna de los matorrales xerófilos, por lo cual se acentúan las relaciones con linajes vegetales presentes en las partes secas de América tropical y subtropical. El papel que juegan las especies endémicas es con frecuencia notable y aumenta por regla general al avanzar hacia el norte.

Este tipo de vegetación tiene comúnmente 4 a 15 m., de altura y, a menudo, se observa como una formación densa a nivel de estrato arbóreo. Este, sin embargo, no es el caso de muchos mezquitales, que forman un bosque más bien semiabierto o abierto.

Los troncos se ramifican con frecuencia desde muy cerca de la base, pero no divergen mucho sino hasta alcanzar 2 m., o más de altura y las copas suelen ser más o menos romboidales, elipsoidales o esféricas y relativamente pequeñas. En el caso de los mezquitales,que son comunidades más abiertas, las copas son amplias y extendidas y muchas veces tan anchas como la altura del árbol o más. En todos los casos abundan las especies espinosas y con cierta frecuencia existen también cactáceas candelabriformes asociadas. Las trepadoras leñosas son muy escasas, en cambio las epifitas de tipo xerófilo, sobre todo especies de porte pequeño del género *Tillandsia*, pueden en ocasiones cubrir densamente las ramas de los árboles.

Lo común es que exista un solo estrato arbóreo, aunque puede haber otro de eminencias aisladas. El estrato arbustivo está en general bien desarrollado y es comúnmente rico en especies espinosas. En los bosques densos el suelo puede estar desprovisto casi por completo de vegetación herbácea, pero en algunas zonas está cubierto por extensos manchones de *Bromelia* que hacen casi imposible la travesía. Las comunidades más abiertas presentan numerosas plantas herbáceas, entre ellas muchas anuales, cuya existencia se hace patente en la época lluviosa.

En el centro de Sonora el bosque espinoso se presenta generalmente como una comunidad abierta, con amplios espacios entre árbol y árbol. Shreve (1951: 78-90), quien denomina la vegetación de esta área como "arborescent desert", proporciona una descripción bastante detallada de la misma y de ella se toman los datos que a continuación se exponen. En el segmento boreal de esta zona el bosque cubre las partes inferiores de los valles de algunos ríos y la cobertura de los árboles y arbustos varía entre 20 y 60%.

Las gramíneas son relativamente abundantes y, al ir ascendiendo las laderas de los cerros, desplazan de manera paulatina a las plantas leñosas para convertirse finalmente en un zacatal. *Prosopis velutina* a menudo es la especie dominante; otros árboles frecuentes son: *Acacia cymbispina*, *Cercidium sonorae*, *C. microphyllum*, *Olneya tesota*, *Acacia greggii*. En el segmento central de esta zona, donde alternan llanuras y cerros de poca elevación, *Prosopis velutina* y *Acacia cymbispina* pueden formar comunidades bastante densas en condiciones favorables.

Otros árboles característicos son *Lysiloma divaricata*, *L. watsonii* y *Pithecellobium mexicanum*, que prefieren los suelos profundos; en cambio *Bursera odorata*, *B. laxiflora* y *Jatropha cordata* abundan sobre laderas rocosas. *Cercidium sonorae*, *Haematoxylon brasiletto* y *Caesalpinia pumila* son otros componentes de estas comunidades. En el segmento meridional de la zona, la cobertura del bosque comúnmente varía entre 40 y 90% y los árboles más comunes son *Prosopis velutina*, *Cercidium floridum*, *Acacia cymbispina*, *Fouquieria macdougallii*, *Cercidium sonorae*, *Piscidia mollis* y *Bursera microphylla*.

En esta área se presenta un desarrollo mucho mayor de plantas herbáceas perennes, que superan en número a las anuales.

En el extremo sur de Sonora y a lo largo de la Planicie Costera de Sinaloa, el bosque espinoso es también la vegetación prevaleciente, pero su carácter en general es bastante más mesófilo. De acuerdo con Gentry, en las partes inferiores del Valle del Río Mayo, en el sur de Sonora, las especies arbóreas más abundantes sobre laderas y mesetas son: *Coursetia glandulosa*, *Jatropha cordata*, *Fouquieria macdougallii*, *Mimosa palmeri*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Bursera confusa*, *B. laxiflora*, *Acacia cymbispina*, *Lysiloma divaricata*, *Willardia mexicana* y *Haematoxylon brasiletto*, mientras que en los terrenos planos de suelo profundo predominan: *Prosopis velutina*, *Acacia cymbispina*, *Cercidium torreyanum*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Lemaireocereus thurberi* y *Pithecellobium sonorae*.

En Sinaloa, de acuerdo con Shreve (1937a), la especie dominante universal es *Acacia cymbispina*, que forma bosques abiertos, en forma de parques, en la parte boreal del estado; en cambio, en el centro y en el sur de la misma entidad los bosques son bastante densos.

En general miden de 5 a 8 m., de alto y son relativamente ricos en su composición florística. Los árboles que se citan como más frecuentes son: *Ipomoea arborescens*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Cassia atomaria*, *Ziziphus sonorensis*, *Pithecellobium sonorae*, *Caesalpinia platyloba*, *Lonchocarpus megalanthus*, *Jatropha cordata*, *Cassia emarginata*, *Cercidium torreyanum*, *Lysiloma divaricata*, *Piscidia mollis*.

En el sur de Sonora, Gentry (1942: 30) indica que *Acacia cymbispina*, la especie dominante del bosque espinoso, es la que ocupa rápidamente los terrenos agrícolas abandonados.

En el sitio de estudio el tipo de vegetación denominado con este nombre está representada por una comunidad arbustiva con algunos elementos arbóreos distribuida en las faldas de los cerros sobre su parte media, en ocasiones protegida por la sombra orográfica, donde destacan por su altura las formas columnares de *Stenocereus thurberi*, *Yucca schottii*, *Dasylirion wheeleri*, así como árboles bajos de *Ceiba acuminata*, *Prosopis velutina*, *Ipomoea arborescens*, *Acacia cochliacantha*, *Lysiloma watsonii* y *Bursera laxiflora*, con algunos individuos de *Sabal uresana* y *Ficus petiolaris*, estos últimos pendiendo de los riscos.

Entre las formas arbustivas destacan *Erythrina flabelliformis*, *Dodonaea viscosa*, *Alvaradoa amorphoides*, *Fouquieria macdougalii*, *Bursera fagaroides*, así como una densa población de *Tecoma stans* y numerosos elementos de *Cylindropuntia thurberi*, *Hyptis emoryi, Manihot rubricaulis* y *Heliocarpus attenuatus* mezclados con *Encelia farinosa* y *Pennisetum ciliare*. Algunas trepadoras comunes son *Funastrum pannosum*, *Antigonon leptopus*, *Echinopepon wrightii* y *Cardiospermum halicacabum*.

El estrato herbáceo incluye diversas especies anuales como *Elytraria imbricata*, *Carlowrightia arizonica*, *Hibiscus phoeniceus*, *Solanum tridynamum* y *Gomphrena sonorae*. Esta comunidad muestra un alto grado de fragmentación y de impacto por especies invasoras como *Nicotiana glauca*, *P. ciliare* y *E. farinosa*, así como por el ramoneo y pisoteo del ganado vacuno y las heladas de años pasados, que afectaron gravemente las poblaciones de *Stenocereus thurberi*.

Figura IV.21 Fragmento de Bosque espinoso.

Bosque Espinoso (Mezquital)

Los mezquitales o bosques de *Prosopis* constituyen, o constituían, la vegetación característica de terrenos con suelo profundo de muchas partes de la República, sobre todo al Oeste del Istmo de Tehuantepec, y de preferencia en altitudes entre 1,000 y 2,000 m., en climas semihúmedos a semisecos. Estos terrenos, en la mayoría de los casos, se utilizan para fines agrícolas y sólo puede reconocerse su vegetación antigua por un mayor o menor número de árboles de *Prosopis,* que muchas veces se respetaron y que quedan aún como testigos. Ocasionalmente se observan algunas parcelas que conservan aún el mezquital primitivo.

Cabe hacer hincapié en el hecho de que los mezquitales se presentan también con frecuencia en zonas áridas en forma de matorrales xerófilos de 1 a 4 m., de alto y existen formas transicionales entre comunidades arborescentes y arbustivas de *Prosopis*. En regiones de clima seco en el Altiplano, por otra parte, existen también sitios donde el mezquital desarrolla su forma arbórea, pero tal situación indica casi siempre la presencia de agua freática disponible para las raíces de

Prosopis laevigata, *P. torreyana* o *P. glandulosa;* esta última es la especie prácticamente exclusiva del estrato arbóreo, que mide comúnmente de 6 a 12 m., de altura. La cobertura del estrato arbóreo es muy variable, pero en suelos sin exceso de sales y de buen drenaje oscila entre 50 y 70%.

Acacia farnesiana, *Lemaireocereus sp*. y *Yucca filifera* se citan por Rzedowski (1966) como componentes facultativos del estrato superior. *Tillandsia recurvata* a veces cubre densamente las ramas gruesas de *Prosopis*. Los arbustos no forman un estrato continuo y dejan mucho espacio, que en la época favorable del año suele estar cubierto por plantas herbáceas, entre las cuales a menudo abundan las anuales.

El mezquital presenta con frecuencia una transición no siempre fácil de interpretar con el pastizal y amplias regiones están cubiertas por una especie de bosque muy abierto de *Prosopis* y gramíneas. Esta situación indujo a Leopold (1950: 512-513) a reconocer el tipo de vegetación que denominó "mesquite-grassland", en el cual incluyó todos los mezquitales y la gran mayoría de los zacatales.

La distribución de este tipo de vegetación es notoria sobre el lecho del arroyo; en suelos aluviales arenosos se encuentra una comunidad densa constituida por una serie de leguminosas leñosas arborescentes como *Prosopis velutina*, *P. glandulosa*, *Parkinsonia aculeata*, y algunas formas arbustivas entre las que sobresalen *Acacia cochliacantha* y *A. farnesiana*; además de un denso estrato herbáceo dominado por *Ambrosia ambrosioides*, con alta incidencia de *Plumbago scandens* y *Capsicum baccatum*; algunas trepadoras comunes son *Antigonon leptopus*, *Funnastrum pannosum* y *Momordica charantia*. Es la comunidad mejor conservada del predio.

Bosque de Encinos (Quercus)

Los bosques de *Quercus* o encinares, son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares, constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo. No se limitan, sin embargo, a estas condiciones ecológicas, pues también penetran en regiones de clima caliente, no faltan en las francamente húmedas y aún existen en las semiáridas, pero en estas últimas asumen con frecuencia la forma de matorrales, mismos que se discuten en el capítulo correspondiente a los matorrales xerófilos.

Los encinares guardan relaciones complejas con los pinares, con los cuales comparten afinidades ecológicas generales y los bosques mixtos de *Quercus* y *Pinus* son muy frecuentes en el país. También se relacionan los bosques de *Quercus* con los de *Abies* y con el bosque mesófilo de montaña, así como con diversos tipos de bosques tropicales y aun con las sabanas y otros tipos de pastizales, lo cual es explicable en función de su extensa amplitud ecológica.

Se conocen encinares de todos los estados y territorios de la República; se encuentran desde el nivel del mar hasta 3,100 msnm., aunque más de 95% de su extensión se halla en altitudes entre 1,200 y 2,800 m.

Flores et al. (1971) calculan que en México los bosques de *Quercus* ocupan 5.5% de la superficie del país y, además, asignan 13.7% a la categoría del bosque de pino y encino. El criterio que usan los mencionados autores es el de cartografiar la vegetación clímax pero cabe recordar que los encinares, desde tiempos inmemoriales, han sido de los tipos de vegetación más afectados por el impacto del hombre, ya que ocupaban muchas áreas particularmente favorables para el desarrollo de la agricultura y porque cubrían regiones de clima atractivo para la población humana.

Este tipo de vegetación se ha observado sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas, como sedimentarias y metamórficas, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos, pero tales terrenos, casi en todos los casos, se dedican hoy a la agricultura. No tolera, aparentemente, deficiencias de drenaje, aunque puede crecer a orillas de arroyos en tierra permanentemente húmeda. No es rara su presencia en suelos someros de terrenos muy rocosos e inclinados o de pedregales. Típicamente el suelo es de reacción ácida moderada (pH 5.5 a 6.5), con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y a menudo también a mayor profundidad. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración que frecuentemente es roja, aunque puede ser amarilla, negra, café o gris.

En el área de estudio la distribución de este tipo de vegetación se manifiesta sobre las partes más altas del predio en conjunto con algunos pastos y gimnospermas. Destacan por su color, forma y abundancia arboles de bajo porte, de tronco robusto y copa redondeada como *Quercus emoryi*, *Q. arizonica* y *Q. oblongifolia*, que se encuentran formando una comunidad abierta, con algunos pastos comunes, principalmente mezclados entre los que destacan *Hilaria mutica*, *Melinis repens*, *Bouteloua rothrockii*, así como algunos elementos leñosos de *Prosopis velutina*,

Vachillea farnesiana, Dodonaea viscosa y algunas suculentas como *Cylindropuntia thurberi* y *Opuntia chlorotica* entre las cuales se mezclan individuos de *Capsicum baccatum*.

Figura IV.22 Bosque de Encinos.

Pastizal

Las comunidades vegetales en las que el papel preponderante corresponde a las gramíneas se reúnen aquí convencionalmente bajo el nombre de pastizal o zacatal. El conjunto de esta manera delimitado, incluye biocenosis diversas, tanto en lo tocante a su composición florística, como a sus condiciones ecológicas, a su papel en la sucesión, a su dependencia de las actividades humanas y aun a su fisonomía. Mientras la presencia de algunas está determinada claramente por el clima, muchas otras son favorecidas, al menos en parte, por las condiciones del suelo o bien por el disturbio ocasionado por el hombre y sus animales domésticos.

Los zacatales en cuestión se desarrollan de preferencia en suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles y laderas poco inclinadas, casi siempre de naturaleza ígnea, en altitudes entre 1,100 y 2,500 m., aunque en Sonora pueden descender hasta 450 msnm., (Shreve, 1942b:192). Las temperaturas medias anuales varían en la mayor parte de su extensión de 12 a 20° C. Las fluctuaciones estacionales y diurnas son relativamente pronunciadas, todos los años hay heladas y en las partes altas de Chihuahua y Sonora ocurren nevadas con cierta frecuencia.

La precipitación media anual es del orden de 300 a 600 mm., con 6 a 9 meses secos y la humedad atmosférica se mantiene baja durante la mayor parte del año. Este tipo de clima corresponde mayormente a la categoría BS de la clasificación de Koeppen (1948), aunque las fases más secas pertenecen, al parecer, a la categoría BW. Los suelos propios de estos zacatales son en general de reacción cercana a la neutralidad (pH 6 a 8), con textura que varía de migajón arcilloso a migajón arenoso y coloración rojiza a café, frecuentemente con un horizonte de concentración calichosa o ferruginosa más o menos continua. Por lo común son suelos fértiles y medianamente ricos en materia orgánica. Se erosionan con facilidad cuando se encuentran en declive y carecen de suficiente protección por parte de la vegetación.

Con respecto a las afinidades geográficas de la flora de estos zacatales, se transcribe el cuadro del trabajo de Rzedowski (1975), en el cual se analizan los de Durango, basándose en la lista de especies de Gentry (1957):

Los zacatales en cuestión son generalmente de altura media (20 a 70 cm.), aunque a causa del intenso pastoreo se mantienen casi siempre mucho más bajos. La coloración amarillenta pálida es característica durante la mayor parte del año y la comunidad sólo reverdece en la época más húmeda. La cobertura varía notablemente de un lugar a otro y mucho tiene que ver con la utilización del pastizal, pero rara vez supera 80% y frecuentemente es menor de 50%. Su estructura es sencilla (Ver Figura IV.23), pues además de un estrato rasante, formado principalmente por plantas rastreras, incluyendo a veces algas, hay un sólo estrato herbáceo, en el cual suelen dominar ampliamente las gramíneas, aunque en la época favorable pueden aparecer numerosas especies de otras familias. Las plantas leñosas a menudo están completamente ausentes; cuando existen, sólo juegan un papel secundario y a veces forman uno o dos estratos adicionales. Las trepadoras son escasas y las epifitas de tipo xerófilo sólo se presentan en ocasiones sobre las ramas de arbustos y árboles aislados.

Son frecuentemente dominantes o codominantes en las asociaciones las especies del género *Bouteloua* y la más común de todas es *B. gracilis*, que prevalece en amplias extensiones del zacatal, sobre todo en sitios en que el sobrepastoreo no ha perturbado demasiado las condiciones originales y preferentemente en suelos algo profundos. En laderas pendientes, con suelo somero y pedregoso, a menudo son más abundantes *B. curtipendula* y *B. hirsuta*. Son menos frecuentes *B. rothrockii*, *B. radicosa*, *B. repens*, *B. eriopoda* y *B. chondrosioides*, pero en algunas zonas pueden también funcionar como dominantes o codominantes. *B. eriopoda* y *B. scorpioides*

aparentemente resultan favorecidas por un pastoreo intenso, desplazando en ciertas áreas a *B. gracilis*.

Respecto a este tipo de vegetación, cabe mencionar que en el sitio de estudio se denota una comunidad muy densa de pastos invasivos de *P. ciliare* mezclados con *E. farinosa* misma que se encuentra cubriendo un 30% del predio hacia las partes media y alta de los cerros. Entre estos dos elementos sobresalen por su altura algunos individuos de *Yucca schottii*, *Stenocereus thurberi* y *Dasylirion wheeleri*, así como *Vachillea farnesiana*, *Prosopis juliflora* y *Tecoma stans*.

Figura IV.23 Vista parcial del Pastizal.

IV.2.2.3 Especies Listadas en la NOM-SEMARNAT-2010

Se encontró a *Sabal uresana* Trel. (Palma blanca), una especie de palma endémica arborescente distribuida por todo el predio, donde destaca por su abundancia y su altura. Está catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Protección especial (Pr).

En el área del proyecto existe un inventario de 73 especies vegetales vasculares terrestres perennes, de porte medio según la diversidad de especies, pero de porte bajo, de acuerdo con la abundancia de individuos, de las cuales 17 son árboles, 42 arbustos, 4 enredaderas y 10 herbáceas, de acuerdo con el siguiente inventario obtenido en sitio:

Tabla IV.10 Inventario Florístico

Especie	Nombre científico	Estrato
Malva	*Abutilon palmeri*	Arbustivo
Guinolo	*Acacia cochliacantha*	Arbustivo
Teso	*Acacia occidentalis*	Arboreo
Lechugilla	*Agave bovicornuta*	Arbustivo
Quelite	*Amaranthus palmeri*	Herbaceo
Chicura	*Ambrosia ambrosioides*	Arbustivo
Estafiate	*Ambrosia artemisiifolia*	Herbaceo
Chicurilla	*Ambrosia cordifolia*	Arbustivo
Jecota	*Ambrosia monogyra*	Arbustivo

San miguelito	*Antigonum leptopus*	Enredadera
Jarilla	*Baccharis glutinosa*	Arbustivo
Piojo	*Caesalpinia palmeri*	Arbustivo
Chiltepin	*Capsicum baccatum*	Arbustivo
Pochote	*Ceiba acuminata*	Arboreo
Bainoro blanco	*Celtis pallida*	Arbustivo
Cumaro	*Celtis reticulata*	Arboreo
Zacate bufel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceo
Samota	*Coursetia glandulosa*	Arbustivo
Chicayota	*Cucurbita argyrosperma*	Enredadera
Sibiri	*Cylindropuntia thurberi*	Arbustivo
Zacate liebrero	*Cynodon dactylon*	Herbaceo
Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Arbustivo
Tarachico	*Dodonaea viscosa*	Arbustivo
Rama blanca	*Encelia farinosa*	Arbustivo
Chilicote	*Erythrina flabelliformis*	Arboreo
Palo dulce	*Eysenhardtia orthocarpa*	Arboreo
Ocotillon	*Fouquieria macdougalii*	Arbustivo
Brasil	*Haematoxylon brasiletto*	Arboreo
Baiquillo	*Herbacea Sesbania*	Herbaceo
Salvia	*Hyptis emoryi*	Arbustivo
Palo blanco	*Ipomoea arborescens*	Arboreo
Palo bobo	*Ipomoea murucoides*	Arbustivo
Ipomea	*Ipomoea purpurea*	Herbaceo
Sangregado	*Jatropha cinerea*	Arbustivo
Cedro	*Juniperus deppeana*	Arboreo
Cacachila	*Karwinskia humboldtiana*	Arbustivo
Cosahui	*Krameria parvifolia*	Arbustivo
Confite	*Lantana camara*	Arbustivo
Hierba del burro	*Lippia alba*	Arbustivo
Picacieso	*Lycium berlandieri*	Arbustivo
Tepehuaje	*Lysiloma watsonii*	Arboreo
Malva	*Malva parviflora*	Arbustivo
Viejito	*Mammillaria grahamii*	Arbustivo
Estrella	*Manihot rubricaulis*	Arbustivo
Gatuño	*Mimosa dysocarpa*	Arbustivo
Balsamina	*Momordica charantia*	Enredadera
Batayaqui	*Montanoa tomentosa*	Arbustivo
Juan loco	*Nicotiana glauca*	Arbustivo
Nopal	*Opuntia chlorotica*	Arbustivo
Guasaraco	*Parthenium stramonium*	Arbustivo

El reconocimiento de los parámetros poblacionales fue realizado para el área del proyecto donde se puede notar que los recursos bióticos no han sido modificados substancialmente. Los parámetros poblacionales que se midieron fueron densidad, dominancia y frecuencia; de la suma de éstos se obtiene el valor de importancia de las especies, el cual revela la importancia ecológica relativa de cada especie en cada muestra (Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974; Franco, 1991). Se obtuvo además el índice de diversidad de Shannon-Weiner y cobertura del Proyecto, asociado a las estimaciones de biomasa forestal por producto, estrato y especie inventariada. El detalle de la metodología se describe a continuación:

De acuerdo a lo anterior, el esfuerzo de muestreo se concentró en áreas con cobertura natural y el registro de los datos de las especies forestales identificadas para la riqueza y diversidad vegetal, así como el reconocimiento de especies catalogadas bajo la NO-059-SEMARNAT-2010.

El estudio de la vegetación terrestre se llevó a cabo en agosto de 2016, realizando 23 sitios de muestreo útiles, como se destaca más adelante. Con lo anterior se obtuvieron datos para el procesamiento y cumplimiento de los términos de referencia arriba señalados para este tipo de estudios. Las características revisadas de flora y vegetación se detallan más Para obtener el inventario florístico del lugar, se realizaron recorridos en extenso por el área de estudio para incluir aquellas especies de escasa ocurrencia, y que probablemente no fueron contabilizadas en los muestreos sistemáticos. El inventario se enriqueció durante la medición de parámetros poblacionales, permitiendo corroborar la información obtenida, así como reforzar la nomenclatura científica cuando se localizaban individuos con un mayor número de estructuras que favorecieran su identificación taxonómica.

La identificación de las especies vegetales se realizó *in situ*, utilizando como material de apoyo la bibliografía indicada para los tipos vegetativos ya citados y por la comparación morfológica de las estructuras observadas en campo. El nombre común fue proporcionado por los lugareños, en especial por el guía de apoyo en campo, así como del listado de las Especies Mexicanas de Martínez (1987). El arreglo de la información incluye el nombre de la familia taxonómica, nombre científico y común para cada una de las especies. Se destaca el arreglo taxonómico de las especies por familia, evidenciando las más representativas en el lugar, asociándolas al tipo de vegetación del área y proporción de parentesco entre las especies.

Obtenido el inventario florístico total del sitio, se comparó con la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2010), que determina las especies y subespecies de la flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción y/o amenazadas, así como las sujetas a protección especial, para identificar aquellos especímenes con algún estatus de riesgo.

En la revisión de la estratificación vertical en el sitio, las formas involucradas se clasificaron en apego a Rzedowski (1978). Se registró el número de especies por estrato y se distribuyeron en porcentaje respecto del total para conocer las formas de vida presentes y la abundancia de las mismas.

Para demostrar que las especies a afectar están bien representadas en la región, y para conocer el estado de las poblaciones de la vegetación forestal, se empleó el diseño de muestreo sistemático, en el cual los sitios de muestreo fueron ubicados a intervalos mecánicamente espaciados; es decir, las mediciones de las características de interés se realizaron sobre las unidades de muestreo distribuidas con arreglo a un modelo fijo.

IV.2.2.3.1 Estratos Considerados

Dada la naturaleza de los estudios, los estratos que deberán muestrearse, conforme a los tipos de vegetación existentes en el área, son:

1. ***Arbóreo.*** **Estrato conformado por elementos de tronco leñoso y elevado, que se ramifica a cierta altura del suelo; es decir con un sólo fuste y copa bien formada (de más de 3 metros de altura).**
2. ***Arbustivo*****. Conformado por plantas perennes, con tallo lignificado, pero sin tronco predominante; es decir, con ramificación a partir de la base, generalmente de menos de 3 metros de altura.**
3. ***Herbáceo y trepadoras*****. Estrato representado por ejemplares vegetales no leñosos o poco leñosos, generalmente de baja estatura y que mueren después de fructificar.**

IV.2.2.3.2 Tamaño de la Muestra

El diseño de los sitios de muestreo evidencia la distribución de acuerdo con sitios rectangulares de 1,000 m^2 (0.01), definidos para cuantificar el número de individuos por especie para el estrato arbóreo y arbustivo. Se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal (DAP) a la altura de 1.3 m., sobre la superficie del suelo, sea igual o mayor a 7.5 cm.; se mide y registra por especie y categoría dasométrica, la frecuencia y algunas variables cualitativas del repoblado (regeneración natural), árboles pequeños que tengan como mínimo 25 cm., de altura, hasta la altura que alcancen, siempre que su diámetro normal sea menor a 7.5 cm. Se lleva a cabo la medición del diámetro normal (localizado sobre el fuste principal a 1.30 metros sobre el suelo) y la altura total del árbol, de cada uno de los árboles que se localicen en el interior del sitio de muestreo, registrando en los formatos correspondientes la familia, el nombre científico y común (vulgar) de cada ejemplar.

Además, se deberá medir el diámetro de copa de cada ejemplar para calcular posteriormente su cobertura. Es importante recordar que existe una serie de consideraciones en la medición del diámetro normal, mismas que deberán respetarse. Lo anterior sin menoscabo de realizar una correcta medición de los árboles bifurcados desde la base, o de los árboles bifurcados a 1.30 m., etc., de acuerdo con lo siguiente:

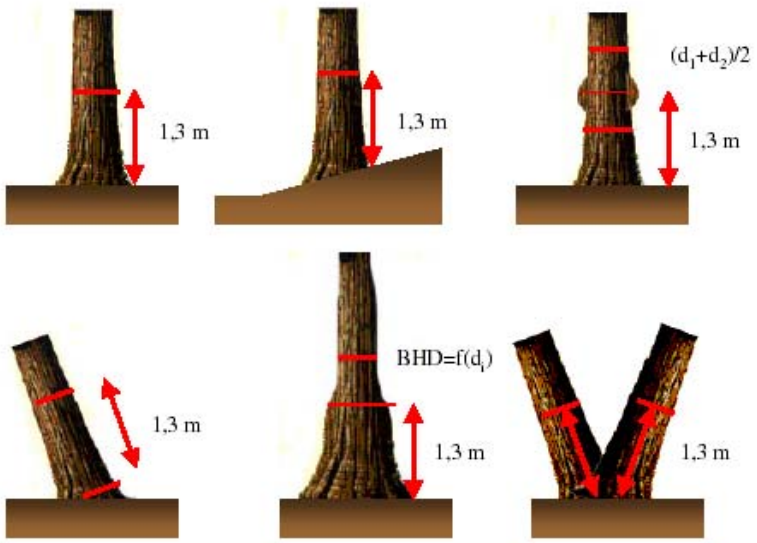


Figura IV.25 Especificaciones en la medición del DN.

En el caso de los arbustos, registrar también uno a uno todos los ejemplares que se encuentren en la unidad muestreal; anotar de ellos la familia, el nombre científico y el común (vulgar). Se deberá medir su altura y, al igual que en el estrato arbóreo, el de copa de la parte aérea de cada ejemplar. Estos datos son vitales para estimar índices biológicos que se requieren en los estudios.

IV.2.2.3.3 Sitios de Muestreo de Vegetación

Cada sitio de muestreo fue localizado con el apoyo del Sistema de Geoposicionamiento Global, de acuerdo con las coordenadas indicadas en el archivo correspondiente, considerando un error de ± 3 metros; invariablemente se respetó este margen de error.

Se registró la coordenada real en la que se ubica cada sitio. Una vez localizado el sitio, se colocó en cada vértice una estaca o piedra, marcada con pintura permanente color naranja, además de un trozo de cinta flagging del mismo color, esto para su efectiva ubicación a la distancia, lo que permitirá delimitar el sitio durante el conteo de individuos.

A continuación se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo para el predio.

Tabla IV.11 Sitios de Muestreo

No. Sitio	Coordenada	
	X	y
1	678141	3288832
2	677859	3289391
3	678540	3288446
4	678371	3288703
5	678547	3287831
6	678391	3287758
7	678776	3287413
8	677994	3286845
9	678057	3287038
10	678981	3286703
11	678408	3286657
12	677842	3286657
13	679690	3286191
14	679249	3286014
15	678099	3285859
16	680270	3285571
17	678138	3285453
18	678128	3284940
19	680370	3284828
20	678098	3284322
21	681016	3284602

22	681162	3284324
23	678034	3285884
24	677698	3289241
25	677523	3286629
26	680243	3284694

Una vez realizado lo anterior, se obtuvo el inventario florístico de las especies que componen los arreglos vegetativos en estudio de acuerdo a la relación previamente mostrada, donde existe un inventario de 73 especies vegetales vasculares terrestres perennes, de porte medio según la diversidad de especies, pero de porte bajo de acuerdo a la abundancia de individuos de las cuales, 17 son árboles, 42 arbustos, 4 enredaderas y 10 herbáceas.

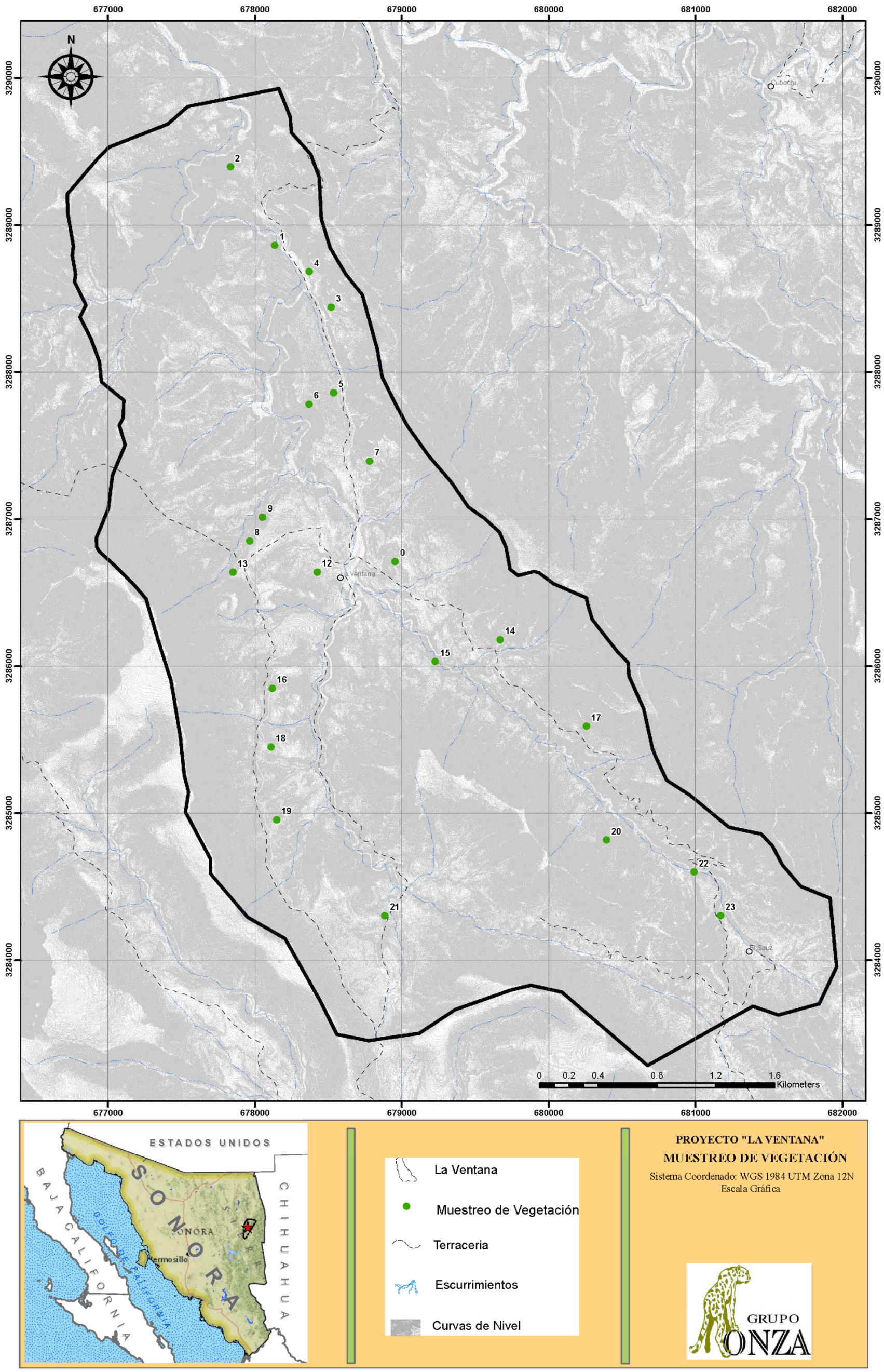


Figura IV.26 Sitios de Muestreo de Vegetación.

IV.2.2.3.4 Índice de Valor de Importancia

En cualquier comunidad vegetal existe un diferente número de especies (con abundancia variable), que caracteriza a la misma, pero cada una de ellas compite en luz, CO_2, agua, nutrientes, espacio y otros elementos. La (s) especie (s) que sea (n) más eficiente (s) en lograr aprovechar esta energía será (n) la (s) dominante (s). Entonces, cada una de las especies que conforma dicha comunidad en una forma descendente, serán incluidas desde las más eficientes hasta las menos eficientes, en aprovechar la energía del sistema. La forma práctica de determinar este comportamiento ecológico en las comunidades, es por medio de los valores de importancia de cada una de las especies que componen la comunidad. El valor de importancia es la suma de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la cobertura relativa o área basal relativa de cada especie.

El índice de valor de importancia, nos permite realizar una estimación integral donde se agrupa densidad, dominancia y frecuencia, lo cual facilita la identificación de las especies con relevancia ecológica de acuerdo al estrato y tipo de vegetación; cabe destacar que las especies dominantes en una comunidad vegetal son las más frecuentes o de mayor biomasa en la vegetación, estas especies ejercen un control intenso sobre la presencia de otras especies, por lo que la dominancia guarda relación inversa con la abundancia, ya que es frecuente que se logre la dominancia por superioridad en la competencia. Finalmente, las características intrínsecas de las especies dominantes también suelen ejercer efectos en la estabilidad de las comunidades. Con los resultados obtenidos en campo, se determinó el número de organismos de cada especie identificada y, a partir de ello, se obtuvo la densidad relativa, la frecuencia relativa y la cobertura relativa, a través de los cuales fue posible obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie por tipo de vegetación y estrato vegetal.

Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie mejor que cualquiera de sus componentes; en este sentido:

Dominancia, es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie. MOPT (1985) la define como las especies con mayor biomasa total o gran competencia; la medida de dominancia indica el espacio de terreno ocupado actualmente por una especie y dominancia relativa es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies. Reportada por Edwards et. al. (1993) como:

$$Dr = \frac{ABi}{ABT} * 100$$

Donde:
Abi = Área basal de la especie i.
ABT = Área basal de todas las especies.

Es importante mencionar que la dominancia se estimó en función de la cobertura (%) de las especies en el terreno.

Densidad: Franco et al. (1996), define densidad como el número de individuos de una especie por unidad de área o volumen. *Densidad relativa*, es la densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área. La densidad relativa reportada por Edwards et. al.(1993) se describe como:

$$Dr = \frac{NAi}{NAT} * 100$$

Donde:
Nai = Número de árboles de la especie i.
NAT = Número de árboles de las especies presentes.

Frecuencia, según Franco et al. (1989), es el número de muestras en la que se encuentra una especie y *frecuencia relativa*, es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies.

$$Fr = \frac{Fri}{Ft} * 100$$

Donde:
Fri = Número de sitios de muestreo en que aparece una especie.
Ft = Número total de sitios de muestreo.

Con los resultados obtenidos en campo, se determinó el número de organismos de cada especie identificada y a partir de ello, se obtuvo la densidad relativa, la frecuencia relativa y la cobertura relativa, a través de los cuales fue posible obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie por tipo de vegetación y estrato vegetal, como se muestra en el diagrama siguiente:

Densidad relativa (%)	+	Dominancia relativa (%)	+	Frecuencia relativa (%)	=	IVI
Es el número de individuos (N) de una especie en un área determinada (A) $Dr = \frac{NAi}{NAT} * 100$		A partir del área basal se estima la cobertura de cada especie en relación con la superficie. $Dr = \frac{ABi}{ABT} * 100$		El número de unidades de muestreo en la que apareció cada especie. $Fr = \frac{Fri}{Ft} * 100$		Indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a las demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie.

Figura IV.27 Esquema de la composición del Índice de Valor de Importancia.

IV.2.2.3.5 Índice de Diversidad

Un índice de diversidad es una medida matemática de la diversidad de especies en una comunidad. Los índices de diversidad proporcionan más información sobre la composición de la comunidad y no simplemente la riqueza de especies (por ejemplo, el número de especies presentes), además también informa acerca de la abundancia relativa de las diferentes especies. Así miso, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas. Mide el grado, promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colecta.

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver, derivado de la teoría de información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas están presentes entonces, el grado de incertidumbre, será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo, porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie.

El índice de diversidad de Shannon (H) emplea la siguiente fórmula:

$$\mathrm{H} = -\sum_{i=1}^{S} PilogPi$$

Donde:
H=Índice de diversidad de Shannon.
Pi=Abundancia relativa de especies.

En este sentido es importante mencionar que la diversidad es un concepto que se utiliza sobre todo centrándose en el hecho de la relación entre la diversidad y las perturbaciones, ya que puede ser visto como una disminución en la diversidad cuando las perturbaciones aumentan. Es así como el índice puede tomar valores entre 0 y 5. Los valores máximos son rara vez mayor a 5. La diversidad es una medida logarítmica que hace que, en cierta medida, un índice sensible en el rango de valores al lado del límite superior.

Como una base ordinaria en la literatura, los valores bajos de este índice se consideran indicación de la contaminación y/o perturbación, consecuencia de la modificación o alteración de las condiciones naturales de esta comunidad vegetal. Una forma de evaluar estas condiciones es mediante la asignación de un estado de valoración de la calidad de la comunidad vegetal a partir del índice de diversidad asignando:

Muy buen estado >4

Buen estado 4 - 3

Estado moderados 3 - 2

Estado pobre 2 - 1

Mal estado 1 - 0

Esta calificación del estado (bueno – mal estado) se refiere a las condiciones de la comunidad con base en los valores de diversidad, tal como se indica en el diagrama:

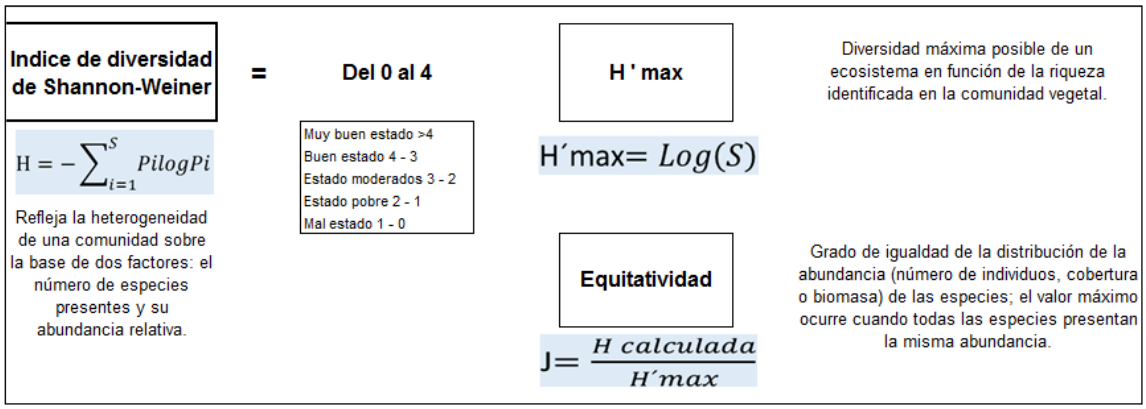


Figura IV.28 Representación del Índice de Diversidad de Shannon-Weiner.

Definir las especies presentes y su abundancia y/o cobertura a la escala disponible. De identificarse especies con algún régimen de protección derivado de la normatividad nacional (NOM-059-ECOL-2001) o internacional (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, etc.), deberán destacarse tanto en los planos, listados, como en los análisis recomendados.

De acuerdo con la metodología previamente señalada, se destaca que las 73 especies obtenidas para el Proyecto La Ventana, involucran 6,982 organismos cuantificados, donde en sólo 10 especies de porte bajo se encuentran 4,226 organismos muestreados (las dos terceras partes). Lo anterior es equivalente a 3,036 individuos/ha.

Esto se ve reflejado posteriormente en el Índice de Valor de Importancia de las especies en el predio, ya que en 10 especies se encuentra casi el 50% de la relevancia de las especies. Estas especies si bien son de porte bajo, está dominado por elementos de matorral subtropical pero abundante en pastos y una especie de encino y mezquite como elementos de transición en el proyecto.

Finalmente, la mayor diversidad de especies es aportado por elementos de porte herbáceo que en total el Índice de Diversidad de Shannon-Weiner indica un valor de 3.437 para la comunidad del Proyecto La Ventana, lo que significa una población en buen estado, donde los elementos florísticos están mayoritariamente mejor representados (distribución homogénea) que dispersos entre sí, dado el valor cercano a 1 de la equitatividad de la comunidad vegetal de acuerdo a los siguientes resultados:

Tabla IV.12 Base de datos de Muestreo de Vegetación

				Índice de valor de Importancia (IVI)				Índice de diversidad de Shannon			
Especie	Nombre científico	Estrato	No. Ind	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVI	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
Malva	*Abutilon palmeri*	Arbustivo	202	2.893	1.138	2.410	6.440	88	0.029	-3.543	-0.102
Guinolo	*Acacia cochliacantha*	Arbustivo	160	2.292	6.435	2.410	11.136	70	0.023	-3.776	-0.087
Teso	*Acacia occidentalis*	Arboreo	3	0.043	0.651	0.602	1.296	1	0.000	-7.752	-0.003
Lechugilla	*Agave bovicornuta*	Arbustivo	10	0.143	0.039	1.506	1.688	4	0.001	-6.549	-0.009
Quelite	*Amaranthus palmeri*	Herbaceo	577	8.264	0.279	3.313	11.857	251	0.083	-2.493	-0.206
Chicura	*Ambrosia ambrosioides*	Arbustivo	242	3.466	1.458	3.012	7.937	105	0.035	-3.362	-0.117
Estafiate	*Ambrosia artemisiifolia*	Herbaceo	405	5.801	0.038	2.410	8.248	176	0.058	-2.847	-0.165
Chicurilla	*Ambrosia cordifolia*	Arbustivo	25	0.358	0.067	0.301	0.726	11	0.004	-5.632	-0.020
Jecota	*Ambrosia monogyra*	Arbustivo	11	0.158	0.095	0.602	0.855	5	0.002	-6.453	-0.010
San miguelito	*Antigonum leptopus*	Enredadera	160	2.292	0.724	1.205	4.221	70	0.023	-3.776	-0.087
Jarilla	*Baccharis glutinosa*	Arbustivo	7	0.100	0.019	0.301	0.420	3	0.001	-6.905	-0.007
Piojo	*Caesalpinia palmeri*	Arbustivo	113	1.618	0.681	0.602	2.902	49	0.016	-4.124	-0.067
Chiltepin	*Capsicum baccatum*	Arbustivo	45	0.645	1.085	0.602	2.332	20	0.006	-5.044	-0.033
Pochote	*Ceiba acuminata*	Arboreo	7	0.100	0.517	1.205	1.822	3	0.001	-6.905	-0.007
Bainoro blanco	*Celtis pallida*	Arbustivo	14	0.201	0.150	0.602	0.953	6	0.002	-6.212	-0.012
Cumaro	*Celtis reticulata*	Arboreo	2	0.029	0.086	0.301	0.416	1	0.000	-8.158	-0.002
Zacate bufel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceo	106	1.518	0.011	0.602	2.132	46	0.015	-4.188	-0.064
Samota	*Coursetia glandulosa*	Arbustivo	93	1.332	0.996	1.506	3.834	40	0.013	-4.318	-0.058
Chicayota	*Cucurbita argyrosperma*	Enredadera	90	1.289	0.519	0.904	2.711	39	0.013	-4.351	-0.056
Sibiri	*Cylindropuntia thurberi*	Arbustivo	109	1.561	1.129	3.313	6.004	47	0.016	-4.160	-0.065

Zacate liebrero	*Cynodon dactylon*	Herbaceo	907	12.991	0.298	4.217	17.505	394	0.130	-2.041	-0.265
Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Arbustivo	25	0.358	0.378	2.410	3.145	11	0.004	-5.632	-0.020
Tarachico	*Dodonaea viscosa*	Arbustivo	87	1.246	1.657	0.904	3.807	38	0.012	-4.385	-0.055
Rama blanca	*Encelia farinosa*	Arbustivo	433	6.202	2.877	2.410	11.488	188	0.062	-2.780	-0.172
Chilicote	*Erythrina flabelliformis*	Arboreo	11	0.158	0.210	0.904	1.271	5	0.002	-6.453	-0.010
Palo dulce	*Eysenhardtia orthocarpa*	Arboreo	27	0.387	0.394	1.807	2.588	12	0.004	-5.555	-0.021
Ocotillon	*Fouquieria macdougalii*	Arbustivo	25	0.358	1.163	1.807	3.328	11	0.004	-5.632	-0.020
Brasil	*Haematoxylon brasiletto*	Arboreo	1	0.014	0.024	0.301	0.340	0	0.000	-8.851	-0.001
Baiquillo	*Herbacea Sesbania*	Herbaceo	30	0.430	0.003	0.301	0.734	13	0.004	-5.450	-0.023
Salvia	*Hyptis emoryi*	Arbustivo	32	0.458	0.339	2.410	3.207	14	0.005	-5.385	-0.025
Palo blanco	*Ipomoea arborescens*	Arboreo	18	0.258	0.827	2.108	3.194	8	0.003	-5.961	-0.015
Palo bobo	*Ipomoea murucoides*	Arbustivo	2	0.029	0.021	0.301	0.351	1	0.000	-8.158	-0.002
Ipomea	*Ipomoea purpurea*	Herbaceo	50	0.716	0.005	0.301	1.023	22	0.007	-4.939	-0.035
Sangregado	*Jatropha cinerea*	Arbustivo	319	4.569	5.340	2.711	12.620	139	0.046	-3.086	-0.141
Cedro	*Juniperus deppeana*	Arboreo	32	0.458	2.593	0.602	3.654	14	0.005	-5.385	-0.025
Cacachila	*Karwinskia humboldtiana*	Arbustivo	3	0.043	0.072	0.602	0.718	1	0.000	-7.752	-0.003
Cosahui	*Krameria parvifolia*	Arbustivo	14	0.201	0.024	0.602	0.827	6	0.002	-6.212	-0.012
Confite	*Lantana camara*	Arbustivo	400	5.729	1.932	2.108	9.769	174	0.057	-2.860	-0.164
Hierba del burro	*Lippia alba*	Arbustivo	30	0.430	0.080	0.301	0.811	13	0.004	-5.450	-0.023
Picacieso	*Lycium berlandieri*	Arbustivo	4	0.057	0.171	0.602	0.831	2	0.001	-7.465	-0.004
Tepehuaje	*Lysiloma watsonii*	Arboreo	108	1.547	13.772	3.012	18.331	47	0.015	-4.169	-0.064
Malva	*Malva parviflora*	Arbustivo	174	2.492	1.864	1.506	5.862	76	0.025	-3.692	-0.092
Viejito	*Mammillaria grahamii*	Arbustivo	31	0.444	0.113	1.807	2.364	13	0.004	-5.417	-0.024
Estrella	*Manihot rubricaulis*	Arbustivo	57	0.816	0.344	0.602	1.762	25	0.008	-4.808	-0.039
Gatuño	*Mimosa dysocarpa*	Arbustivo	167	2.392	1.276	2.711	6.379	73	0.024	-3.733	-0.089
Balsamina	*Momordica charantia*	Enredadera	10	0.143	0.004	0.301	0.449	4	0.001	-6.549	-0.009
Batayaqui	*Montanoa tomentosa*	Arbustivo	2	0.029	0.086	0.301	0.416	1	0.000	-8.158	-0.002
Juan loco	*Nicotiana glauca*	Arbustivo	3	0.043	0.032	0.301	0.376	1	0.000	-7.752	-0.003
Nopal	*Opuntia chlorotica*	Arbustivo	8	0.115	0.014	1.506	1.634	3	0.001	-6.772	-0.008
Guasaraco	*Parthenium stramonium*	Arbustivo	3	0.043	0.032	0.301	0.376	1	0.000	-7.752	-0.003
Guasaraco	*Parthenium Tomentosum*	Arbustivo	54	0.773	0.145	0.301	1.219	23	0.008	-4.862	-0.038
Manzanilla	*Perityle emoryi*	Herbaceo	67	0.960	0.009	1.205	2.174	29	0.010	-4.646	-0.045
Uña de león	*Pisonia aculeata*	Arbustivo	1	0.014	0.011	0.301	0.326	0	0.000	-8.851	-0.001
Chino	*Pithecellobium mexicanum*	Arboreo	19	0.272	11.451	0.602	12.325	8	0.003	-5.907	-0.016
Aliso	*Platanus wrightii*	Arboreo	1	0.014	0.268	0.301	0.583	0	0.000	-8.851	-0.001
Portulaca	*Portulaca pilosa*	Herbaceo	20	0.286	0.002	0.301	0.590	9	0.003	-5.855	-0.017
Mezquite	*Prosopis glandulosa*	Arboreo	81	1.160	9.058	3.916	14.134	35	0.012	-4.457	-0.052
Encino blanco	*Quercus arizonica*	Arboreo	48	0.687	10.414	1.506	12.607	21	0.007	-4.980	-0.034
Encino	*Quercus emoryi*	Arboreo	22	0.315	1.473	0.602	2.391	10	0.003	-5.760	-0.018
Sapuche	*Randia mollifolia*	Arbustivo	4	0.057	0.011	0.301	0.369	2	0.001	-7.465	-0.004
Crameria	*Ruellia californica*	Arbustivo	430	6.159	2.948	1.506	10.613	187	0.062	-2.787	-0.172
Palma	*Sabal uresana*	Arboreo	10	0.143	0.964	1.205	2.312	4	0.001	-6.549	-0.009
Huichuri	*Sarcostemma clausum*	Enredadera	35	0.501	0.060	0.602	1.164	15	0.005	-5.296	-0.027
Hierba de la flecha	*Sebastiania biloculare*	Arbustivo	49	0.702	2.253	2.108	5.063	21	0.007	-4.959	-0.035
Helechos	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceo	130	1.862	0.014	0.602	2.478	57	0.019	-3.984	-0.074
Bebelama	*Sideroxylon Occidentale*	Arbustivo	3	0.043	0.201	0.301	0.545	1	0.000	-7.752	-0.003
Mala mujer	*Solanum tridynamum*	Arbustivo	311	4.454	3.332	3.313	11.100	135	0.045	-3.111	-0.139
Pitahaya dulce	*Stenocereus thurberi*	Arboreo	9	0.129	0.307	2.108	2.545	4	0.001	-6.654	-0.009
Gloria	*Tecoma stans*	Arbustivo	110	1.575	2.405	4.217	8.198	48	0.016	-4.151	-0.065
Verdolaga	*Trianthema portulacastrum*	Herbaceo	80	1.146	0.012	0.904	2.061	35	0.011	-4.469	-0.051
Ortiga	*Urtica urens*	Arbustivo	12	0.172	0.032	0.602	0.806	5	0.002	-6.366	-0.011
Vinorma	*Vachellia farnesiana*	Arbustivo	64	0.917	1.686	3.313	5.916	28	0.009	-4.692	-0.043
Yuca	*Yucca schottii*	Arboreo	28	0.401	0.882	2.108	3.391	12	0.004	-5.519	-0.022
			6982	100.000	100.000	100.000	300.000	3,036	1.000	-396.708	-3.437
				I. Shannon H =							3.437
				Máxima diversidad del ecosistema H' max =							4.290
				Equitatividad (J) H/H' max =							0.801

IV.2.2.3.6 Definir la biomasa por hectárea promedio por tipo de vegetación

Debido a que muy raras veces la comunidad vegetal es homogénea, es necesario tomar muestras de tamaño y número, adecuados para incluir toda la variación florística, cuantitativa y cualitativa de la comunidad. Esto es, en el sentido de la vegetación siempre se confronta el problema de determinar qué tamaño y número de parcelas (cuadros o transectos) son necesarias para obtener una muestra representativa.

El volumen por unidad muestral se obtiene a partir de los árboles medidos y se expande a la unidad de superficie utilizando el factor de expansión definido por el tamaño de la unidad muestral. La determinación del volumen se realizó por individuos.

Durante las actividades de muestreo y registro de información necesaria para la estimación del volumen maderable del Proyecto, se levantaron las variables dasométricas que permitieron obtener el volumen por especie a remover para cada predio, que compone el área solicitada para cambio de uso de suelo; en este sentido se presentan las variables cuantitativas que fueron consideradas para cada especie maderable encontrada, lo cuales son:

IV.2.2.3.6.1 Altura

La altura de un árbol se define como la distancia del suelo a la punta o ápice del Árbol; a lo largo del fuste se mide en metros, los instrumentos utilizados para medir las alturas en los árboles son: Hipsómetros, Silva, Blumeleiss, clinómetros, etc. Las herramientas utilizadas fueron el clinómetro y la cinta métrica para árboles pequeños. Se anotaron los datos por especie y en los casos en que el árbol presentaba más de un fuste superior a 10 centímetros diamétricos se contabilizó como individuos independientes.

IV.2.2.3.6.2 Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Una forma muy utilizada para cubicar madera es medir el diámetro del árbol a 1.30 mts., sobre el nivel del suelo; a este se le conoce como Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Para la obtención de esta medida se utiliza la forcípula o la cinta diamétrica. La forcípula es más cómoda para medir árboles hasta 50 cm., de DAP; para árboles más gruesos, se utiliza la cinta diamétrica. La cinta diamétrica, comparada con la forcípula proporciona una lectura más exacta. La herramienta utilizada fue la cinta diamétrica y se contabilizaron sólo los especímenes con un DAP igual o mayor a 10 cm.

Para la toma de estos datos, se empleó el siguiente equipo:

- **Cintas métricas de 30 y 50 m**
- **Cuerda compensada**
- **Receptor de GPS**
- **Cintas flagging**
- **Cintas diamétrica**
- **Clinómetro**
- **Altímetro**
- **Plano general de la obra**

Para registrar las variables particulares de los diferentes individuos del total del sitio de muestreo, se siguieron las recomendaciones propuestas por Husch y colaboradores (2003):

- **La medición del diámetro de un árbol, cuando exista pendiente es por la parte alta o superior de esta.**
- **La medición de la altura se realiza en un plano horizontal a su base, no se realiza por la parte superior o inferior.**
- **Si presenta una anormalidad, la medición deberá ser por la parte inferior de esta.**
- **Cuando un árbol presenta tallos múltiples, cada tallo se registra por separado, no se deberán sumar los diámetros.**

El volumen forestal es un parámetro muy utilizado por los profesionales forestales para establecer la cantidad de madera de una o varias especies existentes en una determinada zona. El volumen de la madera cosechable se obtiene a partir del área basal y la altura comercial o total del tronco de un árbol. El tronco generalmente tiene forma cónica y, por lo tanto, es inevitable tomar esto en cuenta para lograr una mayor exactitud en el cálculo.

El volumen del fuste es el aumento que presenta un árbol o una masa forestal en un tiempo determinado, como resultado de su crecimiento, y es una variable útil para el manejo de los terrenos forestales. Es un valor conferido por las dimensiones (diámetro normal y altura), así como por la forma del individuo, por lo que para su estimación es necesaria la utilización de un Coeficiente de Forma o Mórfico (CM) que, de acuerdo con Cailliez (1980), resulta difícil establecer, ya que depende de la configuración del crecimiento de cada especie.

De acuerdo con Corral (2011), cuando no se tienen tablas de volumen de las especies encontradas, se sugiere utilizar una ecuación estandarizada para no incurrir en sub o sobreestimaciones. Por otra parte Romahn (1999), menciona que la utilización de coeficientes mórficos resulta particularmente útil para el caso de las zonas en las que no se cuenta con tablas de volumen para las especies de interés. El volumen de los árboles se calculará utilizando un factor de forma, como se describe a continuación:

$$V = (ab)(h)(0.45)$$

$$ab = \left(\frac{DN}{100}\right)^2 (0.7854)$$

Dónde:
V = *Volumen*
ab = *área basal*
h = *altura*
0.45 = *Coeficiente de forma*
DN = *Diámetro normal (en cm)*
0.7854 = *Factor resultante de la relación* $\frac{\pi}{4}$ *; siendo* π=3.1416

Se calculó el volumen de forma individual; posteriormente, se realizó la sumatoria de cada uno de los sitios de muestreo, se dividió entre el número de sitios, se obtuvo el volumen por hectárea, para posteriormente extrapolarlo a la superficie total por aprovechar. Se obtuvo la estimación del volumen forestal por especie.

Con base en ello, se presentan los resultados del cálculo de volúmenes forestales de las áreas del Proyecto, para la extrapolación de los volúmenes estimados.

Tabla IV.13 Volumen de Biomasa por Hectárea Tipo del Proyecto.						
No.	**Especie**	**Nombre científico**	**Estrato**	**Volumen unitario (m3) R.T.A.**	**Volumen Total del muestreo (m3) R.T.A.**	**Volumen estimado en ha-tipo (m3) R.T.A.**
1	Malva	*Abutilon palmeri*	Arbustivo	0.0010	0.0167	0.0073
2	Guinolo	*Acacia cochliacantha*	Arbustivo	0.0025	0.0468	0.0204
3	Teso	*Acacia occidentalis*	Arboreo	0.0358	0.0403	0.0175
4	Lechugilla	*Agave bovicornuta*	Arbustivo	0.0569	0.1316	0.0572
5	Quelite	*Amaranthus palmeri*	Herbaceo	0.0003	0.0208	0.0090
6	Chicura	*Ambrosia ambrosioides*	Arbustivo	0.0012	0.0195	0.0085
7	Estafiate	*Ambrosia artemisiifolia*	Herbaceo	0.0002	0.0161	0.0070
8	Chicurilla	*Ambrosia cordifolia*	Arbustivo	0.0001	0.0020	0.0009
9	Jecota	*Ambrosia monogyra*	Arbustivo	0.0002	0.0009	0.0004
10	San miguelito	*Antigonum leptopus*	Enredadera	0.0001	0.0040	0.0017
11	Jarilla	*Baccharis glutinosa*	Arbustivo	0.0002	0.0012	0.0005
12	Piojo	*Caesalpinia palmeri*	Arbustivo	0.0002	0.0089	0.0039
13	Chiltepin	*Capsicum baccatum*	Arbustivo	0.0001	0.0012	0.0005
14	Pochote	*Ceiba acuminata*	Arboreo	0.0174	0.0304	0.0132
15	Bainoro blanco	*Celtis pallida*	Arbustivo	0.0008	0.0086	0.0038
16	Cumaro	*Celtis reticulata*	Arboreo	0.0020	0.0039	0.0017
17	Zacate bufel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceo	0.0000	0.0001	0.0000
18	Samota	*Coursetia glandulosa*	Arbustivo	0.0011	0.0193	0.0084
19	Chicayota	*Cucurbita argyrosperma*	Enredadera	0.0000	0.0000	0.0000
20	Sibiri	*Cylindropuntia thurberi*	Arbustivo	0.0072	0.0590	0.0256
21	Zacate liebrero	*Cynodon dactylon*	Herbaceo	0.0001	0.0083	0.0036
22	Sotol	*Dasylirion wheeleri*	Arbustivo	0.1505	0.6007	0.2612
23	Tarachico	*Dodonaea viscosa*	Arbustivo	0.0009	0.0257	0.0112
24	Rama blanca	*Encelia farinosa*	Arbustivo	0.0013	0.0788	0.0343
25	Chilicote	*Erythrina flabelliformis*	Arboreo	0.0324	0.0381	0.0166
26	Palo dulce	*Eysenhardtia orthocarpa*	Arboreo	0.0032	0.0134	0.0058
27	Ocotillon	*Fouquieria macdougalii*	Arbustivo	0.0117	0.0277	0.0120
28	Brasil	*Haematoxylon brasiletto*	Arboreo	0.0003	0.0003	0.0001
29	Baiquillo	*Herbacea Sesbania*	Herbaceo	0.0000	0.0000	0.0000
30	Salvia	*Hyptis emoryi*	Arbustivo	0.0024	0.0118	0.0051
31	Palo blanco	*Ipomoea arborescens*	Arboreo	0.1124	0.1874	0.0815
32	Palo bobo	*Ipomoea murucoides*	Arbustivo	0.0003	0.0006	0.0003
33	Ipomea	*Ipomoea purpurea*	Herbaceo	0.0000	0.0000	0.0000
34	Sangregado	*Jatropha cinerea*	Arbustivo	0.0026	0.0878	0.0382
35	Cedro	*Juniperus deppeana*	Arboreo	0.0628	1.0053	0.4371
36	Cacachila	*Karwinskia humboldtiana*	Arbustivo	0.0006	0.0009	0.0004
37	Cosahui	*Krameria parvifolia*	Arbustivo	0.0002	0.0011	0.0005
38	Confite	*Lantana camara*	Arbustivo	0.0005	0.0305	0.0133
39	Hierba del burro	*Lippia alba*	Arbustivo	0.0001	0.0024	0.0010

40	Picacieso	*Lycium berlandieri*	Arbustivo	0.0004	0.0008	0.0003
41	Tepehuaje	*Lysiloma watsonii*	Arboreo	0.0761	0.6766	0.2942
42	Malva	*Malva parviflora*	Arbustivo	0.0006	0.0146	0.0064
43	Viejito	*Mammillaria grahamii*	Arbustivo	0.0661	0.2388	0.1038
44	Estrella	*Manihot rubricaulis*	Arbustivo	0.0008	0.0233	0.0101
45	Gatuño	*Mimosa dysocarpa*	Arbustivo	0.0012	0.0232	0.0101
46	Balsamina	*Momordica charantia*	Enredadera	0.0000	0.0000	0.0000
47	Batayaqui	*Montanoa tomentosa*	Arbustivo	0.0020	0.0039	0.0017
48	Juan loco	*Nicotiana glauca*	Arbustivo	0.0003	0.0009	0.0004
49	Nopal	*Opuntia chlorotica*	Arbustivo	0.0145	0.0203	0.0088
50	Guasaraco	*Parthenium stramonium*	Arbustivo	0.0001	0.0002	0.0001
51	Guasaraco	*Parthenium Tomentosum*	Arbustivo	0.0001	0.0042	0.0018
52	Manzanilla	*Perityle emoryi*	Herbaceo	0.0000	0.0000	0.0000
53	Uña de león	*Pisonia aculeata*	Arbustivo	0.0003	0.0003	0.0001
54	Chino	*Pithecellobium mexicanum*	Arboreo	0.0393	0.4555	0.1981
55	Aliso	*Platanus wrightii*	Arboreo	0.0707	0.0707	0.0307
56	Portulaca	*Portulaca pilosa*	Herbaceo	0.0000	0.0000	0.0000
57	Mezquite	*Prosopis glandulosa*	Arboreo	0.0675	1.1778	0.5121
58	Encino blanco	*Quercus arizonica*	Arboreo	0.3868	2.8942	1.2583
59	Encino	*Quercus emoryi*	Arboreo	0.0628	0.6912	0.3005
60	Sapuche	*Randia mollifolia*	Arbustivo	0.0003	0.0013	0.0005
61	Crameria	*Ruellia californica*	Arbustivo	0.0003	0.0270	0.0118
62	Palma	*Sabal uresana*	Arboreo	0.3613	0.8090	0.3517
63	Huichuri	*Sarcostemma clausum*	Enredadera	0.0000	0.0000	0.0000
64	Hierba de la flecha	*Sebastiania biloculare*	Arbustivo	0.0033	0.0306	0.0133
65	Helechos	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceo	0.0000	0.0001	0.0000
66	Bebelama	*Sideroxylon Occidentale*	Arbustivo	0.0020	0.0059	0.0026
67	Mala mujer	*Solanum tridynamum*	Arbustivo	0.0013	0.0334	0.0145
68	Pitahaya dulce	*Stenocereus thurberi*	Arboreo	0.2152	0.2479	0.1078
69	Gloria	*Tecoma stans*	Arbustivo	0.0033	0.0287	0.0125
70	Verdolaga	*Trianthema portulacastrum*	Herbaceo	0.0000	0.0008	0.0003
71	Ortiga	*Urtica urens*	Arbustivo	0.0002	0.0009	0.0004
72	Vinorma	*Vachellia farnesiana*	Arbustivo	0.0057	0.0343	0.0149
73	Yuca	*Yucca schottii*	Arboreo	0.1122	0.3168	0.1377
			Total	2.0041	10.3857	4.5155

IV.2.2.4 Fauna

La fauna de Sonora resulta interesante y variada, debido a la diversidad fisiográfica del territorio en el estado. Sonora es el segundo estado más grande del país con un área de 184 934 km^2. Una gran porción (48%) está cubierta por el Desierto Sonorense, que ocupa gran parte del Centro y Oeste del estado. El Golfo de California y El Río Colorado forman la frontera Noroeste de Sonora como parte del Desierto Sonorense. Los ambientes neotropicales ocurren hacia el Sur del estado, pero con importantes entradas de flora y fauna tropical hacia el Norte de la entidad, a través de ríos como el Cuchujaqui, Mayo, Bavispe-Yaqui y, en menor aportación, el Sonora. La Sierra Madre Occidental, hacia el Este, separa a Sonora de Chihuahua y del Desierto Chihuahuense, aunque su influencia se deja sentir en algunas porciones del Noreste del estado, en las altas planicies desde la Sierra el Chivato, al Oeste de Santa Cruz, hacia la Sierra San Luis. La Sierra Madre Occidental y su gran área de influencia a través de las «Islas del Cielo», constituye una gran influencia neártica para el estado. Esta vasta y diversa composición fisiográfica, provee de una gran diversidad de comunidades bióticas, las cuales permiten una gran variedad de hábitats para una gran diversidad de especies (Castillo-Gámez, et al., 2010).

IV.2.2.4.1 Composición de las comunidades faunísticas

México es considerado un país megadiverso debido, en parte, a que cuenta con una gran diversidad biológica y diferentes ecosistemas. Algunos autores (e.g., Koleff & Moreno, 2005; SEMARNAT, 2008), lo consideran como el segundo país con mayor diversidad de ecosistemas y el tercero en riqueza de especies (Carabias et al. 1994), albergando a más del 12% de la biota total del mundo (Toledo & Ordóñez 1998).

Dentro del término biodiversidad, la fauna silvestre tiene una importancia vital para los sistemas biológicos que forman parte del paisaje natural, ya que interviene en forma fundamental en los mecanismos que mantienen el funcionamiento de los ecosistemas naturales. Según Kremen (1992), existen especies de fauna silvestre que son útiles para monitorear condiciones generales de un ecosistema; por lo tanto, funcionan como elementos indicadores de la calidad, fragilidad o estabilidad del ecosistema. Este tipo de información es necesaria para la planeación de los proyectos de desarrollo, pues nos permite saber acertadamente los puntos más frágiles de un ecosistema.

Las comunidades faunísticas constituyen un recurso natural importante, cuya conservación es necesaria puesto que, como ya se mencionó, sirven como excelentes indicadores de las

condiciones ambientales de un determinado ámbito geográfico. En sí la evaluación de fauna silvestre, dentro de un estudio de impacto ambiental, se orienta a satisfacer tres objetivos:

- **Seleccionar un grupo faunístico que describa la estabilidad (o desequilibrio) ambiental del sitio donde se establecerá el Proyecto o la actividad.**
- **Identificar a especies con algún régimen de protección derivado de la normatividad nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) o internacional (CITES, 2005).**
- **Considerar a aquellas especies que serán afectadas por el establecimiento del Proyecto y que no se encuentran en algún régimen de protección.**

Para los propósitos de la presente Caracterización de Fauna, se eligió a los vertebrados (que agrupa a peces dulce acuícolas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), como el grupo faunístico “indicador” de la situación del ambiente, ya que es el que exhibe menores limitaciones ocasionadas por las dificultades taxonómicas, escalas espaciales de su distribución y estacionalidad, atributos que lo convierten en excelentes indicadores de la estabilidad de una zona determinada.

Recientemente, ante el interés de reunir toda la información referente a la fauna de Sonora, se han generado trabajos monográficos, los cuales reúnen un importante contenido histórico y biogeográfico sobre ésta, que se encuentra presente en el estado, información albergada en las colecciones científicas de México y el extranjero, en la literatura y el trabajo original de campo realizado por grupos interesados en el conocimiento y conservación de la biodiversidad. Con respecto al conocimiento sobre los grupos de vertebrados, podemos mencionar que se tienen registradas 896 especies de vertebrados terrestres para Sonora de las cuales, 54 son peces dulceacuícolas, 35 anfibios, 140 reptiles, 543 aves y 124 mamíferos (F. Molina-Freaner y Van Devender, 2010).

Dentro del estado de Sonora se han definido cuatro regiones fisiográficas: la Llanura Sonorense en el Noroeste y Occidente, la Sierra Madre Occidental en el Oriente, las Sierras y Llanuras del Norte en la región Centro-Norte y la Llanura Costera del Pacífico en el Sur (INEGI, 2000).

En este sentido, la presente investigación se enmarca dentro de los esfuerzos de una línea base de captura de información faunística en la zona Noreste del estado de Sonora, como parte del Proyecto La Ventana. Los resultados generados, además de formar parte indispensable del análisis diagnóstico para la línea base ambiental del proyecto, servirán también al incremento del conocimiento de la fauna el cual es escaso; además, se espera contribuir al conocimiento sobre el estado de las comunidades y los patrones de riqueza en la región.

Si bien es cierto que los estudios sobre biodiversidad se basan en una compleja serie de estrategias, en las cuales se intenta la medición de este parámetro como una propiedad de las comunidades ecológicas, debe tenerse en cuenta que por cada unidad geográfica se encuentra un número variable de comunidades. Por lo tanto, la separación de componentes Alpha, Beta y Gamma (Whittaker, 1972), puede ser de gran utilidad. La diversidad Alpha es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea; la diversidad Beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje y, la diversidad Gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de la diversidad Alpha como de la diversidad Beta (Whittaker, 1972). Una de estas estrategias básicas del trabajo faunístico es, en primer lugar, tener una aproximación y valoración de la biodiversidad en el contexto de la diversidad taxonómica y número de especies a escala local o sitio de interés (diversidad alfa), en el predio para el Proyecto La Ventana, en el entendido de que medir la abundancia relativa de cada especie, permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad, son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, C. E. 2001). Esta información será el marco de referencia para discusiones posteriores acerca del recambio de especies a través del tiempo y su composición, de acuerdo con la estacionalidad, comparando la heterogeneidad de la fauna y el paisaje (diversidad beta), y su asociación en un contexto regional visto como Sistema Ambiental (diversidad gamma).

IV.2.2.4.2 Especies existentes en el área de estudio

Se consultó la bibliografía especializada en materia de fauna silvestre para la zona de estudio, con la intención de confirmar y complementar la posible fauna que habita en el predio y sus inmediaciones.

IV.2.2.4.2.1 Peces

El grupo de los peces es el más diverso de los vertebrados con 27,977 especies en todo el mundo, de los cuales en México tenemos la presencia de 2,716, y, a su vez, en el estado de Sonora se cuenta con 109 representantes de éste taxa hasta el momento (Figura IV.29), de las 33 son de derivación periférica, 79 son especies estrictamente dulceacuícolas, 54 son nativas, repartidas en 6 familias y 23 géneros (Cyprinidae, Catostomidae, Ictaluridae, Salmonidae, Centrarchidae y Cichlidae). Como especies secundarias están 23 agrupadas en seis familias (Clupeidae, Poeciliidae, Cyprinodontidae, Eleotridae, Gobiidae y Paralichthyidae), y al menos 26 introducidas (Varela-Romero y Hendrickson, 2010). Se conoce que sólo 4 especies son endémicas al estado.

Las especies nativas son de origen neártico o neotropical y representan 9.6% de las especies de peces nativos del país y 22%, 34.3% y 41.1% de los géneros, familias y órdenes de estas especies, respectivamente (Varela-Romero y Hendrickson, 2010). Además, constituyen 40% de los clupeidos, 17.7% de los ciprinifórmes (ciprínidos y catostómidos), 16.6% de los salmónidos, 6.5% de los ciprinodontiformes (pecílidos y ciprinodóntidos) y 4.5% de los ictalúridos del país (Varela-Romero y Hendrickson, 2010).

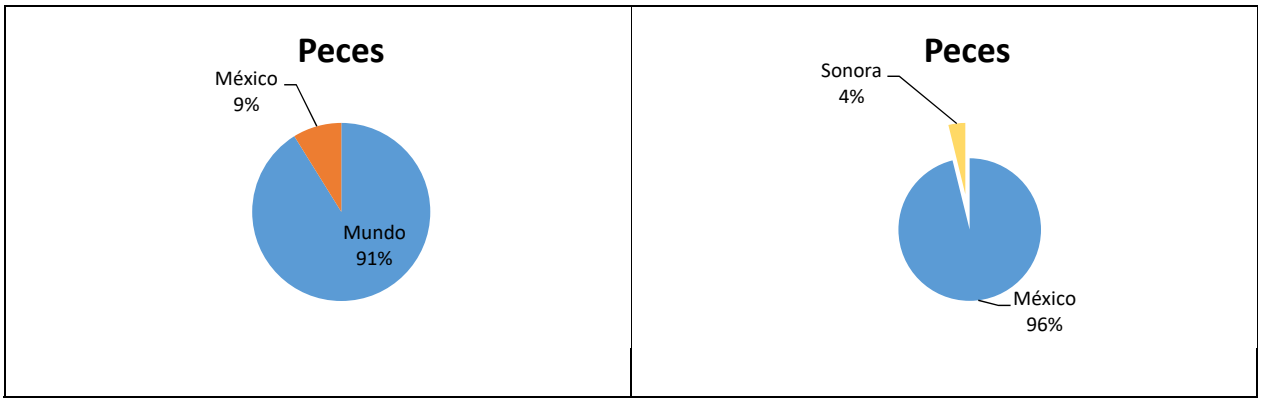


Figura IV.29. Porcentaje de especies de peces del mundo en relación con México y el estado de Sonora.

Actualmente, respecto a especies nativas, una especie está extinta (*Xyrauchen texanus)* y nueve han sido extirpadas (*Gila elegans, Gila intermedia, Gila purpurea, Gila robusta, Rhinichthys cobitis, Rhinichthys osculus, Ptychocheilus lucius, Catostomus insignis, Cyprinodon macularius, Ictalurus pricei*) del territorio sonorense, a causa de la alteración y fragmentación de hábitats por la construcción de presas, el uso indiscriminado del agua para fines agropecuarios, mineros y de desarrollo humano y a la introducción de peces exóticos (Varela-Romero y Hendrickson, 2010). El 50% de las especies de peces nativas de Sonora se encuentran incluidas bajo alguna categoría de protección a nivel federal; ocho se encuentran en peligro de extinción, 10 amenazadas y cuatro sujetas a protección especial, de acuerdo con la actual Norma Oficial Mexicana (NOM-059), pero se estima que el estatus de especies en el estado de Sonora se incrementará de acuerdo a sus actualizaciones.

El Proyecto La Ventana se encuentra acentado en la cuenca del río Yaqui, la cual cuenta con la mayor diversidad de peces, con 34.24% del total de las especies registradas para el estado (Varela-Romero y Hendrickson, 2010). Su fauna íctica presenta bajo endemismo, se comparte con cuencas vecinas como las de los ríos Mayo al Sur y Gila al Norte. Se ha reportado intercambio de peces con las cuencas orientales adyacentes del lago Guzmán y del río Conchos en la Mesa del Norte y al Oeste con las cuencas del Sonora y el Mátape (Miller et al., 2005).

Como representantes de la cuenca del rio Yaqui, tenemos nueve ciprínidos, el rodapiedras mexicano, las carpitas yaqui (*Cyprinella formosa*), adornada (*Cyprinella ornata*) y una forma no descrita (*Cyprinella n. sp*.) del desierto, aleta redonda mexicana (*Gila minacae*), púrpura (*G. purpurea*) y cabezona (*Pimephales promelas*), el pupo mexicano (*Rhinichthys n. sp.)*, los matalotes yaqui (*Catostomus bernardini*), Cahita (*C. cahita*), del Bavíspe *(C. leopoldi*) y del Bravo (*C. plebeius*) coexisten con el bagre yaqui (*Ictalurus pricei*) y los guatopotes del Gila y Culiche (*Poeciliopsis prolifca*) (Ver Tabla IV.14). Caso especial para una trucha yaqui (*Oncorhynchus n. sp.)* aún no descrita, se distribuye en la parte alta de los arroyos de aguas frías de esta cuenca y la del río Mayo. La mojarra sinaloense (*Herichthys beani*) registra aquí su distribución más norteña y comparte en la cuenca baja el hábitat con la sardinita del Pacífico (*Dorosoma smithi*) (Minckley *et al*., 1980). Tabla IV.14.

Tabla 14. Resumen de la riqueza de especies de peces dulceacuícolas nativos

Especie	México			Sonora			% de especies
	Familias	Géneros	Especies	Familias	Géneros	Especies	
Petromyzontiformes	1	1	2	0	0	0	0.0
Acipenseriformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Anguilliformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Clupeiformes	1	2	5	1	2	2	40.0
Cypriniformes	2	23	107	2	9	19	17.8
Characiformes	1	5	8	0	0	0	0.0
Siluriformes	3	7	22	1	1	1	4.5
Gymnotiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Salmoniformes	1	1	6	1	1	1	16.7
Ophidiiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Batrachoidiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Gobiesociformes	1	1	2	0	0	0	0.0
Cyprinodontiformes	6	39	169	2	3	11	6.5
Atheriniformes	1	4	37	1	1	1	2.7
Gasterosteiformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Synbranchyformes	1	1	1	0	0	0	0.0
Perciformes	8	19	74	3	7	7	9.5
Total	32	109	439	11	24	42	9.6
% para Sonora	–	–	–	34.4	22	9.6	–

Fuente: Miller *et al.* (2005).

Tabla 14. Peces nativos de Sonora incluidos en la NOM-059-ECOL-2001					
Familia	**Nombre común**	**Especie**	**Categoría federal**	**Distribución en el país**	**Situación Actual/Propuesta**
Cyprinidae	Pupo panzaverde	*Agosia (Rhinichthys) chrysogaster*	A	No endémica	A
Cyprinidae	Carpita yaqui	*Cyprinella formosa*	A	No endémica	A
Cyprinidae	Carpita adornada	*Cyprinella ornata*	A	Endémica	–
Cyprinidae	Carpa sonorense	*Gila ditaenia*	A	No endémica	A
Cyprinidae	Carpa elegante	*Gila elegans*	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	Carpa del Gila	*Gila intermedia*	P	No endémica	P
Cyprinidae	Carpa púrpura	*Gila purpurea*	P	No endémica	P
Cyprinidae	--	*Gila robusta*	Pr	No endémica	Ex*
Cyprinidae	Carpita locha	*Rhinichthys cobitis*	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	Carpita pinta	*Rhinichthys osculus*	P	No endémica	Ex*
Cyprinidae	Carpa gigante del Colorado	*Ptychocheilus lucius*	E	No endémica	Ex
Catostomidae	Matalote yaqui	*Catostomus bernardini*	Pr	No endémica	–
Catostomidae	Matalote cahita	*Catostomus cahita*	A	Endémica	A
Catostomidae	Matalote de Sonora	*Catostomus insignis*	P	No endémica	P
Catostomidae	Matalote de Bavispe	*Catostomus leopoldi*	Pr	Endémica	A*
Catostomidae	Matalote del Bravo	*Catostomus plebeius*	A	No endémica	–
Catostomidae	Matalote opata	*Catostomus wigginsi*	A	Endémica	A
Catostomidae	Matalote jorobado	*Xyrauchen texanus*	P	No endémica	E*
Cyprinodontidae	Cachorrito del desierto	*Cyprinodon macularius*	P	No endémica	P
Ictaluridae	Bagre yaqui	*Ictalurus pricei*	Pr	No endémica	P*
Poeciliidae	Topote del Pacífico	*Poecilia butleri*	A	No endémica	–
Poeciliidae	Guatopote de Sonora	*Poeciliopsis occidentalis*	A	No endémica	–
Poeciliidae	Guatapote del Fuerte	*Poeciliopsis latidens*	A	No endémica	–

Nota: Ex = Extirpada, P = En peligro de extinción, A = Amenazada, Pr = Sujeta a protección Especial. *Propuesta de inclusión en la nueva NOM-059*

IV.2.2.4.2.2 Reptiles y Anfibios

Con respecto a la Herpetofauna, el conjunto de Anfibios y Reptiles tiene un registro de 13,018 especies reconocidas en todo el Mundo, de las cuales de las que habitan en México, 804 son reptiles y 361 son Anfibios. Específicamente en Sonora, son 186 especies, de los cuales 37 son anfibios y 152 reptiles (Enderson *et al.* 2009) (Figura 30).

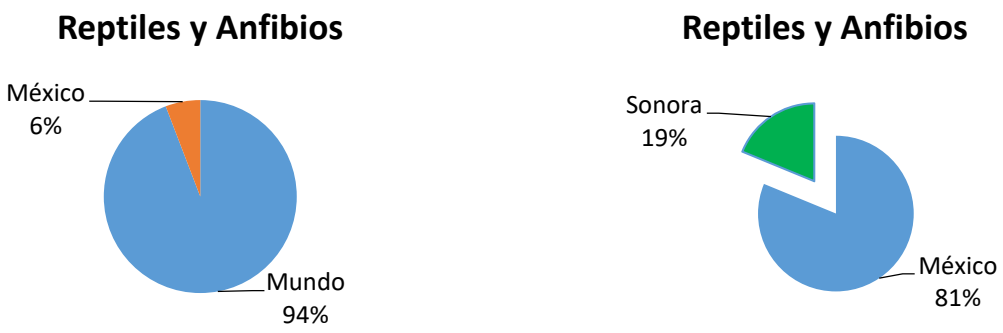


Figura IV.30. Porcentaje de especies de la Herpetofauna del mundo en relación con México y el estado de Sonora.

Del total de la herpetofauna, el 19% (34 especies) están asociadas a la Sierra Madre Occidental, el 32% está asociada al Desierto Sonorense, 28% a las regiones tropicales del Sur, 19% al clima templado de la Sierra Madre Occidental y 19% a su archipiélago norte de las islas montañosas.

Una aproximación a la herpetofauna total en el área estudio para el Proyecto La Ventana, es el trabajo realizado por Enderson *et. al.* 2014, en el municipio de Yécora (150 km., al Sur), ya que comparten condiciones similares de la Sierra Madre Occidental. Se reportan para este municipio la presencia de 93 especies comprendidas en 59 géneros y 27 familias, de las cuales 20 especies son anfibios y 73 reptiles.

Se enumeran 6 especies de tortugas, 25 especies de lagartijas y 42 de serpientes. La familia más diversa es Colubridae (34 especies) y Phrynosomatidae (14 especies), Bufonidae, Hylidae y Viperidae con cinco especies cada uno. El género con más representantes es Sceloporus (8 especies) y Crotalus (5 especies), Coluber, Incilus, Kinosternon y Prhynosdoma con 3 especies cada uno. Se incluyen 36 especies protegidas bajo los estándares nacionales de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.15).

Tabla IV.15 Listado Potencial de Reptiles.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	Nombre común	ESPECIE	NOM-059
Amphibia	Caudata	Ambystomatidae	Ajolote tarahumara	*Ambystoma rosaceum*	Pr
Amphibia	Caudata	Plethodontidae	Tlaconete pinto	*Pseudoeurycea bellii*	A
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapo pie de pala	*Anaxyrus mexicanus*	
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapo de puntos rojos	*Anaxyrus punctatus*	
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapo del desierto de Sonora	*Incilius alvarius*	
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapito pinto de Mazatlán	*Incilius mazatlanensis*	

Tabla IV.15 Listado Potencial de Reptiles.					
CLASE	**ORDEN**	**FAMILIA**	**Nombre común**	**ESPECIE**	**NOM-059**
Amphibia	Anura	Bufonidae	Sapo chihuahuense	*Incilius mccoyi*	
Amphibia	Anura	Craugastoridae	Rana ladradora amarilla	*Craugastor augusti*	
Amphibia	Anura	Craugastoridae	Rana ladradora Tarahumara	*Craugastor tarahumaraensis*	Pr
Amphibia	Anura	Eleutherodactylidae	Rana chirriadora anteojuda	*Eleutherodactylus interorbitalis*	Pr
Amphibia	Anura	Hylidae	Ranita de cañon	*Hyla arenicolor*	
Amphibia	Anura	Hylidae	Ranita de montaña	*Hyla wrightorum*	
Amphibia	Anura	Hylidae	Rana de árbol mexicana	*Pachymedusa dacnicolor*	
Amphibia	Anura	Hylidae	Rana de árbol mexicana	*Smilisca baudinii*	
Amphibia	Anura	Hylidae	Rana deárbol de tierras bajas	*Smilisca fodiens*	
Amphibia	Anura	Leptodactylidae	Ranita hojarasca	*Leptodactylus melanonotus*	
Amphibia	Anura	Microhylidae	Sapo boca angosta de Mazatlán	*Gastrophryne mazatlanensis*	Pr
Amphibia	Anura	Pelobatidae	Sapo de espuela	*Scaphiopus couchii*	
Amphibia	Anura	Ranidae	Rana leopardo del noreste	*Lithobates magnaocularis*	
Amphibia	Anura	Ranidae	Rana tarahumara	*Lithobates tarahumarae*	
Reptilia	Testudines	Emydidae	Tortuga de monte	*Terrapene nelsoni*	Pr
Reptilia	Testudines	Emydidae	Jicotea yaqui	*Trachemys yaquia*	Pr
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Casquito de Sonora	*Kinosternon arizonense*	
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Tortuga pecho quebrada mexicana	*Kinosternon integrum*	Pr
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Tortuga pecho quebrado sonorense	*Kinosternon sonoriense*	
Reptilia	Testudines	Testudinidae	Tortuga del desierto de Sonora	*Gopherus morafkai*	A
Reptilia	Squamata	Anguidae	Lagarto escorpión de Arizona	*Elgaria kingii*	Pr
Reptilia	Squamata	Crotaphytidae	Lagartija de collar sonorense	*Crotaphytus nebrius*	
Reptilia	Squamata	Eublepharidae	Geco de bandas negras del noroeste	*Coleonyx fasciatus*	
Reptilia	Squamata	Gekkonidae	Salamanquesa sonorense	*Phyllodactylus homolepidurus*	
Reptilia	Squamata	Helodermatidae	Lagarto de chaquira	*Heloderma horridum*	A
Reptilia	Squamata	Iguanidae	Iguana de cola espinosa sonorense	*Ctenosaura macrolopha*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija cachora	*Callisaurus draconoides*	A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija sorda elegante	*Holbrookia elegans*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija cornuda de roca	*Phrynosoma ditmarsi*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Camaleón de montaña	*Phrynosoma orbiculare*	A
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Camaleón real	*Phrynosoma solare*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa del pacífico	*Sceloporus albiventris*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa del noroeste	*Sceloporus clarkii*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa de la Sierra Madre Occidental	*Sceloporus jarrovii*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija negra de los árboles	*Sceloporus lemosespinali*	Pr
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa de panza azul	*Sceloporus nelsoni*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija escamosa de grieta	*Sceloporus poinsettii*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija del zacate	*Sceloporus slevini*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija espinosa rayada	*Sceloporus virgatus*	
Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	Lagartija de árbol norteña	*Urosaurus ornatus*	
Reptilia	Squamata	Polychrotidae	Abaniquillo pañuelo del pacífico	*Anolis nebulosus*	
Reptilia	Squamata	Scincidae	Eslizón de la Sierra Madre Occidental	*Plestiodon callicephalus*	
Reptilia	Squamata	Scincidae	Eslizón pigmeo norteño	*Plestiodon parviauriculatus*	Pr
Reptilia	Squamata	Teiidae	Huico alpino	*Aspidoscelis costata*	Pr
Reptilia	Squamata		Huico occidental	*Aspidoscelis tigris*	

Tabla IV.15 Listado Potencial de Reptiles.					
CLASE	**ORDEN**	**FAMILIA**	**Nombre común**	**ESPECIE**	**NOM-059**
Reptilia	Squamata	Boidae	Boa	*Boa constrictor*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra arenera manchada del noroeste	*Chilomeniscus stramineus*	Pr
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra chirriadora sonorense	*Coluber bilineatus*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Chirrionera roja	*Coluber flagellum*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra chirrionera	*Coluber mentovarius*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra de collar	*Diadophis punctatus*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra arroyera de cola negra	*Drymarchon melanurus*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Minador	*Geophis dugesii*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra nariz de gancho occidental	*Gyalopion canum*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra nariz ganchuda matorralera	*Gyalopion quadrangulare*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra nocturna del desierto	*Hypsiglena chlorophaea*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra cordelilla	*Imantodes gemmistratus*	Pr
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra real	*Lampropeltis getula*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra real sonorense	*Lampropeltis pyromelana*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra real coralillo	*Lampropeltis triangulum*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Escombrera ojo de gato	*Leptodeira splendida*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra perico gargantilla	*Leptophis diplotropis*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra bejuquilla mexicana	*Oxybelis aeneus*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra de nariz larga	*Rhinocheilus lecontei*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Topera	*Pituophis catenifer*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra sorda mexicana	*Pituophis deppei*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra ilamacoa	*Pseudoficimia frontalis*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra parchada de cabestrillo	*Salvadora hexalepis*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Ratonera	*Senticolis triaspis*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra suelera cola plana	*Sonora aemula*	Pr
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra parda mexicana	*Storeria storerioides*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra cola corta mexicana	*Sympholis lippiens*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra cabeza negra de Chihuahua	*Tantilla wilcoxi*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra listonada cuello negro	*Thamnophis cyrtopsis*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra listonada del sur Mexicano	*Thamnophis eques*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Víbora de agua	*Thamnophis melanogaster*	A
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra de agua de cabeza angosta	*Thamnophis rufipunctatus*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Ilamacoa de noche	*Trimorphodon lambda*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Culebra lira mexicana	*Trimorphodon tau*	
Reptilia	Squamata	Colubridae	Caracolera de la Sierra Madre Occidental	*Tropidodipsas repleta*	
Reptilia	Squamata	Elapidae	Serpiente coralillo sonorense	*Micruroides euryxanthus*	A
Reptilia	Squamata	Elapidae	Serpiente coralillo del oeste mexicano	*Micrurus distans*	Pr
Reptilia	Squamata	Viperidae	Cascabel del Pacífico	*Crotalus basiliscus*	Pr
Reptilia	Squamata	Viperidae	Cascabel grís	*Crotalus lepidus*	Pr
Reptilia	Squamata	Viperidae	Víbora cascabel de diamantes	*Crotalus atrox*	Pr
Reptilia	Squamata	Viperidae	Cascabel de cola negra	*Crotalus molossus*	Pr
Reptilia	Squamata	Viperidae	Vibora cascabel bigotuda	*Crotalus willardi*	Pr

IV.2.2.4.2.3 Aves

Las aves son un grupo biológico idóneo para la evaluación de la calidad y salud de los ecosistemas, debido a que responden a los cambios que se presentan por las modificaciones en el ambiente. A pesar de que en los últimos años se ha presentado un esfuerzo importante por el desarrollo del conocimiento y conservación de las aves del estado de Sonora (Villaseñor-Gómez, 2010) y de que se han identificado Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS; Arizmendi and Márquez, 2000), la información biogeográfica del grupo y otros taxones es aún escasa.

Con el propósito de conocer la diversidad de la avifauna en el área donde se pretende realizar el Proyecto, en primera instancia se realizó una búsqueda intensiva de información recurriendo a los registros almacenados en bases de datos en línea (aVerAves, http://www.conabio.gob.mx; eBird, http://www.ebird.org), en la colección del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (MZFC), en literatura especializada sobre la avifauna correspondiente a la zona de estudio (Villaseñor-Gómez, 2010).

Hasta el momento se tienen determinadas 9, 721 especies en todo el mundo; de éstas, México cuenta con 1, 096 representantes, de las cuales en Sonora están corroboradas 556 especies incluidas en 73 familias y 20 órdenes (Figura IV.31), con 227 especies residentes, 46 residentes de verano, 233 migratorias de invierno y 50 migratorias de verano. De estas 556 especies, 66 están en riesgo, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 28 especies de acuerdo a los estándares internacionales de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN y 290 incluidas en el Acta de Conservación de Aves Migratorias Neotropicales de Estados Unidos.

La información previa disponible en tres áreas de conservación para biodiversidad, arrojó información importante de la avifauna de la región, donde el Área Natural Protegida (ANP): “Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Ajos Bavispe”, cuenta con 344 especies de aves; está ubicada a 50 km., aproximadamente al Noroeste; y dos áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA’s): Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental, con 359 especies de aves, ubicada aproximadamente a 16 km., al Noroeste, y Baserac Sierra Tabaco Rio Bavispe, con 280 especies de aves, la cual se encuentra ubicada a 22 km., al Este aproximadamente (Tabla IV.16).

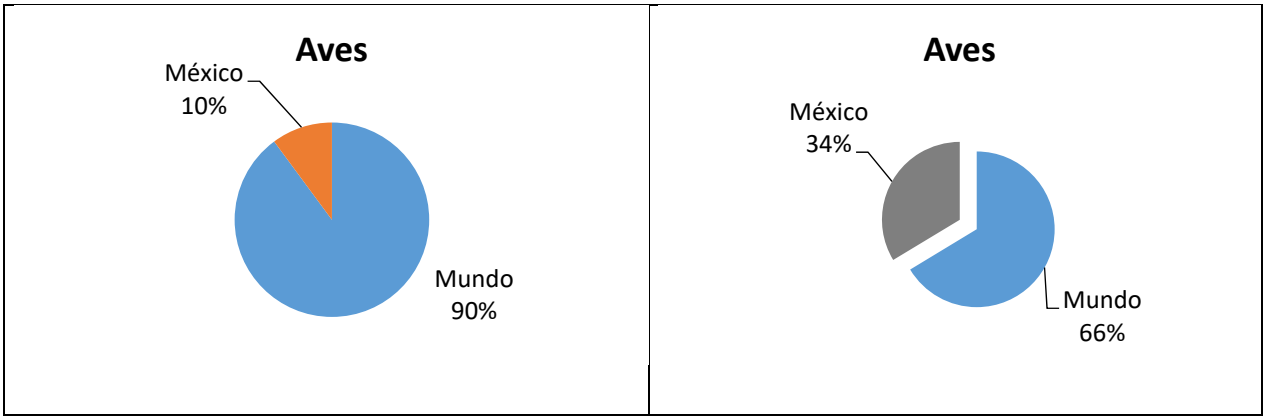


Figura IV.31. Porcentaje de especies de aves en el mundo en relación con México y el estado de Sonora.

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	NOM	UICN	ENDEMICA	NMBCA
Pijije Ala Blanca	*Dendrocygna autumnalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Ganso Canadiense	*Branta canadensis*	SC	LC	No endémica	No
Ganso Careto Mayor	*Anser albifrons*	SC	LC	No endémica	Sí
Ganso Blanco	*Chen caerulescens*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Golondrino	*Anas acuta*	SC	LC	No endémica	Sí
Cerceta Ala Azul	*Anas discors*	SC	LC	No endémica	Sí
Cerceta Canela	*Anas cyanoptera*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Cucharón Norteño	*Anas clypeata*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Friso	*Anas strepera*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Chalcuán	*Anas americana*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Coacoxtle	*Aythya valisineria*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Cabeza Roja	*Aythya americana*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Pico Anillado	*Aythya collaris*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Boludo Menor	*Aythya affinis*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Chillón	*Bucephala clangula*	SC	LC	No endémica	No
Pato Monja	*Bucephala albeola*	SC	LC	No endémica	No
Mergo Cresta Blanca	*Lophodytes cucullatus*	SC	LC	No endémica	Sí
Mergo Mayor	*Mergus merganser*	SC	LC	No endémica	No
Pato Tepalcate	*Oxyura jamaicensis*	SC	LC	No endémica	Sí
Cerceta Ala Verde	*Anas crecca*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato Arcoiris	*Aix sponsa*	SC	LC	No endémica	Sí
Pato de Collar	*Anas platyrhynchos*	SC	LC	No endémica	Sí
Guajolote Norteño	*Meleagris gallopavo*	PR	LC	No endémica	No
Codorniz Escamosa	*Callipepla squamata*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Codorniz Cresta Dorada	*Callipepla douglasii*	SC	LC	Endémica	No
Codorniz Chiquiri	*Callipepla gambelii*	SC	LC	No endémica	No
Codorniz Cotuí	*Colinus virginianus*	SC	NT	No endémica	No
Codorniz Moctezuma	*Cyrtonyx montezumae*	PR	LC	No endémica	No
Zambullidor Pico Grueso	*Podilymbus podiceps*	SC	LC	No endémica	Sí
Zambullidor Orejudo	*Podiceps nigricollis*	SC	LC	No endémica	Sí
Achichilique occidental	*Aechmophorus occidentalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Achichilique de Clark	*Aechmophorus clarkii*	SC	LC	No endémica	Sí
Pelícano Blanco	*Pelecanus erythrorhynchos*	SC	LC	No endémica	Sí
Cormorán Orejudo	*Phalacrocorax auritus*	SC	LC	No endémica	Sí
Cormorán Oliváceo	*Phalacrocorax brasilianus*	SC	LC	No endémica	Sí
Avetoro Norteño	*Botaurus lentiginosus*	A	LC	No endémica	Sí
Avetoro Mínimo	*Ixobrychus exilis*	SC	LC	No endémica	Sí
Garza Morena	*Ardea herodias*	SC	LC	No endémica	Sí
Garza Blanca	*Ardea alba*	SC	LC	No endémica	Sí
Garceta Pie Dorado	*Egretta thula*	SC	LC	No endémica	Sí
Garceta Azul	*Egretta caerulea*	SC	LC	No endémica	Sí
Pedrete Corona Negra	*Nycticorax nycticorax*	SC	LC	No endémica	Sí
Garceta Verde	*Butorides virescens*	SC	LC	No endémica	Sí
Garza Ganadera	*Bubulcus ibis*	SC	LC	No endémica	Sí
Ibis Cara Blanca	*Plegadis chihi*	SC	LC	No endémica	Sí
Cigüeña Americana	*Mycteria americana*	PR	LC	No endémica	Sí
Zopilote Común	*Coragyps atratus*	SC	LC	No endémica	Sí
Zopilote Aura	*Cathartes aura*	SC	LC	No endémica	Sí
Aguililla Aura	*Buteo albonotatus*	PR	LC	No endémica	No
Aguililla Cola Roja	*Buteo jamaicensis*	SC	LC	No endémica	Sí
Aguililla real	*Buteo regalis*	PR	NT	No endémica	Sí
Aguililla Ártica	*Buteo lagopus*	PR	LC	No endémica	No
Águila Real	*Aquila chrysaetos*	A	LC	No endémica	No
Gavilán Pescador	*Pandion haliaetus*	SC	LC	No endémica	Sí
Milano Cola Blanca	*Elanus leucurus*	SC	LC	No endémica	No
Águila Cabeza Blanca	*Haliaeetus leucocephalus*	P	LC	No endémica	No
Gavilán Rastrero	*Circus cyaneus*	SC	LC	No endémica	Sí
Gavilán Pecho Rufo	*Accipiter striatus*	PR	LC	No endémica	Sí
Gavilán de Cooper	*Accipiter cooperii*	PR	LC	No endémica	Sí
Gavilán Azor	*Accipiter gentilis*	A	LC	No endémica	No
Aguililla Negra Menor	*Buteogallus anthracinus*	PR	LC	No endémica	Sí
Aguililla Rojinegra	*Parabuteo unicinctus*	PR	LC	No endémica	No
Aguililla Gris	*Buteo nitidus*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Aguililla Cola Corta	*Buteo brachyurus*	SC	LC	No endémica	No
Aguililla de Swainson	*Buteo swainsoni*	PR	LC	No endémica	Sí
Aguililla Cola Blanca	*Buteo albicaudatus*	PR	LC	No endémica	No
Cernícalo Americano	*Falco sparverius*	SC	LC	No endémica	Sí
Caracara Quebrantahuesos	*Caracara cheriway*	SC	LC	No endémica	No
Halcón Esmerejón	*Falco columbarius*	SC	LC	No endémica	Sí
Halcón Peregrino	*Falco peregrinus*	PR	LC	No endémica	Sí
Halcón Mexicano	*Falco mexicanus*	A	LC	No endémica	Sí
Halcón fajado	*Falco femoralis*	PR	LC	No endémica	No
Gallineta Frente Roja	*Gallinula chloropus*	SC	LC	No endémica	Sí
Gallareta Americana	*Fulica americana*	SC	LC	No endémica	Sí
Rascón Limícola	*Rallus limicola*	PR	LC	No endémica	Sí
Polluela Sora	*Porzana carolina*	SC	LC	No endémica	Sí
Grulla grís	*Grus canadensis*	PR	LC	No endémica	Sí
Chorlo Tildío	*Charadrius vociferus*	SC	LC	No endémica	Sí
Chorlo llanero	*Charadrius montanus*	A	VU	No endémica	Sí
Candelero Americano	*Himantopus mexicanus*	SC	LC	No endémica	Sí
Avoceta Americana	*Recurvirostra americana*	SC	LC	No endémica	Sí
Agachona Común	*Gallinago delicata*	SC	LC	No endémica	Sí
Falaropo Pico Largo	*Phalaropus tricolor*	SC	LC	No endémica	Sí
Falaropo Cuello Rojo	*Phalaropus lobatus*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Pihuiuí	*Tringa semipalmata*	SC	LC	No endémica	Sí
Patamarilla Mayor	*Tringa melanoleuca*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Alzacolita	*Actitis macularius*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Solitario	*Tringa solitaria*	SC	LC	No endémica	Sí
Zarapito Ganga	*Bartramia longicauda*	SC	LC	No endémica	Sí
Zarapito piquilargo	*Numenius americanus*	SC	NT	No endémica	Sí
Playero Occidental	*Calidris mauri*	SC	LC	No endémica	Sí
Patamarilla Menor	*Tringa flavipes*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Chichicuilote	*Calidris minutilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero de Baird	*Calidris bairdii*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Pectoral	*Calidris melanotos*	SC	LC	No endémica	Sí
Playero Dorso Rojo	*Calidris alpina*	SC	LC	No endémica	No
Costurero Pico Corto	*Limnodromus griseus*	SC	LC	No endémica	Sí
Costurero Pico Largo	*Limnodromus scolopaceus*	SC	LC	No endémica	Sí
Gaviota Pico Anillado	*Larus delawarensis*	SC	LC	No endémica	Sí
Tórtola Rojiza	*Columbina talpacoti*	SC	LC	No endémica	No
Paloma Huilota	*Zenaida macroura*	SC	LC	No endémica	Sí
Tórtola Coquita	*Columbina passerina*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Paloma Ala Blanca	*Zenaida asiatica*	SC	LC	No endémica	Sí
Paloma Doméstica	*Columba livia*	SC	LC	No endémica	No
Paloma Morada	*Patagioenas flavirostris*	SC	LC	No endémica	Sí
Paloma de Collar	*Patagioenas fasciata*	SC	LC	No endémica	Sí
Tórtola Cola Larga	*Columbina inca*	SC	LC	No endémica	No
Paloma Arroyera	*Leptotila verreauxi*	SC	LC	No endémica	No
Perico Mexicano	*Aratinga holochlora*	A	LC	Endémica	No
Guacamaya Verde	*Ara militaris*	P	VU	No endémica	No
Cotorra Serrana Occidental	*Rhynchopsitta pachyrhyncha*	P	EN	Endémica	No
Correcaminos Norteño	*Geococcyx californianus*	SC	LC	No endémica	No
Cuclillo manglero	*Coccyzus americanus*	SC	LC	No endémica	Sí
Garrapatero Pijuy	*Crotophaga sulcirostris*	SC	LC	No endémica	No
Lechuza de Campanario	*Tyto alba*	SC	LC	No endémica	No
Tecolote Rítmico	*Megascops trichopsis*	SC	LC	No endémica	No
Búho Cornudo	*Bubo virginianus*	SC	LC	No endémica	No
Tecolote Bajeño	*Glaucidium brasilianum*	SC	LC	No endémica	No
Tecolote Enano	*Micrathene whitneyi*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Tecolote Llanero	*Athene cunicularia*	SC	LC	No endémica	Sí
Búho Manchado	*Strix occidentalis*	A	NT	No endémica	No
Búho Cara Café	*Asio otus*	SC	LC	No endémica	No
Búho Cuerno Corto	*Asio flammeus*	PR	LC	No endémica	Sí
Tecolote Serrano	*Glaucidium gnoma*	SC	LC	No endémica	No
Tecolote Ojo Oscuro	*Otus flammeolus*	SC	LC	Semiendémica	No
Tecolote Occidental	*Megascops kennicottii*	SC	LC	No endémica	No
Chotacabras Menor	*Chordeiles acutipennis*	SC	LC	No endémica	Sí
Chotacabras Zumbón	*Chordeiles minor*	SC	LC	No endémica	Sí
Tapacamino Tevíi	*Phalaenoptilus nuttallii*	SC	LC	No endémica	Sí
Tapacamino Tu Cuchillo	*Caprimulgus ridgwayi*	SC	LC	No endémica	No
Tapacamino Cuerporruín Norteño	*Caprimulgus vociferus*	SC	LC	No endémica	Sí
Vencejo de Vaux	*Chaetura vauxi*	SC	LC	No endémica	Sí
Vencejo Pecho Blanco	*Aeronautes saxatalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Colibrí Cabeza Roja	*Calypte anna*	SC	LC	No endémica	Sí
Colibrí Cabeza Violeta	*Calypte costae*	SC	LC	No endémica	Sí
Colibrí Garganta Rayada	*Stellula calliope*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Zumbador Cola Ancha	*Selasphorus platycercus*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Zumbador Rufo	*Selasphorus rufus*	SC	LC	No endémica	Sí
Zumbador de Allen	*Selasphorus sasin*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Colibrí Pico Ancho	*Cynanthus latirostris*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Zafiro Oreja Blanca	*Hylocharis leucotis*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Colibrí Berilo	*Amazilia beryllina*	SC	LC	No endémica	No
Colibrí Corona Violeta	*Amazilia violiceps*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Colibrí Garganta Azul	*Lampornis clemenciae*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Colibrí Magnífico	*Eugenes fulgens*	SC	LC	No endémica	Sí
Colibrí Picudo	*Heliomaster constantii*	SC	LC	No endémica	No
Colibrí Lucifer	*Calothorax lucifer*	SC	LC	Semiendémica	No
Colibrí Barba Negra	*Archilochus alexandri*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Trogón Elegante	*Trogon elegans*	SC	LC	No endémica	Sí
Trogón Orejón	*Euptilotis neoxenus*	A	NT	Cuasiendémica	No
Martín Pescador Norteño	*Megaceryle alcyon*	SC	LC	No endémica	Sí
Martín Pescador Verde	*Chloroceryle americana*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero de Pechera	*Colaptes auratus*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero de Arizona	*Picoides arizonae*	SC	LC	Cuasiendémica	No
Carpintero Collarejo	*Colaptes chrysoides*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero Velloso Mayor	*Picoides villosus*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero de Lewis	*Melanerpes lewis*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero Bellotero	*Melanerpes formicivorus*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero del Desierto	*Melanerpes uropygialis*	SC	LC	No endémica	No
Chupasavia Maculado	*Sphyrapicus varius*	SC	LC	No endémica	Sí
Chupasavia Nuca Roja	*Sphyrapicus nuchalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Chupasavia Oscuro	*Sphyrapicus thyroideus*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero Mexicano	*Picoides scalaris*	SC	LC	No endémica	No
Carpintero de Strickland	*Picoides stricklandi*	PR	LC	Endémica	No
Mosquero Saucero	*Empidonax traillii*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Mímimo	*Empidonax minimus*	SC	LC	No endémica	Sí
Pibí Boreal	*Contopus cooperi*	SC	NT	No endémica	Sí
Mosquero de Hammond	*Empidonax hammondii*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Lampiño	*Camptostoma imberbe*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Copetón	*Mitrephanes phaeocercus*	SC	LC	No endémica	No
Mosquero Oscuro	*Empidonax oberholseri*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Pibí Tengofrío	*Contopus pertinax*	SC	LC	No endémica	Sí
Pibí Occidental	*Contopus sordidulus*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Gris	*Empidonax wrightii*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Mosquero Californiano	*Empidonax difficilis*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Barranqueño	*Empidonax occidentalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Pecho Leonado	*Empidonax fulvifrons*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas Negro	*Sayornis nigricans*	SC	LC	No endémica	No
Papamoscas Fibí	*Sayornis phoebe*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas Llanero	*Sayornis saya*	SC	LC	No endémica	Sí

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Mosquero Cardenal	*Pyrocephalus rubinus*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas Triste	*Myiarchus tuberculifer*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas Cenizo	*Myiarchus cinerascens*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas de Nutting	*Myiarchus nuttingi*	SC	LC	No endémica	No
Papamoscas Tirano	*Myiarchus tyrannulus*	SC	LC	No endémica	Sí
Papamoscas Atigrado	*Myiodynastes luteiventris*	SC	LC	No endémica	Sí
Tirano Tropical	*Tyrannus melancholicus*	SC	LC	No endémica	Sí
Tirano Gritón	*Tyrannus vociferans*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Tirano Pico Grueso	*Tyrannus crassirostris*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Tirano Pálido	*Tyrannus verticalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Mosquero Cabezón Degollado	*Pachyramphus aglaiae*	SC	LC	No endémica	No
Alcaudón Verdugo	*Lanius ludovicianus*	SC	LC	No endémica	Sí
Vireo de Cassin	*Vireo cassinii*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Vireo Plomizo	*Vireo plumbeus*	SC	LC	No endémica	Sí
Vireo Reyezuelo	*Vireo huttoni*	SC	LC	No endémica	No
Vireo de Bell	*Vireo bellii*	SC	NT	No endémica	Sí
Vireo Gris	*Vireo vicinior*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Vireo Anteojillo	*Vireo solitarius*	SC	LC	No endémica	Sí
Vireo Gorjeador	*Vireo gilvus*	SC	LC	No endémica	Sí
Vireo ojo rojo	*Vireo olivaceus*	SC	LC	No endémica	Sí
Vireo Verdeamarillo	*Vireo flavoviridis*	SC	LC	No endémica	Sí
Chara Crestada	*Cyanocitta stelleri*	SC	LC	No endémica	No
Chara Pecho Gris	*Aphelocoma ultramarina*	SC	LC	No endémica	No
Chara Piñonera	*Gymnorhinus cyanocephalus*	SC	VU	No endémica	No
Chara pecho rayado	*Aphelocoma californica*	SC	LC	No endémica	No
Cascanueces americano	*Nucifraga columbiana*	P	LC	No endémica	No
Cuervo Llanero	*Corvus cryptoleucus*	SC	LC	No endémica	No
Cuervo Común	*Corvus corax*	SC	LC	No endémica	No
Alondra Cornuda	*Eremophila alpestris*	SC	LC	No endémica	No
Golondrina Ala Aserrada	*Stelgidopteryx serripennis*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Ribereña	*Riparia riparia*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Risquera	*Petrochelidon pyrrhonota*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Tijereta	*Hirundo rustica*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Azulnegra	*Progne subis*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Bicolor	*Tachycineta bicolor*	SC	LC	No endémica	Sí
Golondrina Verdemar	*Tachycineta thalassina*	SC	LC	No endémica	Sí
Carbonero Mexicano	*Poecile sclateri*	SC	LC	Cuasiendémica	No
Carbonero Embridado	*Baeolophus wollweberi*	SC	LC	No endémica	No
Carbonero sencillo	*Baeolophus inornatus*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Baloncillo	*Auriparus flaviceps*	SC	LC	No endémica	No
Sastrecillo	*Psaltriparus minimus*	SC	LC	No endémica	No
Sita Canadiense	*Sitta canadensis*	E	LC	No endémica	No
Sita Pecho Blanco	*Sitta carolinensis*	SC	LC	No endémica	No
Sita Enana	*Sitta pygmaea*	SC	LC	No endémica	No
Trepador Americano	*Certhia americana*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín Saltapared	*Troglodytes aedon*	SC	LC	No endémica	Sí
Chivirín Sinaloense	*Thryothorus sinaloa*	SC	LC	Endémica	No
Chivirín Feliz	*Thryothorus felix*	SC	LC	Endémica	No
Matraca del Desierto	*Campylorhynchus brunneicapillus*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín Saltarroca	*Salpinctes obsoletus*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín Barranqueño	*Catherpes mexicanus*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín Cola Oscura	*Thryomanes bewickii*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín chochín	*Troglodytes troglodytes*	SC	LC	No endémica	No
Chivirín Pantanero	*Cistothorus palustris*	SC	LC	No endémica	Sí
Mirlo Acuático Norteamericano	*Cinclus mexicanus*	PR	LC	No endémica	No
Reyezuelo de Oro	*Regulus satrapa*	SC	LC	No endémica	No
Reyezuelo de Rojo	*Regulus calendula*	SC	LC	No endémica	Sí
Perlita Azulgris	*Polioptila caerulea*	SC	LC	No endémica	Sí
Perlita del Desierto	*Polioptila melanura*	SC	LC	No endémica	No
Perlita Sinaloense	*Polioptila nigriceps*	SC	LC	Endémica	No
Azulejo Garganta Azul	*Sialia mexicana*	SC	LC	No endémica	Sí
Azulejo Pálido	*Sialia currucoides*	SC	LC	No endémica	Sí
Clarín Norteño	*Myadestes townsendi*	PR	LC	No endémica	Sí
Clarín Jilguero	*Myadestes occidentalis*	PR	LC	No endémica	No
Zorzal de Swainson	*Catharus ustulatus*	SC	LC	No endémica	Sí
Zorzal Cola Rufa	*Catharus guttatus*	SC	LC	No endémica	Sí
Mirlo Primavera	*Turdus migratorius*	SC	LC	No endémica	Sí
Azulejo Garganta Canela	*Sialia sialis*	SC	LC	No endémica	Sí
Cuitlacoche Crisal	*Toxostoma crissale*	SC	LC	No endémica	No
Cuitlacoche Pico Corto	*Toxostoma bendirei*	SC	VU	Semiendémica	No
Cuitlacoche Pico Curvo	*Toxostoma curvirostre*	SC	LC	No endémica	No
Cuitlacoche de Chías	*Oreoscoptes montanus*	SC	LC	No endémica	Sí
Cuitlacoche Rojizo	*Toxostoma rufum*	SC	LC	No endémica	No
Centzontle Norteño	*Mimus polyglottos*	SC	LC	No endémica	No
Estornino Pinto	*Sturnus vulgaris*	SC	LC	No endémica	No
Bisbita de Agua	*Anthus rubescens*	SC	LC	No endémica	Sí
Bisbita Llanera	*Anthus spragueii*	SC	VU	No endémica	Sí
Ampelis Chinito	*Bombycilla cedrorum*	SC	LC	No endémica	Sí

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Capulinero Negro	*Phainopepla nitens*	SC	LC	No endémica	No
Ocotero Enmascarado	*Peucedramus taeniatus*	SC	LC	No endémica	No
Chipe de Virginia	*Vermivora virginiae*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Chipe Rabadilla Rufa	*Vermivora luciae*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Parula Norteña	*Parula americana*	SC	LC	No endémica	Sí
Parula Tropical	*Parula pitiayumi*	SC	LC	No endémica	No
Parula Ceja Blanca	*Parula superciliosa*	SC	LC	No endémica	No
Chipe Amarillo	*Dendroica petechia*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Coronado	*Dendroica coronata*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Cabeza Amarilla	*Dendroica occidentalis*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Dorso Verde	*Dendroica virens*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe de Tolmie	*Oporornis tolmiei*	A	LC	No endémica	Sí
Chipe de Roca	*Euthlypis lachrymosa*	SC	LC	No endémica	No
Chipe Negrogris	*Dendroica nigrescens*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Mascarita Común	*Geothlypis trichas*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Trepador	*Mniotilta varia*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Corona Negra	*Wilsonia pusilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Buscabreña	*Icteria virens*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Playero	*Dendroica palmarum*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Garganta Naranja	*Dendroica fusca*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Ala Blanca	*Myioborus pictus*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Ceja Amarilla	*Dendroica graciae*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Arroyero	*Seiurus motacilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Encapuchado	*Wilsonia citrina*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe gorra rufa	*Basileuterus rufifrons*	SC	LC	Cuasiendémica	No
Chipe Negroamarillo	*Dendroica townsendi*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Cara Roja	*Cardellina rubrifrons*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Chipe Suelero	*Seiurus aurocapilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Charquero	*Seiurus noveboracensis*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Flameante	*Setophaga ruticilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe Corona Naranja	*Vermivora celata*	SC	LC	No endémica	Sí
Chipe de Coronilla	*Vermivora ruficapilla*	SC	LC	No endémica	Sí
Tángara Encinera	*Piranga flava*	SC	LC	No endémica	Sí
Tángara Roja	*Piranga rubra*	SC	LC	No endémica	Sí
Tángara escarlata	*Piranga olivacea*	SC	LC	No endémica	Sí
Tángara Capucha Roja	*Piranga ludoviciana*	SC	LC	No endémica	Sí
Tángara Dorso Rayado	*Piranga bidentata*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero Garganta Negra	*Amphispiza bilineata*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero de Artemisa	*Amphispiza belli*	SC	LC	No endémica	No

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Junco Ojo de Lumbre	*Junco phaeonotus*	SC	LC	Cuasiendémica	No
Gorrión cejiblanco	*Spizella passerina*	SC	LC	No endémica	Sí
Toquí pinto	*Pipilo erythrophthalmus*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero coronarufa	*Aimophila ruficeps*	SC	LC	No endémica	Sí
Escribano de McCown	*Calcarius mccownii*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero de Botteri	*Aimophila botterii*	SC	LC	No endémica	Sí
Toquí moteado	*Pipilo maculatus*	SC	LC	No endémica	Sí
Escribano collar castaño	*Calcarius ornatus*	SC	NT	No endémica	No
Gorrión Pálido	*Spizella pallida*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Zacatonero de Cassin	*Aimophila cassinii*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero Ala Rufa	*Aimophila carpalis*	SC	LC	Cuasiendémica	Sí
Toquí Cola Verde	*Pipilo chlorurus*	SC	LC	No endémica	Sí
Toquí Pardo	*Pipilo fuscus*	SC	LC	No endémica	No
Toquí Enmascarado	*Pipilo aberti*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero Rojizo	*Aimophila rufescens*	SC	LC	No endémica	No
Zacatonero rayado	*Oriturus superciliosus*	SC	LC	Endémica	No
Gorrión de Brewer	*Spizella breweri*	SC	NT	No endémica	Sí
Gorrión Barba Negra	*Spizella atrogularis*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión Cola Blanca	*Pooecetes gramineus*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión Arlequín	*Chondestes grammacus*	SC	LC	No endémica	Sí
Zacatonero Cinco Rayas	*Aimophila quinquestriata*	SC	LC	Semiendémica	No
Gorrión Ala Blanca	*Calamospiza melanocorys*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión Sabanero	*Passerculus sandwichensis*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión de Baird	*Ammodramus bairdii*	SC	LC	Semiendémica	No
Gorrión Chapulín	*Ammodramus savannarum*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión rascador	*Passerella iliaca*	SC	LC	No endémica	No
Gorrión Cantor	*Melospiza melodia*	SC	LC	No endémica	No
Gorrión de Lincoln	*Melospiza lincolnii*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión coronirufo	*Melospiza georgiana*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión garganta blanca	*Zonotrichia albicollis*	SC	LC	No endémica	No
Gorrión Corona Blanca	*Zonotrichia leucophrys*	SC	LC	No endémica	Sí
Junco Ojo Oscuro	*Junco hyemalis*	SC	LC	No endémica	No
Colorín Morado	*Passerina versicolor*	SC	LC	No endémica	Sí
Colorín Sietecolores	*Passerina ciris*	SC	NT	No endémica	Sí
Cardenal Rojo	*Cardinalis cardinalis*	SC	LC	No endémica	No
Cardenal Pardo	*Cardinalis sinuatus*	SC	LC	No endémica	No
Picogordo Tigrillo	*Pheucticus melanocephalus*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Picogordo Azul	*Passerina caerulea*	SC	LC	No endémica	Sí
Colorín Lázuli	*Passerina amoena*	SC	LC	Semiendémica	Sí

Tabla IV.16 Listado de Especies de Aves para el Área de Importancia para la Conservación de las Aves.					
NOMBRE COMÚN	**ESPECIE**	**NOM**	**UICN**	**ENDEMICA**	**NMBCA**
Colorín Azul	*Passerina cyanea*	SC	LC	No endémica	Sí
Pradero Occidental	*Sturnella neglecta*	SC	LC	No endémica	Sí
Tordo Cabeza Amarilla	*Xanthocephalus xanthocephalus*	SC	LC	No endémica	Sí
Pradero Tortilla Con Chile	*Sturnella magna*	SC	LC	No endémica	Sí
Bolsero Calandria	*Icterus bullockii*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Tordo Ojo Amarillo	*Euphagus cyanocephalus*	SC	LC	No endémica	Sí
Tordo Sargento	*Agelaius phoeniceus*	SC	LC	No endémica	Sí
Zanate Mayor	*Quiscalus mexicanus*	SC	LC	No endémica	No
Tordo Ojo Rojo	*Molothrus aeneus*	SC	LC	No endémica	Sí
Tordo Cabeza Café	*Molothrus ater*	SC	LC	No endémica	Sí
Bolsero de Wagler	*Icterus wagleri*	SC	LC	No endémica	No
Bolsero castaño	*Icterus spurius*	SC	LC	No endémica	Sí
Bolsero Encapuchado	*Icterus cucullatus*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Bolsero Dorso Rayado	*Icterus pustulatus*	SC	LC	No endémica	No
Bolsero Tunero	*Icterus parisorum*	SC	LC	Semiendémica	Sí
Pinzón de Cassin	*Carpodacus cassinii*	SC	NT	No endémica	No
Pinzón Mexicano	*Carpodacus mexicanus*	SC	LC	No endémica	No
Picotuerto Rojo	*Loxia curvirostra*	SC	LC	No endémica	No
Jilguero Pinero	*Carduelis pinus*	SC	LC	No endémica	No
Jilguero Dominico	*Carduelis psaltria*	SC	LC	No endémica	Sí
Jilguero grís	*Carduelis lawrencei*	SC	LC	No endémica	No
Jilguero Canario	*Carduelis tristis*	SC	LC	No endémica	Sí
Gorrión Casero	*Passer domesticus*	SC	LC	No endémica	No

IV.2.2.4.2.4 Mamíferos

A nivel mundial, se registran 1,229 géneros y 5,676 especies. México es uno de los países más ricos en mamíferos, a pesar del tamaño de la superficie territorial. El país cuenta con 525 especies, de las cuales el 30% (161 especies) son endémicas. La fauna de mamíferos terrestres de Sonora comprende 126 especies (26.6% del total en México) excluyendo a las especies presentes en las islas del Golfo de California y contemplando la presencia comprobada; es decir, aquellas de las que existe por lo menos un ejemplar colectado y depositado en una colección mastozoológica (FiguraIV.32). 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). Este número de especies representa además del 75.7% de las familias y casi la mitad (48.6%) de todos los géneros presentes en el país. Los grupos mejor representados a escala nacional son los carnívoros (78%) y los artiodáctilos (56%). El grupo más pobremente representado es el de los insectívoros (6%). Los grupos más diversos son los roedores, los murciélagos y los carnívoros con 43.6%, 30.2% y 14.2% respectivamente (Castillo-Gámez, et al., 2010).

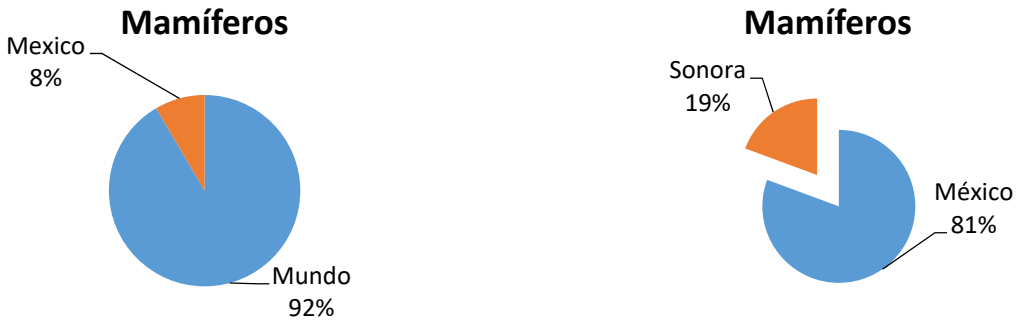


Figura IV.32. Porcentaje de especies de mamíferos en el mundo en relación con México y el estado de Sonora.

La lista potencial de especies de mamíferos presentes en el área de estudio, resultó en 76 especies que pertenecen a siete órdenes y 21 familias. La nomenclatura actual del grupo está basada en Ramírez-Pulido et al. (2014). De este listado de especies con probable ocurrencia en el área, 13 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y 7 de acuerdo a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES; Tabla IV.17).

Tabla IV.17. Listado de Mamíferos reportados para el área de estudio.

Orden	Familia	Nombre común	Especie	NOM-059	CITES	IUCN
Didelphimorphia	Didelphidae	Tlacuache norteño	*Didelphis virginiana*	Sin categoría	No incluída	LC
Soricomorpha	Soricidae	Musaraña desértica norteña	*Notiosorex crawfordi*	A	No incluída	LC
Soricomorpha	Soricidae	Musaraña desértica	*Notiosorex cockrumi*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Mollosidae	Murciélago con bonete mayor	*Eumops perotis*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Mollosidae	Murciélago con bonete de Underwood	*Eumops underwoodi*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Mollosidae	Murciélago-cola suelta de bolsa	*Nyctinomops femorosaccus*	Sin categoría	No incluída	LC

Orden	Familia	Nombre común	Especie	NOM-059	CITES	IUCN
Chiroptera	Mollosidae	Murciélago-cola suelta mayor	*Nyctinomops macrotis*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Mollosidae	Murciélago cola suelta brasileño	*Tadarida brasiliensis*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Mormoopidae	Murciélago-barba arrugada norteño	*Mormoops megalophylla*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago trompudo	*Choeronycteris mexicana*	A	No incluída	NT
Chiroptera	Phyllostomidae	murciélago hocicudo mayor	*Leptonycteris nivalis*	A	No incluída	EN
Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago magueyero menor	*Leptonycteris yerbabuenae*	A	No incluída	VU
Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago orejón californiano	*Macrotus californicus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	El murciélago pálido	*Antrozous pallidus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis orejudo	*Myotis auriculus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis californiano	*Myotis californicus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae		*Myotis melanorhinus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis canelo	*Myotis fortidens*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis bordado	*Myotis thysanodes*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis mexicano	*Myotis velifer*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis pata larga	*Myotis volans*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Miotis de yuma	*Myotis yumanensis*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Pipistrelo del oeste americano	*Parastrellus hesperus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago moreno	*Eptesicus fuscus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago rojo del desierto	*Lasiurus blossevillii*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago cola peluda canoso	*Lasiurus cinereus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago amarillo de La Laguna	*Lasiurus xanthinus*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago mula mexicano	*Corynorhinus mexicanus*	Sin categoría	No incluída	NT
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago orejón de Townsend	*Corynorhinus townsendii*	Sin categoría	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago pinto	*Euderma maculatum*	Pr	No incluída	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago mula de Allen	*Idionycteris phyllotis*	Sin categoría	No incluída	LC
Lagomorpha	Leporidae	Liebre cola negra	*Lepus californicus*	Sin categoría	No incluída	LC
Lagomorpha	Leporidae	Conejo del desierto	*Sylvilagus audubonii*	Sin categoría	No incluída	LC
Lagomorpha	Leporidae	Conejo serrano	*Sylvilagus floridanus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Sciuridae	Ardillón de roca	*Otospermophilus variegatus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Sciuridae	Ardilla de risco	*Neotamias dorsalis*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Geomyidae	Tuza norteña	*Thomomys bottae*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Geomyidae	Tuza mexicana	*Thomomys umbrinus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Heteromyidae	Rata canguro	*Dipodomys merriami*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Heteromyidae	Ratón espinoso	*Chaetodipus hispidus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Heteromyidae	Ratón de abazones desértico	*Chaetodipus penicillatus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Heteromyidae	Raton de abazones	*Chaetodipus baileyi*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Erethizontidae	Puercoespin norteamericano	*Erethizon dorsatum*	P	No incluída	LC
Rodentia	Castoridae	Castor americano	*Castor canadensis*	P	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Meteoro mexicano	*Microtus mexicanus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata magueyera	*Neotoma albigula*	Sin categoría	No incluída	LC

Orden	Familia	Nombre común	Especie	NOM-059	CITES	IUCN
Rodentia	Cricetidae	Rata cambalachera mexicana	*Neotoma mexicana*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón saltamonte sureño	*Onychomys torridus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón arbustero	*Peromyscus boylii*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón de cactus	*Peromyscus eremicus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón cosechero leonado	*Reithrodontomys fulvescens*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón cosechero de pradera	*Reithrodontomys montanus*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata algodonera	*Sigmodon arizonae*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata algodonera	*Sigmodon fulviventer*	Sin categoría	No incluída	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata algodonera nariz amarilla	*Sigmodon ochrognathus*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Felidae	Jaguarundi	*Herpailurus yagouaroundi*	A	I	LC
Carnivora	Felidae	Ocelote	*Leopardus pardalis*	P	I	LC
Carnivora	Felidae	Lince	*Lynx rufus*	Sin categoría	II	LC
Carnivora	Felidae	Puma	*Puma concolor*	Sin categoría	I	LC
Carnivora	Felidae	Jaguar	*Panthera onca*	P	I	NT
Carnivora	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Ursidae	Oso americano	*Ursus americanus*	P	II	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo de espalda blanca norteño	*Conepatus leuconotus*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo listado	*Mephitis macroura*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo listado norteño	*Mephitis mephitis*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo manchado	*Spilogale gracilis*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Mustelidae	Nutria de rio	*Lontra longicaudis*	Pr	I	NT
Carnivora	Mustelidae	Comadreja cola larga	*Mustela frenata*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Mustelidae	Tlalcoyote	*Taxidea taxus*	A	No incluída	LC
Carnivora	Procyonidae	Cacomixtle norteño	*Bassariscus astutus*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Procyonidae	Coatí	*Nasua narica*	Sin categoría	No incluída	LC
Carnivora	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	Sin categoría	No incluída	LC
Artiodactyla	Tayassuidae	Pecari de collar	*Dicotyles angulatus*	Sin categoría	No incluída	LC
Artiodactyla	Cervidae	Venado bura	*Odocoileus hemionus*	Sin categoría	No incluída	LC
Artiodactyla	Cervidae	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	Sin categoría	No incluída	LC

Fuente: Arita y Rodríguez 2004, Ceballos y Oliva 2005, Keys y Wilson, 2002.

Tabla IV.18 Mamíferos Observados y su Estatus de Protección.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	PROTECCIÓN		
				NOM-059	CITES	IUCN
Didelphmorphia	Didelphidae	Tlacuache norteño	*Didelphis virginiana*	-	-	LC
Chiroptera	Molossidae	Murciélago de cola suelta de bolsa	*Nyctinomops femorosaccus*	-	-	LC

Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago orejudo	*Myotis auriculus*	-	-	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago oreja de ratón	*Myotis melanorhinus*	-	-	LC
Lagomorpha	Leporidae	Liebre antílope	*Lepus californicus*	-	-	LC
Rodentia	Sciuridae	Ardillón de roca	*Otospermophilus variegatus*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón de abazones desértico	*Chaetodipus penicillatus*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata magueyera	*Neotoma albigula*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón	*Peromyscus sp.*	-	-	LC
Carnivora	Felidae	Ocelote	*Leopardus pardalis*	P	I	LC
Carnivora	Felidae	Lince	*Lynx rufus*	-	II	LC
Carnivora	Felidae	Puma	*Puma concolor*	-	I	LC
Carnivora	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	-	-	LC
Carnivora	Canidae	Zorra grís	*Urocyon cinereoargenteus*	-	-	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo listado	*Mephitis macroura*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Cacomixtle norteño	*Bassariscus astutus*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Coatí	*Nasua narica*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	-	-	LC
Artiodactyla	Tayassuidae	Pecarí de collar	*Dicotyles angulatus*	-	-	LC
Artiodactyla	Cervidae	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	-	-	LC

IV.2.2.4.3 Metodología Aplicada

IV.2.2.4.3.1 Toma de datos

La información obtenida se capturó en una base de datos diseñada y construida en formato Excel de Microsoft Office. La base de datos es de tipo relacional, en la cual se incluyeron entidades que contienen la información taxonómica y la información geográfica, a partir de las cuales se hicieron las consultas y el análisis de la información.

Se construyó una tabla que contiene la información referente al arreglo taxonómico observado, el estatus de estacionalidad, el de endemismo y las categorías de riesgo de las especies, que sirve de referencia para los registros de inventario y monitoreo que fueron integrados a la base.

IV.2.2.4.3.2 Muestreo

El presente estudio busca realizar una caracterización multifactorial para determinar la estructura poblacional y la riqueza de especies de la fauna silvestre presente en el predio y en sus inmediaciones, a fin de fundamentar el análisis de impacto y de medidas de prevención, mitigación y control de las afectaciones que el desarrollo del Proyecto que se pretende llevar a cabo, puedan ocasionar sobre la vida silvestre, en particular sobre la fauna.

De acuerdo con las metas del Proyecto, se estableció un muestreo estacional intensivo, con el fin de muestrear en la mejor época para visualizar las distintas especies de cada grupo taxonómico de interés. En este sentido, se estandarizó el número de días y métodos utilizados en cada grupo taxonómico para minimizar la variación entre los datos tomados.

El desarrollo de la caracterización faunística se realizó a partir del plano de distribución de la vegetación presente en el predio, sobre el cual se definió una red de muestreo a fin de abarcar todos los tipos de vegetación; se establecieron recorridos o trayectos de longitud variable que permitían el acceso a prácticamente todo el predio, de tal manera que se obtuvieran resultados representativos del terreno en su conjunto y de zonas específicas de interés particular, como los senderos próximos a fuentes de agua y aguajes, así como los caminos que permiten avistar a diversos animales en el paso de un tipo de vegetación a otro. A partir de esta información, se elaboró el mapa de unidades faunísticas que solicita la Guía Particular Minera; en algunos casos los sitios en los que se encuentra perturbada la vegetación, fueron utilizados como puntos fijos de observación ya que, dado el proceso sucesional de la vegetación, son lugares en los que la fauna encuentra una elevada diversidad de recursos y además permite, incluso, la observación de distintas especies compitiendo en un sólo punto; en otros casos se optó por el sitio que presentara el menor grado de perturbación, con el fin de contar con una muestra de las especies que buscan estos parches.

Adicionalmente, y aprovechando las brechas que se utilizaron para el levantamiento de datos previos en la prospección del predio, se utilizó la técnica de muestreo por puntos, delimitando los transeptos por zonas de interés para el Proyecto La Ventana. Para los diferentes taxa se aplicaron técnicas ajustadas y específicas que proporcionan una aproximación más real en cuanto a las especies presentes en el área de estudio.

Con la intención de optimizar el esfuerzo de muestreo, y dadas las características de la zona de estudio, fue indispensable utilizar técnicas indirectas mediante el registro de huellas, excretas,

echaderos, rascaderos, pelos, vocalizaciones, restos de alimento, egagrópilas, huesos y cualquier otro rastro indicativo de la presencia de organismos.

Se realizaron salidas al área del Proyecto del 25 al 30 de octubre del 2015 (otoño), época estacional con el fin de registrar aves migratorias de verano, y del 4 al 8 de mayo de 2016 (primavera y verano), y en la época invernal para detectar especies que pasan dicha época en el Norte de México o simplemente son migratorias de paso.

Los muestreos se llevaron a cabo estableciendo cinco estaciones de muestreo de fauna general, mediante una búsqueda selectiva e intensiva, con un esfuerzo de muestreo de 3 personas en la misma estación o zona de estudio por día, con recorridos desde las 06:00 hrs., hasta las 01:00 hrs., del día siguiente, dependiendo de las condiciones del día y el grupo taxonómico, cubriendo así los diferentes horarios de actividades de las diferentes especies. Dichas estaciones constaron de 5 redes de niebla de 12 metros, abarcando de esta manera 5 hectáreas aproximadamente (Ralph et al., 1993).

El registro de cada especie se llevó a cabo con la observación y captura (cuando así lo permitió el organismo), y registrado en la libreta de campo. Los datos que se tomaron fueron: fecha, hora del registro, coordenadas geográficas, especie y número de individuos.

Para la determinación del método de muestreo, se consideró el conocimiento y la experiencia de los especialistas, en función del tipo de vegetación y orografía del sitio y siempre tomando en cuenta la accesibilidad a los sitios y la seguridad de las zonas del predio para el desarrollo del monitoreo. Con este diseño, se pretendió realizar una búsqueda exhaustiva en toda el área del predio mediante transeptos lineales, uso de redes de niebla para aves y murciélagos, cámaras trampa, uso de trampas Havahart y Sherman para mamíferos pequeños y medianos, y búsqueda intensiva.

Para el registro de las especies en campo, se utilizaron binoculares 10 x 42 Carl Zeiss y 10 x 50 bushnell, cámara fotográfica Sony HX-300, Sony Alpha 65, Canon T5, Canon SX 50 y cámaras trampa: ocho cámaras Moultrie modelo A5 Gen 2, una Bushnell modelo Natureview Essential y una Trophy para el caso de los registros fotográficos, para su registro espacial se utilizaron un GPS Garmin Oregon 450 y un Garmin Etrex 10.

IV.2.2.4.3.3 Categorías de riesgo

Se incluyó la información de la categoría de riesgo de las especies con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010), donde se muestran las especies que se encuentran sujetas a protección especial (Pr), las que están amenazadas (A) y las que probablemente están extintas en el medio natural (P). Además, se incluyó el estatus de las especies con respecto a los tratados internacionales de protección vigentes en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2015), donde: EX: Extinto; EW: Extinto en estado silvestre; CR: En peligro crítico; EN: En peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi amenazado; LC: Preocupación menor; DD: Datos insuficiente; y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES 2015): Apéndice I: se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales; Apéndice II: se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia; Apéndice III: se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras partes en la CITES para controlar su comercio.

Tomando en cuenta lo anterior, a continuación se presentan los métodos específicos que se aplicaron para la caracterización de la fauna silvestre que se distribuye en el área del Proyecto, acorde a cada grupo faunístico:

IV.2.2.4.3.4 Monitoreo

Herpetofauna

El monitoreo de anfibios y reptiles se realizó siguiendo la metodología propuesta por Read (2002) y modificada para ajustarse al hábitat y terreno particular del predio por medio de una búsqueda intensiva y transectos al azar entre la vegetación, así como en brechas, caminos aledaños y/o cuerpos de agua. Se trató de mantener siempre la distancia y tiempo, con el fin de que sea comparable. Dichos recorridos fueron realizados en horarios variables (dependiendo de las condiciones de cada día), particularmente durante las primeras horas del día, ya que durante éstas los organismos (herpetofauna) aún se encuentran en estado de letargo, aumentando así las posibilidades de captura (Manzanilla y Péfaur 2000). Por lo que respecta a los monitoreos nocturnos, estos se realizaron utilizando lámparas de amplio espectro. Con la intención de aumentar el número de avistamientos durante cada uno de los recorridos, fueron removidas

rocas, cortezas de troncos en descomposición, acumulaciones de residuos vegetales, residuos materiales en desuso, entre otros. Tales acciones se efectuaron de forma manual y/o por medio de equipo especializado como ganchos y pinzas herpetológicas (Manzanilla y Péfaur 2000), estos últimos asegurando el bienestar del personal. Asimismo, se realizaron entrevistas informales a trabajadores del predio, con el objeto de considerar posibles especies de herpetofauna presentes en el área del proyecto estudio y concentrar la búsqueda en los microhábitats posiblemente asociados.

Figura IV.33. Herpetólogo removiendo residuos vegetales.

Figura IV.34. Captura de un lagarto escorpión de Arizona (*Elgaria kingii*).

Cuando las condiciones así lo permitieron, los organismos fueron capturados y/o evidenciados por medio de registros fotográficos. Asimismo, se tomó la georreferencia mediante un GPS y las condiciones del hábitat asociado. Cabe destacar que los organismos capturados fueron devueltos al sitio exacto de su colecta inmediatamente después de su registro.

Para la determinación taxonómica de las especies se utilizaron las guías de Babb D. Randall, (2014), Behler L. Jonh, and King F. Wayne, (201)3, Stebbins C. Robert., (2003), y por medio de la experiencia del personal especialista.

Figura IV.35 Sapo de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*).

Figura IV.36 Rana chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*).

Figura IV.37 Lagarto escorpión de Arizona (*Elgaria kingii*).

Figura IV.38 Culebra de la noche (*Hypsiglena* torquata).

Figura IV.39 Lagartija de árbol norteña (*Urosauros ornatus*).

Figura IV.40 Lagartija espinosa del Noroeste (*Sceloporus clarkii*).

Figura IV.41 Ranita olivo (*Gastrophryne olivacea*).

Figura IV.42 Ranita de cañón (*Hyla arenicolor*).

Aves

Se inició con la realización de censos para estimación de riqueza, diversidad y abundancia relativa, basados en los métodos de búsqueda intensiva (Ralph et al., 1993);, el monitor registró visual y auditivamente las aves dentro de cada transecto correspondiente a cada estación de muestreo, se anotó toda la información obtenida en la bitácora de campo.

Se hicieron observaciones mediante el método de conteo por puntos de radio indefinido, sin estimar distancias (modificado de Hutto et al., 1986) y censos de búsqueda intensiva (modificado de Ralph et al. 1996). Las observaciones se hicieron entre las 06:00 horas hasta las 10:00 horas y de las 16:00 a 19:00 horas, con una duración de observación de 10 min., en cada punto de conteo,; éstos se ubicaron a una distancia en promedio de 200 metros entre sí (modificado de Ralph et al. 1996), con el propósito de mantener la independencia entre los mismos haciendo un transecto de 10 puntos por transecto: 1 transecto por estación de muestreo. Si el sitio presentó más de un tipo de vegetación o cobertura de uso de suelo, estas características fisionómicas de la vegetación y extensión del mismo fueron consideradas para el desarrollo del monitoreo y obtención de información de la avifauna. Los métodos activos (puntos de conteo y búsqueda intensiva) y pasivos (redes de niebla) se establecieron en los sitios correspondientes en donde las comunidades vegetales presentaban mayor conservación en la vegetación y tomando en cuenta los sitios de interés para el área del Proyecto La Ventana y el criterio de los especialistas.

Figura IV.43 Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*).

Figura IV.44 Pibí boreal (*Sayornis nigricans*).

Figura IV.45 Zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata*).

Figura IV.46 Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperi*).

Figura IV.47 Correcaminos norteño (*Geoccocyx californianus*).

Figura IV.48 Mosquero saucero (*Empidonax occidentalis*).

Figura IV.49 Chivirín chochín (*Salpinctes obsoletus*).

Figura IV.50 Cuervo común (*Corvus corax*).

Figura IV.51 Martin pescador norteño (*Megaceryle alcyon*).

Figura IV.52 Mosquero lampiño (*Sayornis saya*).

Figura IV.53 Toqui pardo (*Melozone fusca*).

Figura IV.54 Chivirín pantanero (*Catherpes mexicanus*).

Figura IV.55 Gorrión de Brewer (*Spizella breweri*).

Figura IV.56 Zopilote aura (*Cathartes aura*).

Figura IV.57 Cernicalo americano (*Falco sparverius*).

Figura IV.58 Gorrión mexicano (*Haemorhous mexicanus*).

Figura IV.59 Cardenal pardo (*Cardinalis sinuatus*).

Figura IV.60 Cenzontle (*Mimus polyglottos*).

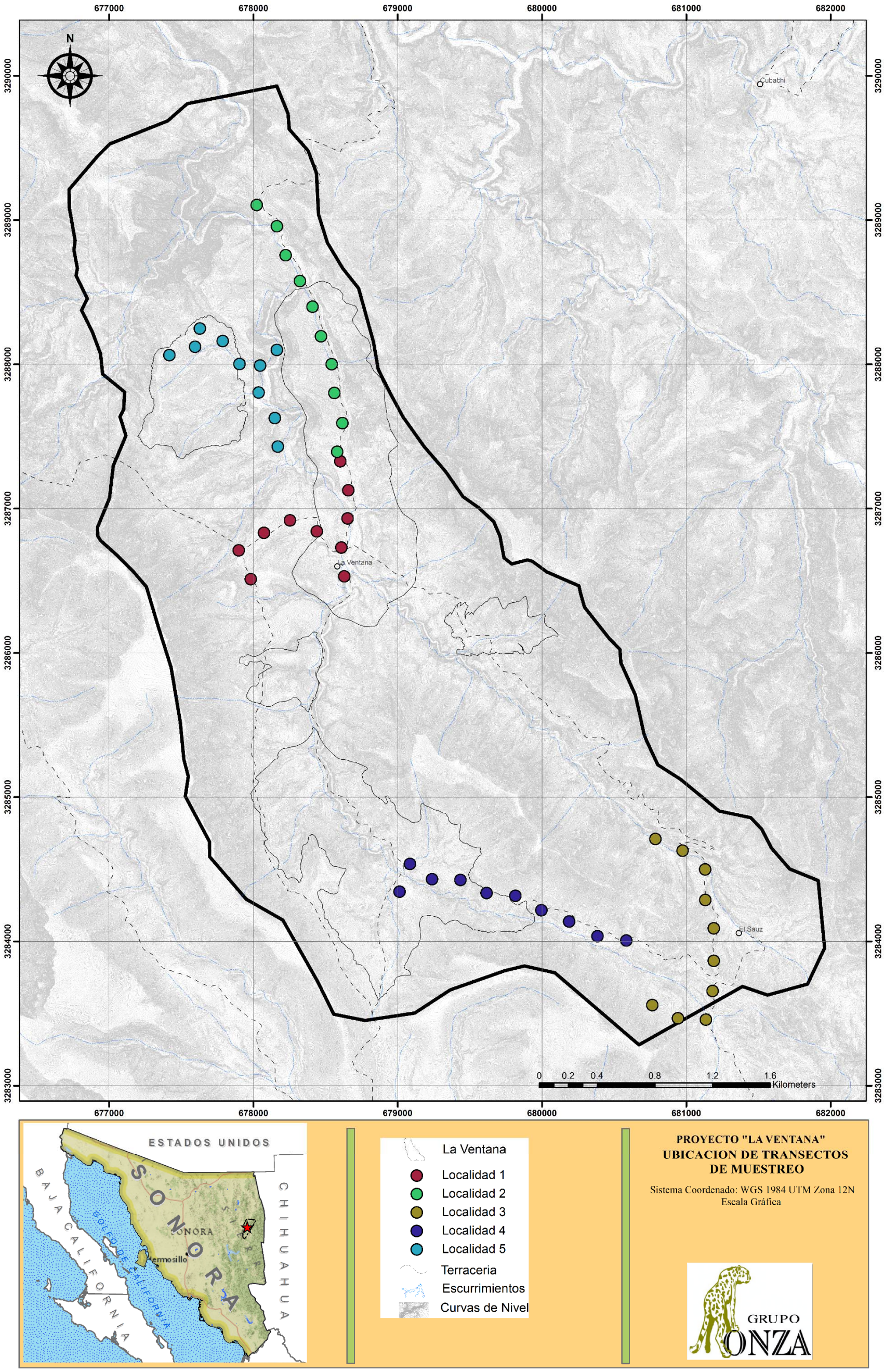


Figura IV.61 Ubicación de los transectos de muestreo en el área de estudio.

De manera complementaria, en cada estación de muestreo se utilizaron 5 redes ornitológicas de 12 m. x 2.4 m., y abertura de 24 mm. de luz de malla, con el propósito de corroborar los registros observacionales e identificar a aquellas aves que son de complicada identificación por sus hábitos no conspicuos. Durante la jornada de muestreo se hizo un esfuerzo de 35 horas/red por día para un total de 175 horas/red de esfuerzo de muestreo con este método. Dicho método es capaz de cubrir una superficie de muestreo equivalente a 5 ha., colocando las redes aproximadamente de 75 a 100 m., una de otra (Ralph et al. 1996).

Para la estacionalidad de las aves, se utilizó la clasificación propuesta por Howell & Webb (1995), de acuerdo con las siguientes categorías: Residentes permanentes (RB), para aquellas especies que se observan todo el año en el país; Residentes de verano (SR), para las especies que se observan como residentes en México en los meses de verano (abril – septiembre) y que no se observan durante el invierno; Migratorias residentes de invierno (WV) para las especies que se observan en los meses de invierno (octubre – marzo) como residentes en México y que no se observan durante el verano; Transitorias (T) especies migratorias que son observadas sólo algunos días (1-10) en la región; Accidentales (A) para las especies que hipotéticamente están fuera de su distribución conocida; Introducidas (I) para aquellas especies que no son originarias del país y No determinada (ND) para aquellas especies cuya estacionalidad no pueda determinarse en la literatura. Adicionalmente, se utilizaron combinaciones de las categorías anteriores para especies que presentan poblaciones que así lo requieran.

Para la identificación de las especies registradas en campo, se emplearon las guías Birds of México and Central América de Ber Van Perlo (2006), National Geographic Birds of Northamerica (2011), Guide to the Birds of Mexico and Northern Central América de Howell & Webb (1995), Birds of Northamerica de Sibley (2014).

Mamíferos

Se trabajó en 5 sitios considerados de interés para el área del Proyecto La Ventana. En cada uno, el tiempo de muestreo fue de una noche y medio día. Las metodologías empleadas en campo corresponden a las técnicas estándar para la captura de mamíferos (Wilson et al., 1996; Romero- Almaraz et al., 2007; Gallina y López-González. 2011).

Para la captura de mamíferos pequeños se colocaron 10 trampas Sherman, dispuestas en un transecto al azar, en aquellos lugares donde se consideró con mayor probabilidad de paso de roedores (p. ej. troncos caídos o cerca de posibles madrigueras). Las trampas se colocaron a

partir de las 17:00 hrs., y se mantuvieron activas toda la noche, hasta las 8:00 hrs., del siguiente día. El cebo utilizado fue avena con vainilla:

Figura IV.62 Rata magueyera (*Neotoma albigul*).

Figura IV.63 Ratón (Chaetodipus penicillatus).

Para los mamíferos medianos se colocaron 3 trampas Havahart: dos de tamaño pequeño y una de tamaño grande. Se utilizó sardina como cebo. Las trampas se colocaron a partir de las 17:00 hrs., y se mantuvieron activas toda la noche, hasta las 8:00 hrs., del siguiente día.

Figura IV.64 Sitio de colocación de trampas Sherman.

Figura IV.65 Colocación de trampas Havahart.

Se colocaron 10 cámaras-trampa marca Moultrie modelo A5 Gen 2 distribuidas en toda el área de estudio ubicadas en aguajes, arroyos o pasos de fauna, que son lugares que frecuentan los animales (Trolle y Kéry, 2005). Estas se dejaron activas permanentemente.

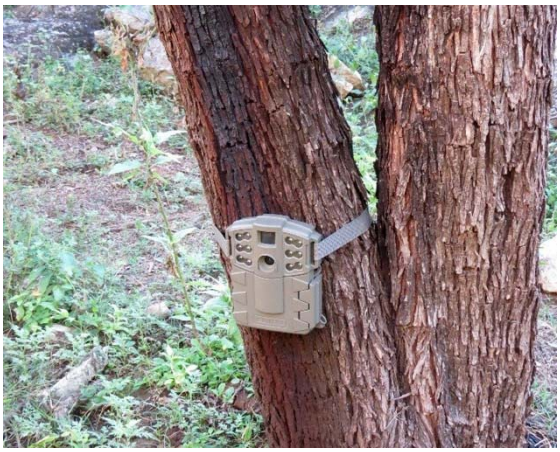


Figura IV.66 Colocación de Cámara Trampa.

Debido a que la mayoría de los mamíferos son de hábitos nocturnos, y rara vez se observan durante el día, el registro de especies puede facilitarse por las evidencias indirectas o rastros de su presencia (Wemmer et al., 1996). Se entenderá por rastro a todo vestigio, señal o indicio que dejan los mamíferos durante sus actividades, así como cualquier resto que quede de ellos, como son huellas, excretas, madrigueras y refugios, marcas en las plantas, señales de alimentación, restos orgánicos, voces y sonidos, olores y otros más (Aranda-Sánchez, 2012). Las huellas son una valiosa herramienta para una rápida estimación de la diversidad de mamíferos medianos y grandes, sus tamaños poblacionales y el uso que realizan del hábitat, entre otras variables. Esta metodología es especialmente útil cuando las especies de interés son difíciles de capturar (Wemmer et al., 1996; Gallina y López-González, 2011). Para el registro de especies por rastros, se efectuaron transectos al azar en cada uno de los sitios de muestreo. Debido a que las condiciones del suelo en el área del Proyecto no son las idóneas para la impresión de huellas, la búsqueda de Éstas se enfatizó en arroyos y aguajes ya que si cuentan con las condiciones propicias para la impresión de las mismas (Aranda-Sánchez, 2012), así como sobre los caminos ya que los mamíferos prefieren usar caminos para trasladarse, tomando ventaja de los hechos por humanos (Bradley y Fagre, 1988; Trolle y Kéry, 2005; Arispe et al. 2008; Gallina y López-González. 2011). La longitud de los transectos varió en cada sitio, de acuerdo con las condiciones del mismo. Durante estos recorridos se registraron todas las especies observadas, a partir de encuentros visuales y a través de rastros.

Figura IV.67 Huella de pecarí (*Dicotyles angulatus*).

Figura IV.68 Huella de bapiti (*Bassariscus astutus*).

Figura IV.69 Huella de tlacuachei (*Didelphis virginiana*).

Figura IV.70 Huela de zorrillo (*Mephitis sp*).

Figura IV.71 Huella de puma (*Puma concolor*).

Figura IV.72 Huella de lince (*Lynx rufus*).

Figura IV.73 Huella de Mapache (*Procyon lotor).*

Para el muestreo de murciélagos se emplearon 5 redes de niebla de 12 metros de longitud colocadas en cuerpos de agua. Debido a que la mayoría de las especies con distribución en el norte del país son insectívoras y difícilmente son capturadas por el método convencional de las redes de niebla, se emplearon también métodos acústicos, los cuales ayudan a aumentar los inventarios faunísticos (O´Farrell y Gannon, 1999). Para esto se utilizó un Song Meter SM2BAT+ colocado de manera fija en los sitios de muestreo durante toda la noche. También se utilizó un Echo Meter Touch con el cual se realizaron puntos de grabación durante 2 minutos cada 150 metros en transectos de longitud variable.

Figura IV.74 Instalación de redes de niebla.

Figura IV.75 Red ornitológica trabajando.

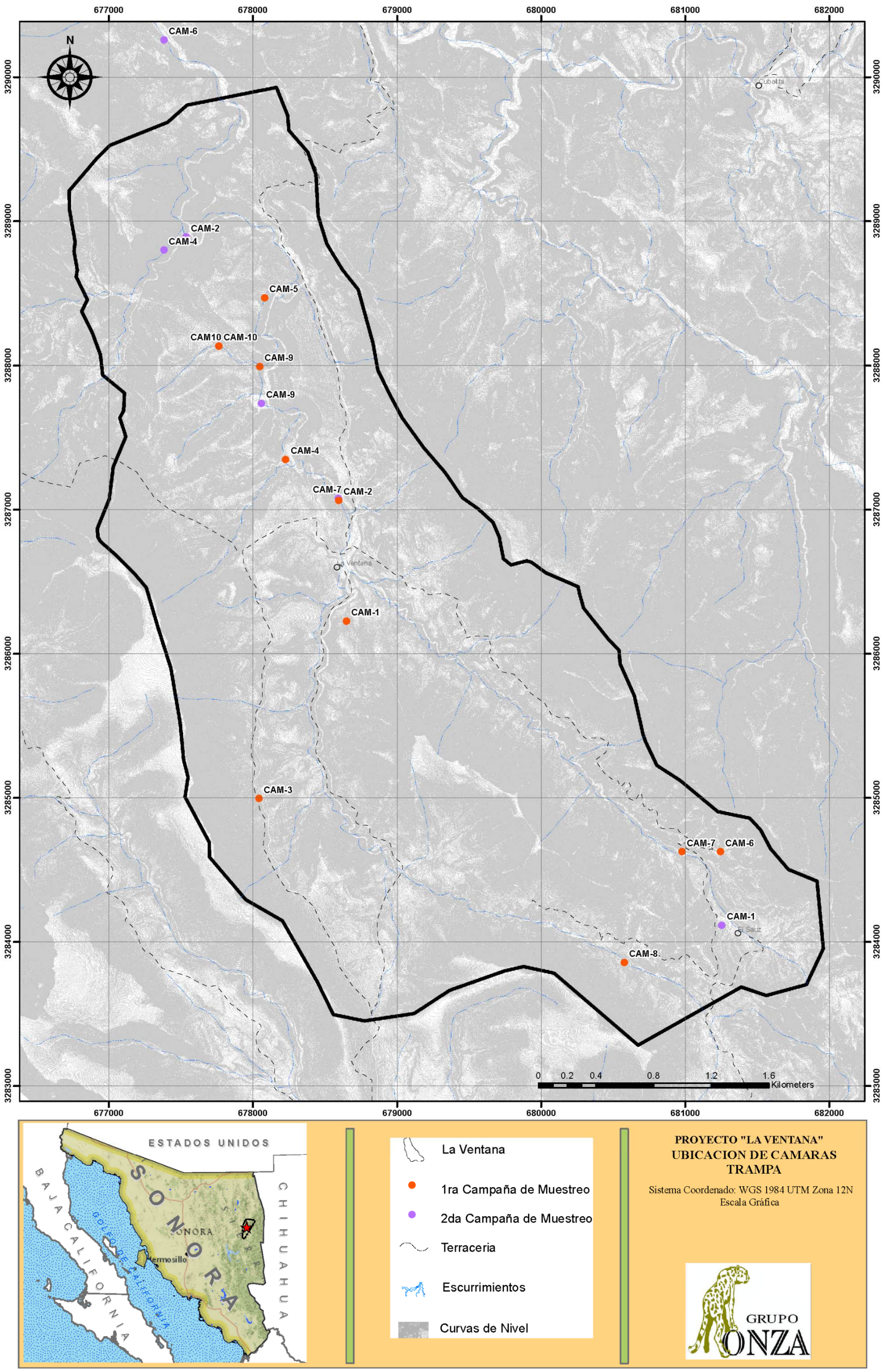


Figura IV.76 Ubicación de Cámaras Trampa.

La identificación de las especies y los rastros se realizó por un equipo de especialistas en mamíferos, apoyados en literatura y guías de campo especializadas (Ceballos y Oliva, 2005; Aranda-Sánchez, 2012; Medellín et al, 2008).

IV.2.2.4.3.5 Resultados

Mamíferos

El predio donde se realizó la caracterización se encuentra rodeado de otros predios rústicos, cuyas condiciones naturales son similares; es decir, cuentan con un grado de perturbación debido a que en la actualidad se realiza actividad de ganadería, implicando un deterioro de los recursos naturales. Sin embargo, es preciso señalar que existen algunos caminos y brechas que desde el pasado han sido utilizados como accesos al predio y predios colindantes. Además, en las entrevistas informales realizadas a las personas del lugar, comentaron que por estas zonas se realiza la cacería de especies con valor alimenticio como el venado, jabalí y pavo de monte, y la caza furtiva de presas grandes como el puma y el gato montés por mencionar algunas.

Los mamíferos carnívoros que habitan el área, como los felinos, por sus características alimenticias son vulnerables a la transformación del ambiente, convirtiéndoles en una de las especies más afectadas ante tales modificaciones, ya que necesitan de extensiones de terreno muy grandes para mantener su población estable (Ceballos, et al, 2002); aunque de manera natural se encuentren en bajas poblaciones (Aranda, 1996), su ámbito hogareño suele abarcar diversos tipos de ecosistemas. Esto sugiere que los felinos pueden ser un buen indicador de la estabilidad del hábitat, en el entendido de que al encontrar depredadores tope en un área, la disponibilidad de alimento es buena, y al desaparecer estos ejemplares, podrían desatarse fenómenos en cadena que desestabilizan los ecosistemas y los puede llevar a un completo deterioro (Wuerthner, 2011).

A través de los métodos antes descritos, se registraron 20 especies de mamíferos silvestres las cuales pertenecen a 6 órdenes y 12 familias. De éstas, únicamente tres especies son felinos: ocelote, puma y lince, considerados dentro de los apéndices I y II, respectivamente ante la CITES y, enlistados en la Nom – 059 - SEMARNAT – 2010, aparece el ocelote considerado en (P) peligro de extinción.

Tabla IV.19 Mamíferos Observados y su Estatus.						
ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	PROTECCIÓN		
				NOM-059	CITES	IUCN
Didelphmorphia	Didelphidae	Tlacuache norteño	*Didelphis virginiana*	-	-	LC
Chiroptera	Molossidae	Murciélago de cola suelta de bolsa	*Nyctinomops femorosaccus*	-	-	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago orejudo	*Myotis auriculus*	-	-	LC
Chiroptera	Vespertilionidae	Murciélago oreja de ratón	*Myotis melanorhinus*	-	-	LC
Lagomorpha	Leporidae	Liebre antílope	*Lepus californicus*	-	-	LC
Rodentia	Sciuridae	Ardillón de roca	*Otospermophilus variegatus*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón de abazones desértico	*Chaetodipus penicillatus*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Rata magueyera	*Neotoma albigula*	-	-	LC
Rodentia	Cricetidae	Ratón	*Peromyscus sp.*	-	-	LC
Carnivora	Felidae	Ocelote	*Leopardus pardalis*	P	I	LC
Carnivora	Felidae	Lince	*Lynx rufus*	-	II	LC
Carnivora	Felidae	Puma	*Puma concolor*	-	I	LC
Carnivora	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	-	-	LC
Carnivora	Canidae	Zorra grís	*Urocyon cinereoargenteus*	-	-	LC
Carnivora	Mephitidae	Zorrillo listado	*Mephitis macroura*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Cacomixtle norteño	*Bassariscus astutus*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Coatí	*Nasua narica*	-	-	LC
Carnivora	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	-	-	LC
Artiodactyla	Tayassuidae	Pecarí de collar	*Dicotyles angulatus*	-	-	LC
Artiodactyla	Cervidae	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	-	-	LC

El número de registros de estas especies fue el mismo para el de tipo directo como el indirecto (12). La captura de individuos fue en roedores como en murciélagos. El resto de las especies se registraron por avistamiento y/o rastros. Ver Tabla IV.20.

En toda el área se obtuvieron 49 registros provenientes de 43 localidades únicas, siendo el coyote (*Canis latrans*), la liebre (*Lepus californicus*) y el venado (*Odocoileus virginianus*) las especies con mayor número de registros (Ver Tabla IV.21); esta información se ha generado sin tomar en cuenta la información de las cámaras-trampa.

Tabla IV.20 Especies Registrada en el Área y su Tipo de Registro				
ORDEN	**FAMILIA**	**ESPECIE**	**TIPO DE REGISTRO**	**TIPO DE REGISTRO**
Didelphmorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Indirecto	Huella, Fotografía
Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops femorosaccus*	Directo	Captura
Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis auriculus*	Directo	Captura
Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis melanorhinus*	Directo	Captura
Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Directo e indirecto	Avistamiento, excretas y Fotografía
Rodentia	Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Directo	Captura
Rodentia	Cricetidae	*Chaetodipus penicillatus*	Directo	Captura
Rodentia	Cricetidae	*Neotoma albigula*	Directo	Captura
Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus sp.*	Directo	Captura
Carnivora	Felidae	*Lynx rufus*	Indirecto	Huella, Fotografía
Carnivora	Felidae	*Felis pardalis*	Directo	Fotografía
Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	Indirecto	Huella, Fotografía
Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Directo e indirecto	Avistamiento, Fotografía, Huellas y Excretas
Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Directo e indirecto	Avistamiento, Fotografía y Huellas
Carnivora	Mephitidae	*Mephitis macroura*	Indirecto	Huella, Fotografía
Carnivora	Procyonidae	*Bassariscus astutus*	Indirecto	Fotografía, Huellas y excreta
Carnivora	Procyonidae	*Nasua narica*	Directo e indirecto	Fotografía, Avistamiento y huellas
Carnivora	Procyonidae	*Procyon lotor*	Indirecto	Huella, Fotografía
Artiodactyla	Tayassuidae	*Dicotyles angulatus*	Indirecto	Huella, Fotografía
Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Directo e indirecto	Avistamiento, Fotografía, Huellas y Excretas

Tabla IV.21 Localidades e Individuos Registrados por Especie y Tipo de Registro						
UTM X	**UTM Y**	**SITIO**	**ESPECIE**	**No INDIVIDUOS**	**TIPO DE REGISTRO**	**TIPO DE REGISTRO**
678686	3287030	1	*Urocyon cinereoargenteus*	2	Directo	Avistamiento
678682	3287001	1	*Lepus californicus*	1	Directo	Avistamiento
678657	3286903	1	*Nyctinomops femorosaccus*	1	Directo	Captura
678663	3286927	1	*Canis latrans*	1	Directo	Avistamiento
678663	3286927	1	*Canis latrans*	1	Indirecto	Excreta
678663	3286927	1	*Otospermophilus variegatus*	1	Directo	Avistamiento
678553	3287112	1	*Odocoileus virginianus*	1	Indirecto	Huellas
678787	3286704	1	*Canis latrans*	1	Indirecto	Huellas
678748	3286701	1	*Chaetodipus penicillatus*	1	Directo	Captura
678564	3287402	2	*Myotis melanorhinus*	1	Directo	Captura
678564	3287402	2	*Nyctinomops femorosaccus*	2	Directo	Captura
678612	3287737	2	*Peromyscus sp.*	1	Directo	Captura
678612	3287737	2	*Neotoma albigula*	1	Directo	Captura
678612	3287737	2	*Chaetodipus penicillatus*	1	Directo	Captura
678118	3288504	2	*Nasua narica*	1	Indirecto	Huellas
681249	3284156	3	*Procyon lotor*	1	Indirecto	Huellas
681249	3284156	3	*Canis latrans*	1	Indirecto	Huellas
681249	3284156	3	*Dicotyles angulatus*	1	Indirecto	Huellas
680944	3284746	3	*Lepus californicus*	1	Directo	Avistamiento
680416	3285151	3	*Lepus californicus*	1	Directo	Avistamiento
680122	3285557	3	*Lepus californicus*	2	Directo	Avistamiento
679042	3286449	3	*Lepus californicus*	1	Directo	Avistamiento
681100	3284338	3	*Procyon lotor*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Nasua narica*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Odocoileus virginianus*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Didelphis virginiana*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Canis latrans*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Bassariscus astutus*	1	Indirecto	Huellas
681100	3284338	3	*Puma concolor*	1	Indirecto	Huellas
680237	3285474	3	*Otospermophilus variegatus*	1	Directo	Avistamiento
680564	3283879	4	*Myotis auriculus*	1	Directo	Captura
680709	3283958	4	*Canis latrans*	1	Indirecto	Excreta
680790	3283885	4	*Bassariscus astutus*	1	Indirecto	Excreta
680977	3284717	4	*Lepus californicus*	1	Directo	Avistamiento
681100	3284338	4	*Urocyon cinereoargenteus*	1	Directo	Avistamiento
681033	3283810	4	*Dicotyles angulatus*	1	Indirecto	Huellas
681033	3283810	4	*Mephitis sp.*	1	Indirecto	Huellas
681033	3283810	4	*Lynx rufus*	1	Indirecto	Huellas
680560	3283893	4	*Odocoileus virginianus*	1	Indirecto	Huellas
680188	3284139	4	*Odocoileus virginianus*	3	Directo	Avistamiento
679029	3284161	4	*Otospermophilus variegatus*	1	Directo	Avistamiento
678694	3283688	4	*Odocoileus virginianus*	2	Directo	Avistamiento
681160	3284410	4	*Odocoileus virginianus*	1	Indirecto	Excreta

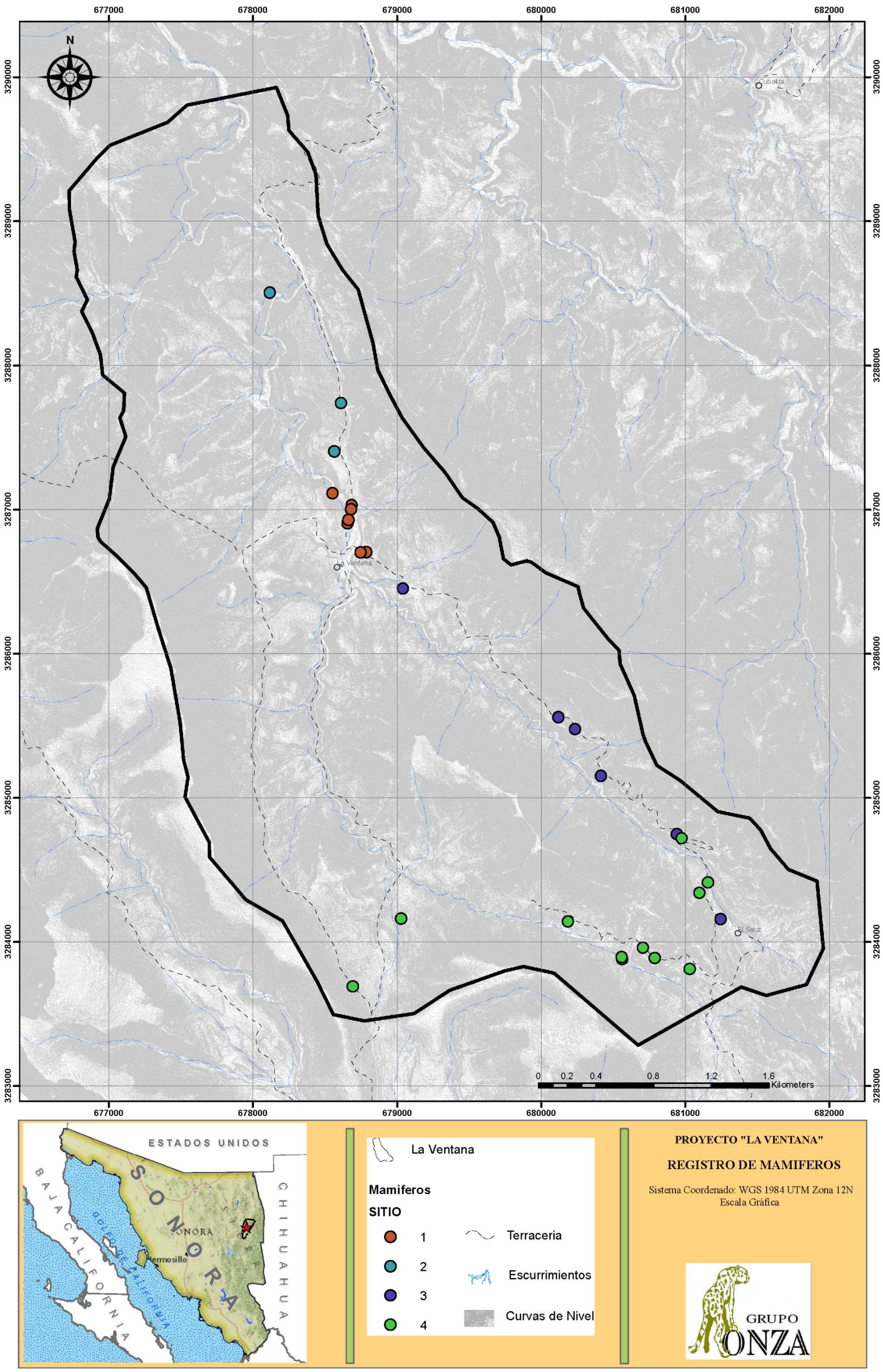


Figura IV.77 Registro de Mamíferos en el Área.

El sitio 3 fue el que tuvo mayor número de registro de especies seguido del sitio 4 (Figura IV.77). La vegetación de esta zona del área del proyecto tiene mejor grado de conservación que permite mayor refugio para los mamíferos.

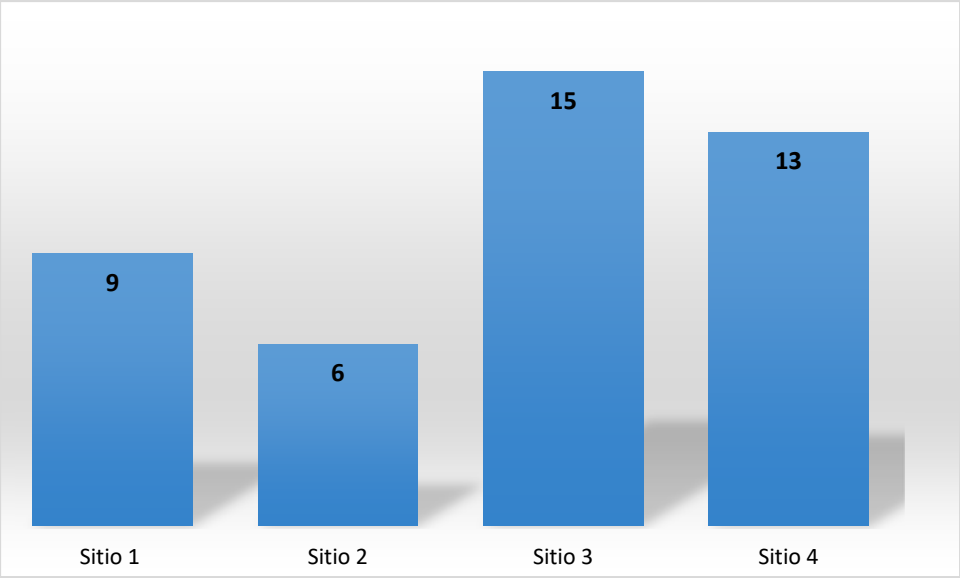


Figura IV.78 Número de registros totales en cada sitio del área de estudio.

Entre los registros notables se encuentran el lince (*Lynx rufus)* y el puma (*Puma concolor*), por medio de rastros. Las capturas de roedores fueron en el sitio 1 y 2, lo cual probablemente se deba a que la vegetación baja era más tupida que en el resto del área.

Es importante señalar que la baja captura de roedores, como la de murciélagos, pudo verse afectada por la fase lunar que había durante las fechas de este muestreo, ya que estudios muestran la disminución de la actividad de estos animales en presencia de luz que refleja la luna a la tierra (Saldaña et al., 2012).

Las tres especies de murciélagos capturadas pertenecen a familias que se alimentan de insectos, las cuales son las más diversas en el norte del país (Escalante et al., 2002).

Figura IV.79 Solitario (*Nasua narica*).

Figura IV.80 Murciélago (*Myotis melanorhinus*).

Figura IV.81 Murciélago (*Nyctinomops femorosaccus*).

Figura IV.82 Murciélago (*Myotis auriculus*).

Excepto los dos felinos (*Lynx rufus* y *Puma concolor*), todas las especies de mamíferos detectadas en el área del Proyecto “La Ventana” comparten la característica de ser tolerantes a la actividad humana, incluso beneficiarse de ella ya que su alimentación es omnívora, logrando así adaptarse al tipo de recurso alimenticio que exista, según la temporada del año o como consecuencia de la perturbación humana.

IV.2.2.4.3.6 Cámaras – Trampa

Como se mencionó anteriormente, el uso de cámaras trampa es un método indirecto no invasivo, que tiene como objetivo estimar la riqueza de mamíferos terrestres en áreas grandes a través de su ocurrencia. En total se obtuvieron 137 días de monitoreo efectivos (con ocurrencia de especies) y se lograron observar 312 individuos de 14 especies de mamíferos.

Con estos datos se calculó la abundancia relativa para cada especie, siendo 5 las más abundantes: coatí (*Nassua narica*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), coyote (*Canis latrans*) y lince (*Lynx rufus*).

Respecto a las especies de felinos presentes, la especie que tuvo mayor abundancia fue el lince (*Lynx rufus*), seguido del puma (*Puma concolor*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*). Generalmente estos ejemplares son solitarios, por lo tanto, detectar que la abundancia relativa es menor era de esperarse. Ceballos, et al. (2012), indican que la movilidad mínima de una hembra de puma es de entre 10 y 60 km^2, por lo que registrar al menos un ejemplar en el área podría ser un indicio de disponibilidad de alimento, lo que podría estar relacionado con la abundancia de las presas como coatí, venado cola blanca y pécari de collar, principalmente.

Tabla IV.22 Riqueza de Especies Ocurrencia y Abundancia

Especie	Nombre común	Ocurrencia	Abundancia
Otospermophilus variegatus	Ardillón de roca	7	7
Bassariscus astutus	Cacomixtle norteño	4	4
Nassua narica	Coatí	59	96
Canis latrans	Coyote	29	32
Lepus californicus	Liebre de California	3	3
Lynx rufus	Lince	20	20
Procyon lotor	Mapache	3	3
Lepardus pardalis	Ocelote	2	2
Dicotyles angulatus	Pecari de collar	6	14
Puma concolor	Puma	9	9
Didelphis virginiana	Tlacuache norteño	3	3
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	52	56
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	59	59
Mephitis macroura	Zorrillo listado	4	4
		260	**312**

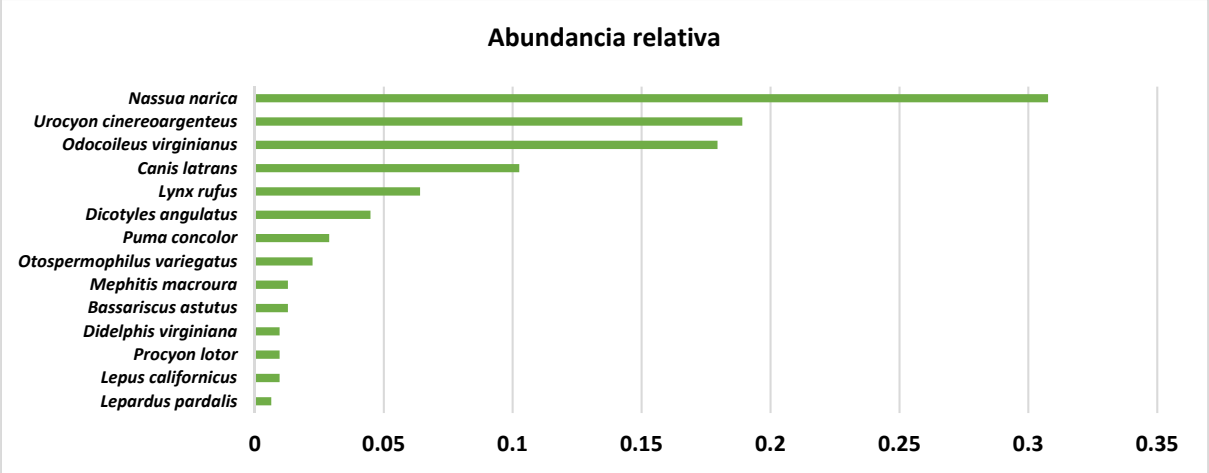


Figura IV.83. Abundancia relativa de especies, basada en la ocurrencia de las cámaras trampa.

Tabla IV.23 Valores de Abundancia Relativa de Mamíferos	
Especie	**Abundancia relativa**
Lepardus pardalis	0.006410256
Lepus californicus	0.009615385
Procyon lotor	0.009615385
Didelphis virginiana	0.009615385
Bassariscus astutus	0.012820513
Mephitis macroura	0.012820513
Otospermophilus variegatus	0.022435897
Puma concolor	0.028846154
Dicotyles angulatus	0.044871795
Lynx rufus	0.064102564
Canis latrans	0.102564103
Odocoileus virginianus	0.179487179
Urocyon cinereoargenteus	0.189102564
Nassua narica	0.307692308

De igual forma, con base en los resultados obtenidos, se calculó la dominancia de las especies, ya que este es un factor que influye en la estimación de los índices de diversidad. El valor calculado de dominancia es de 0.18127465, el cual es bajo (cuando la dominancia esta próxima a 1, la diversidad es alta y cuando se aproxima a 0, la diversidad es baja).

Tabla IV.24 Dominancia Calculada	
Especie	**Dominancia**
Ocelote	4,10914E-05
Liebre de California	9,24556E-05
Mapache	9,24556E-05
Tlacuache norteño	9,24556E-05
Cacomixtle norteño	0,000164366
Zorrillo listado	0,000164366
Ardillón de roca	0,000503369
Puma	0,000832101
Pecari de collar	0,002013478
Lince	0,004109139
Coyote	0,010519395
Venado cola blanca	0,032215648
Zorra gris	0,03575978
Coatí	0,094674556

A pesar de que la dominancia fue baja, hubo cuatro especies dominantes (Ver Figura IV.84); por lo tanto, para saber cuál es la importancia de las especies más dominantes en el predio, se calculó el índice de Simpson, con el cual se estima el grado de diversidad del sitio (Magurran 1988; Peet, 1974). El resultado es 0.81872535, lo que indica un alto grado de diversidad.

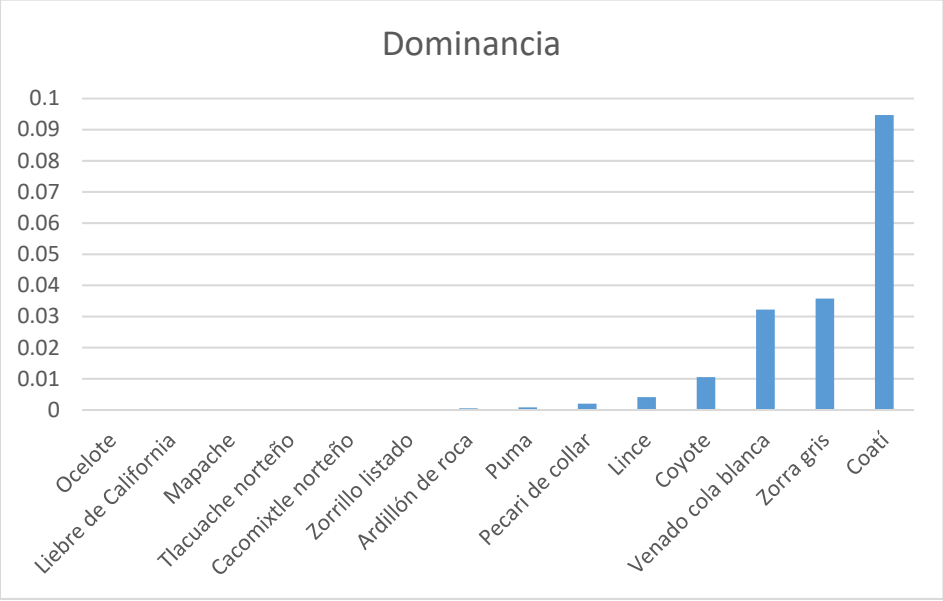


Figura IV.84 Mamíferos con mayor dominancia.

En general, esto indica que el área del Proyecto reúne características idóneas para que exista alta diversidad de mamíferos. Aunque estos resultados también podrían estar relacionados con

la colocación de las cámaras trampa, al focalizar el esfuerzo de muestreo hacia los sitios con fuentes de agua.

Se calculó también la curva de acumulación de especies para los mamíferos presentes en el área con los datos y esfuerzo de muestreo empleado. Se utilizaron los estimadores chaos 1, bootstrap, con el 95% de confianza. La curva esta por alcanzar la asíntota, ya que las especies observadas son 14 y las esperadas en el área son de 17 a 20.

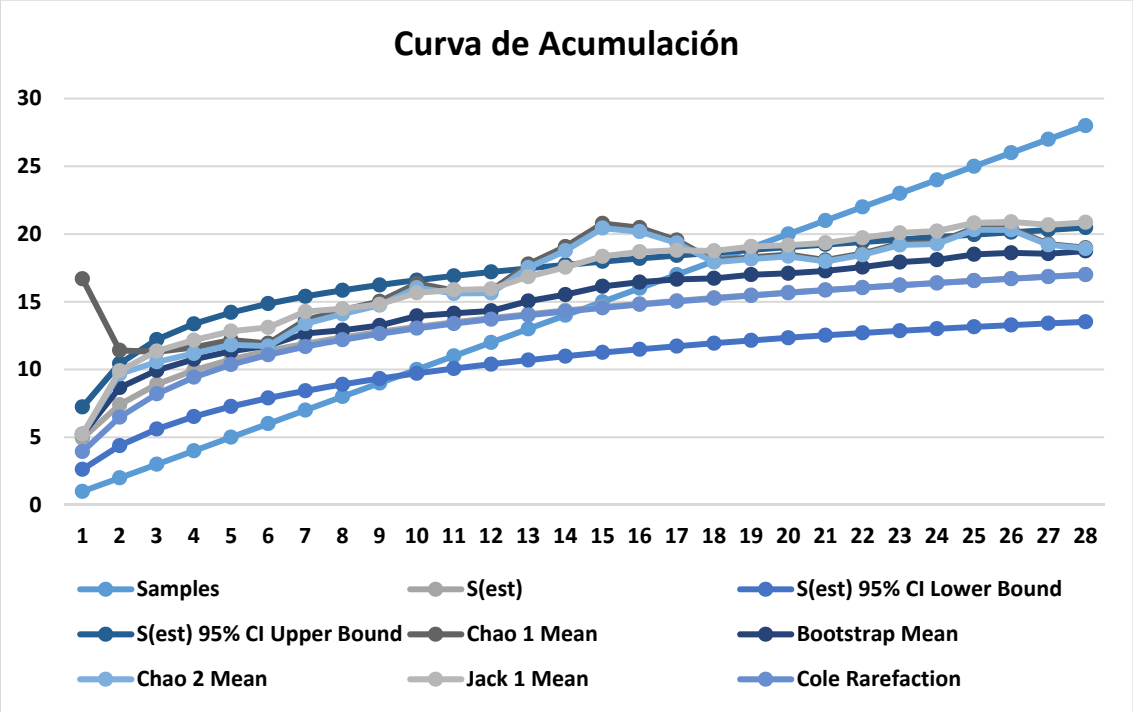


Figura IV.85 Curva de Accumulation.

IV.2.2.4.3.7 Conclusiones

Los resultados obtenidos de las cámaras trampa, representan el 11% de los mamíferos terrestres reportados para el estado de Sonora (14 de 126). En cuanto a los mamíferos reportados por Ramirez-Pulido, (2014), representarían el 28.5% (14 de 49).

El esfuerzo de muestreo realizado (n=137 días efectivos), ha sido fundamental para obtener una aproximación a la abundancia de individuos por especie y la dominancia de especies en el área del Proyecto La Ventana.

Se requiere un monitoreo constante de las fuentes de agua en la zona, así como la abundancia de presas para el puma (especie tope de la cadena trófica en el área); al relacionar estas

especies, se podría inferir si existen cambios en la calidad del sitio antes, durante y después de las actividades realizadas en el predio.

Aves

Durante el primer monitoreo se registraron 40 especies de aves. Los órdenes que presentaron la mayor riqueza de aves fueron el orden Passeriformes (aves canoras) con 26 especies. Dentro de los Passeriformes, las familias con el mayor número de representantes fueron los Emberizidos (gorriones) con 5 especies, Trogloditas (trepatroncos) con 4 especies, los Tyranidos (mosqueros), Fringilidos (finches) y Cardinalidos (Cardenales) con 3 especies, respectivamente.

Durante el trabajo de campo se identificaron 337 individuos de aves provenientes de 50 localidades únicas, resultado de la combinación de los métodos de monitoreo.

De manera individual, podemos observar que el Sitio 1 dentro de los límites del Proyecto La Ventana, fue la que presentó la mayor abundancia relativa con 30 taxas; es decir, casi el 75% de las especies registradas dentro del área mencionada, seguido por el Sitio 4, con 20 especies (Ver Figura IV.86).

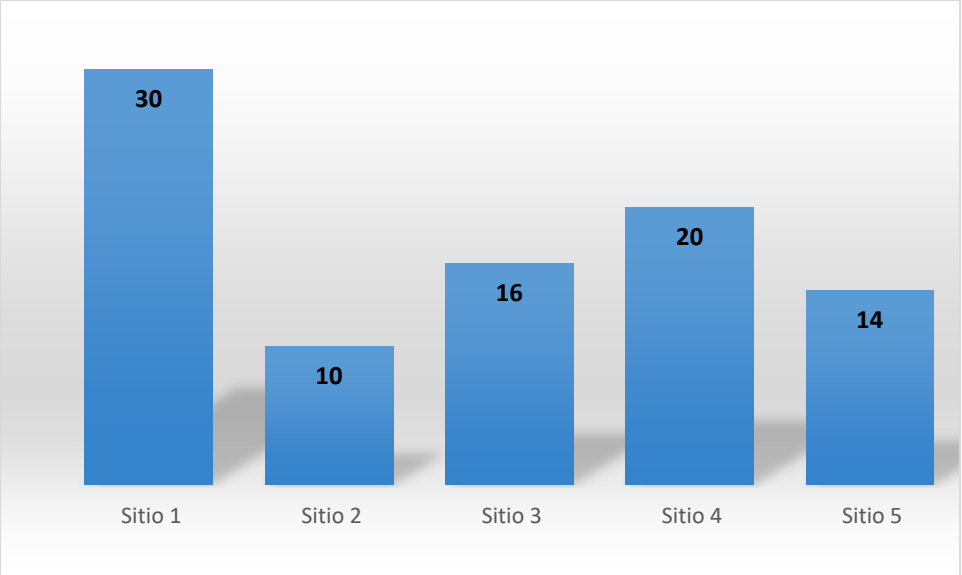


Figura IV.86 Registros de la riqueza específica para cada sitio de muestreo.

En el segundo monitoreo se registraron 34 especies durante los recorridos. La especie que más registros obtuvo fue la del zopilote aura (*Cathartes aura*) con 34, seguido de la paloma ala blanca (*Zenaida asiática*) con 26, la tórtola coquita (*Columbina passerina*) con 17, el carpintero del

desierto (*Melanerpes uropygialis*) con 14 y el cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*) con 10 ejemplares registrados.

Herpetofauna

Como resultado del trabajo de campo para la herpetofauna del lugar, se identificaron 12 especies que pertenecen a 9 familias y 2 órdenes, comprendidos en 4 especies de anfibios y 8 de reptiles

Se obtuvieron 36 registros en total de la herpetofauna provenientes de 29 localidades únicas, siendo el más abundante la rana leopardo Chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*) con 7 registros; cabe señalar que esta especie se encuentra protegida con la categoría de amenazada (A) bajo los estándares nacionales y como vulnerable (VU) bajo los estándares internacionales. Seguido de la lagartija de árbol norteña (*Urosaurus ornatus*) y de la lagartija espinosa del Noroeste (*Sceloporus clarkii*) con 6 y 5 registros respectivamente.

Comparativamente, el Sitio 3 presenta 8 especies (75%) de las 12 comprendidas en el área del Proyecto La Ventana, sitio que se encuentra en el extremo Sur y el cual presenta el área con mayor cobertura de encinos (Tabla 14, Figura 87 y 88).

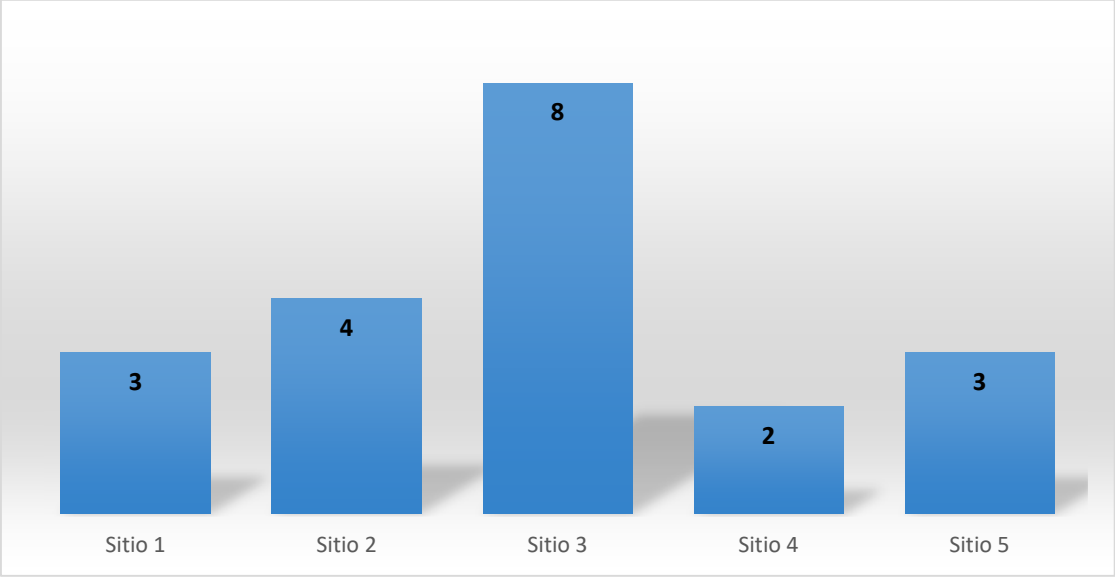


Figura IV.87 Registro de la riqueza relativa para cada sitio.

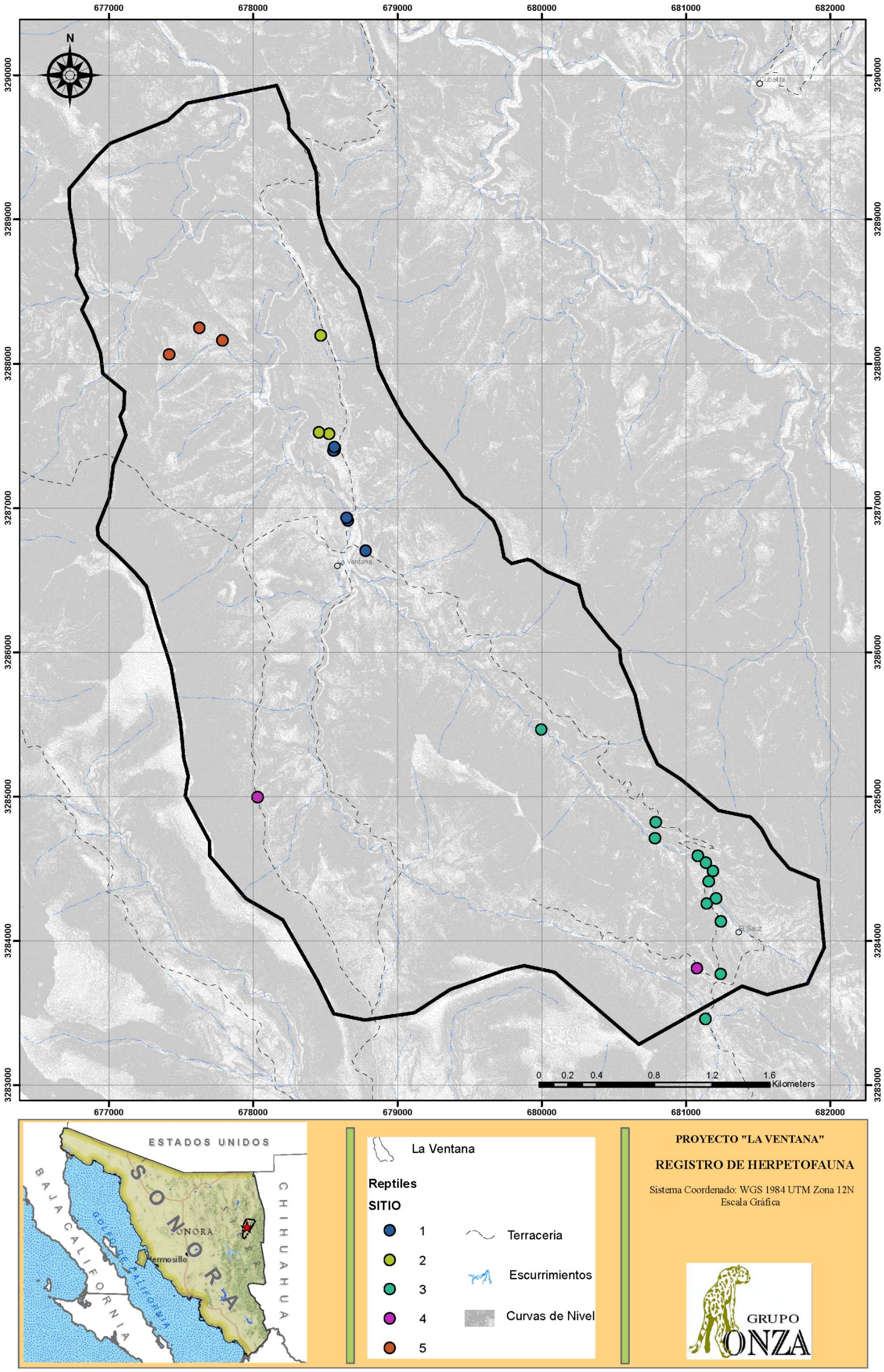


Figura IV.88 Mapa de registros de herpetofauna en el sitio.

IV.2.2.4.4 Presencia de especies animales bajo régimen de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES, 2007)

Para la fauna registrada a lo largo de toda el área de estudio, de las 91 especies de vertebrados observadas, 10 especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, de acuerdo con los estándares nacionales o internacionales.

Bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encontró una especie de anfibio, la rana leopardo Chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*), con la categoría de Amenazado (A), y dos reptiles protegidos también: lagarto escorpión de Arizona (*Elgaria kengii*) bajo protección especial (Pr), y culebra serpiente rey (*Lampropeltis getula*) con categoría de amenazada (A) para el caso de la herpetofauna. En el caso de las aves, tenemos al águila real (*Aquila crhysaetos*) con la categoría amenazada (A), gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) y aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*) con categoría de Sujeto a Protección especial (Pr). Asimismo, se registró la presencia de ocelote (*Leopardus pardalis*) con la categoría de especie en Peligro (P).

De acuerdo con los estándares internacionales de protección o comercio, y conforme a los esquemas de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), se registraron las especies de felinos: puma (Puma concolor) y ocelote (Felis pardalis) registrados en el apéndice I y lince (Lynx rufus) registrado en el apéndice II. Bajo los estándares internacionales de protección de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), una especie de anfibio, la rana leopardo Chiricahua (*Lithobates chiricahuensis*)), así como una especie de ave, cuitlacoche picocorto (*Toxostoma bendirei*) con categoría de vulnerable (VU).

Tabla IV.25. Especies con alguna categoría de amenaza.

CLASE	Nombre común	ESPECIE	ESTATUS			ENDEMISMO
			NOM	CITES	UICN	
Aves	Cuitlacoche piquicorto	*Toxostoma bendirei*	SC	--	VU	Semiendémica
Aves	Águila real	*Aquila chrysaetos*	A	--	LC	No endémica
Aves	Gavilán de Cooper	*Accipiter cooperii*	PR	--	LC	No endémica

Tabla IV.25. Especies con alguna categoría de amenaza.						
CLASE	**Nombre común**	**ESPECIE**	**ESTATUS**			**ENDEMISMO**
			NOM	**CITES**	**UICN**	
Aves	Aguililla negra menor	*Buteogallus anthracinus*	PR	--	LC	No endémica
Mamíferos	Ocelote	*Leopardus pardalis*	P	I	LC	No endémica
Mamíferos	Lince	*Lynx rufus*	--	II	LC	No endémica
Mamíferos	Puma	*Puma concolor*	--	I	LC	No endémica
Anfibios y reptiles	Rana leopardo Chiricahua	*Lithobates chiricahuensis*	A	--	VU	No endémica
Anfibios y reptiles	Lagarto escorpión de Arizona	*Elgaria kengii*	Pr	--	LC	No endémica
Anfibios y reptiles	Culebra real	*Lampropeltis getula*	A	--	LC	No endémica

Es importante mencionar que aunque en el predio no se observaron de manera directa, de acuerdo con el testimonio de los trabajadores de la zona que fueron entrevistados, se han observado algunos ejemplares de especies incluidas en esta norma, las cuales se enlistan a continuación:

NOMBRE COMUN	ESPECIE	CATEGORIA
Boa	*Boa constrictor*	A
Serpiente cascabel	*Crotalus molossus*	Pr

IV.2.2.4.4.1 Endemismo

Durante el periodo de muestreo, fueron registradas dos especies endémicas (Tabla IV.26); es decir, que su distribución está restringida al país (endémicas a México). Cabe mencionar que fueron especies de aves, posiblemente por la capacidad individual de esta clase de organismos para trasladarse de un sitio a otro.

Tabla IV.26. Especies endémicas de México.						
CLASE	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	ESTATUS			ENDEMISMO
			NOM-059	UICN	CITES	
Aves	Codorniz Cresta Dorada	*Callipepla douglasii*	SC	--	LC	ENDEMICA
Aves	Perlita sinaloense	*Polioptila nigriceps*	SC	--	LC	ENDEMICA

IV.2.2.4.4.2 Diversidad y abundancia relativa

Respecto a la fauna silvestre, fueron encontradas un total de 91 especies organizadas en cuatro grupos establecidos para su identificación y análisis: Aves, Reptiles, Anfibios y Mamíferos.

El grupo mejor representado son las aves con 59 especies identificadas, lo cual representa el 64.8% del total de la fauna reportada para el predio, seguido por el grupo de mamíferos con 20 especies, lo que representa el 21.9% del total; a continuación los reptiles, con 8 especies que representan el 8.7% de lo obtenido y, finalmente, los anfibios con solamente 4 especies, que representan el 4.3% del total de la fauna silvestre reportada.

IV.2.2.4.4.3 Diversidad

En la siguiente tabla se muestran los valores por grupo taxonómico y un índice general comprendido para la riqueza especifica de toda el área de estudio (General), mostrando así un indicador de abundancia relativa y riqueza específica (Tabla IV.27).

Tabla IV.27 Indicadores de Diversidad para la Riqueza Específica.		
Taxa	Abundancia Relativa	Riqueza
Herpetofauna	36	12
Aves	542	59
Mamíferos	361	20
General	939	91

La valoración de estos resultados podría ayudar a identificar los taxas que pueden ser utilizados como indicadores de calidad de hábitat. Por una parte, se sugiere que las aves sean utilizadas como tal, ya que la presencia de estos organismos en ciertas áreas puede inferir en los resultados de dicho parámetro; sin embargo, algunas aves pueden estar ligadas a la disponibilidad de áreas, por lo que encontrarlas o no en ciertos lugares, se relaciona más al oportunismo que a la calidad del hábitat. No obstante, existe la posibilidad de utilizar como indicadores a los depredadores tope del área, siendo el puma (*Puma concolor*) o el águila real (*Aquila chrysaetos*) quienes podrían relacionar su presencia en el sitio con la buena calidad del hábitat; asimismo, registrar la presencia de posibles presas (venado, pécari, coatí, etc.), puede brindar información relevante y relacionarse con la disponibilidad de alimento en el sitio.

El bajo registro de ejemplares durante el segundo monitoreo, podría relacionarse a las bajas temperaturas que se suscitaron, ya que al disminuir, los individuos ocupan mayor cantidad de energía en la termorregulación; todo esto aunado a la disminución de la disposición de alimento (Carrascal, et al, 2012), por lo que hacen que los individuos modifiquen sus actividades diarias y se mantengan refugiados de estas condiciones climáticas. Es importante mencionar que los organismos que tienen una actividad estacional marcada son los reptiles y anfibios, ya que su registro fue escaso. Contrario a esto, las especies de mamíferos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) o la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), son observados indiscriminadamente sin importar las condiciones climáticas.

IV.2.3 Paisaje

La visibilidad se entiende como el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. Esta visibilidad suele estudiarse mediante datos topográficos tales como altitud, orientación, pendiente, etc. Posteriormente, puede corregirse en función de otros factores como la altura de la vegetación y su densidad, las condiciones de transparencia atmosférica, distancia, etc. La visibilidad puede calcularse con métodos automáticos o manuales.

La calidad paisajística incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua, etc.; la calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m.;

en él se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc., y, la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el Proyecto. Incluye parámetros como intervisibilidad, altitud, formaciones vegetales, su diversidad y geomorfológicos.

La fragilidad del paisaje es la capacidad del mismo para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos. Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático, etc.) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares, etc.).

El sitio del Proyecto es una zona que conserva características naturales en su composición, tiene valor estético de nivel bajo, donde existe un uso mayoritariamente agostadero, por lo cual no se determina como una zona privilegiada o única visualmente.

El paisaje del área tiene una capacidad potencial buena para absorber los cambios que serán introducidos por las actividades, los cuales serán compensados por las medidas de mitigación y restauración que se planea implementar. Estas medidas permitirán disminuir al máximo el contraste cromático generado, sobre todo en lo que a terreros se refiere, así como restablecer la estructura y diversidad de la vegetación. Esto será tomando en cuenta en el régimen de lluvias, y climático en general, así como la vegetación presente. Paisajísticamente hablando, el impacto de estas modificaciones al terreno será muy local, pues una vez restituida la vegetación en el proyecto, éstos se “mezclarán y fundirán” con el entorno.

Se considera que la afectación del paisaje se estará dando intrínsecamente en su calidad visual, en virtud de que cuando se lleve a cabo la construcción de las obras del proyecto, se modificará el paisaje actual; y esto conllevará a que se vea un panorama distinto y observado por los habitantes que viven cerca del área del proyecto. La principal modificación se concretará cuando se lleve a cabo la eliminación de la vegetación.

Otra variable importante a considerar, es la frecuencia de la presencia humana. No es lo mismo un paisaje prácticamente sin observadores que uno muy frecuentado, ya que la población afectada es superior en el segundo caso.

Las carreteras, núcleos urbanos, puntos escénicos y demás zonas con población temporal o estable deben ser tomados en cuenta. El inventario del paisaje se complementa con la inclusión de las singularidades paisajísticas o elementos sobresalientes de carácter natural o artificial. Por último, se suelen incluir en el inventario del paisaje los elementos que contienen recursos de carácter científico, cultural e histórico.

Los componentes del paisaje pueden sintetizarse posteriormente en un plano único, basado en criterios jerárquicos aglutinadores.

IV.2.4 Medio Socioeconómico en Bacadéhuachi

IV.2.4.1 Demografía

El municipio de Bacadéhuachi, cuya extensión territorial es de 1,530.47 kilómetros cuadrados, se localiza a 269 kilómetros al Noreste de la capital sonorense. La cabecera municipal, del mismo nombre, es la única población de Bacadéhuachi.

Según los datos que se obtuvieron del censo 2010 realizado por INEGI, el municipio de Bacadéhuachi tiene una población de 1252 personas, de las cuales 585 son mujeres y 667 son hombres.

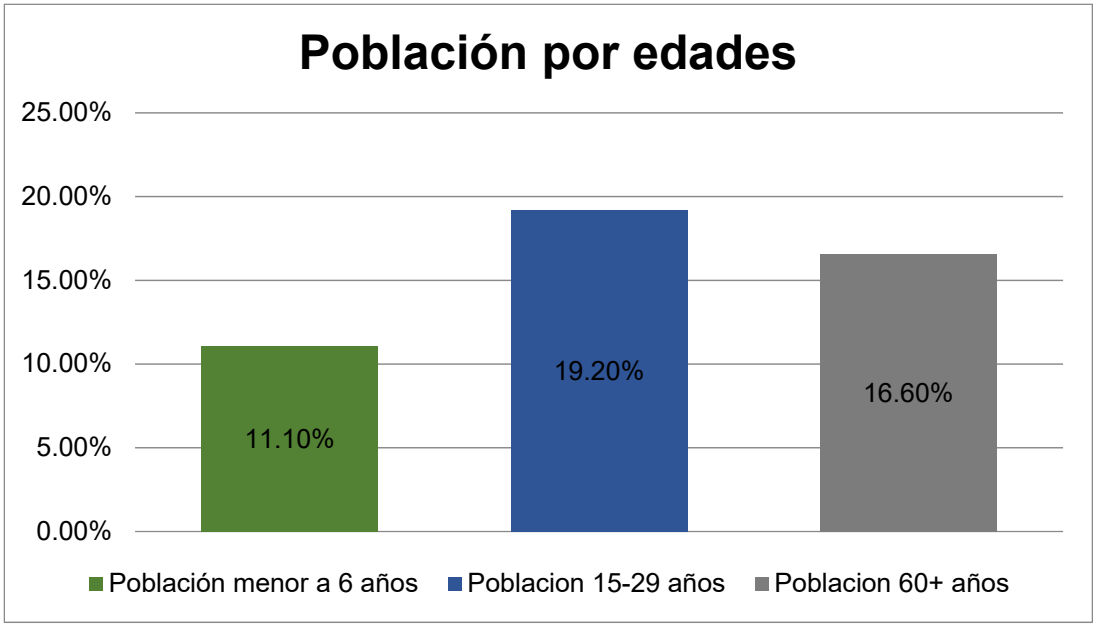


Figura IV.89 Porcentajes de población por edades en Bacadéhuachi.

Como podemos observar en la gráfica anterior, este poblado está compuesto mayormente por jóvenes (19.20%) y tiene un menor número de niños (11.10%) que de gente mayor a los 60 años de edad (16.6%).

En la Figura IV.90 podemos observar como de 968 personas mayores a 12 años, 459 son económicamente activas, mientras que los 509 restantes son económicamente no activos, mostrando un alto índice de desempleo.

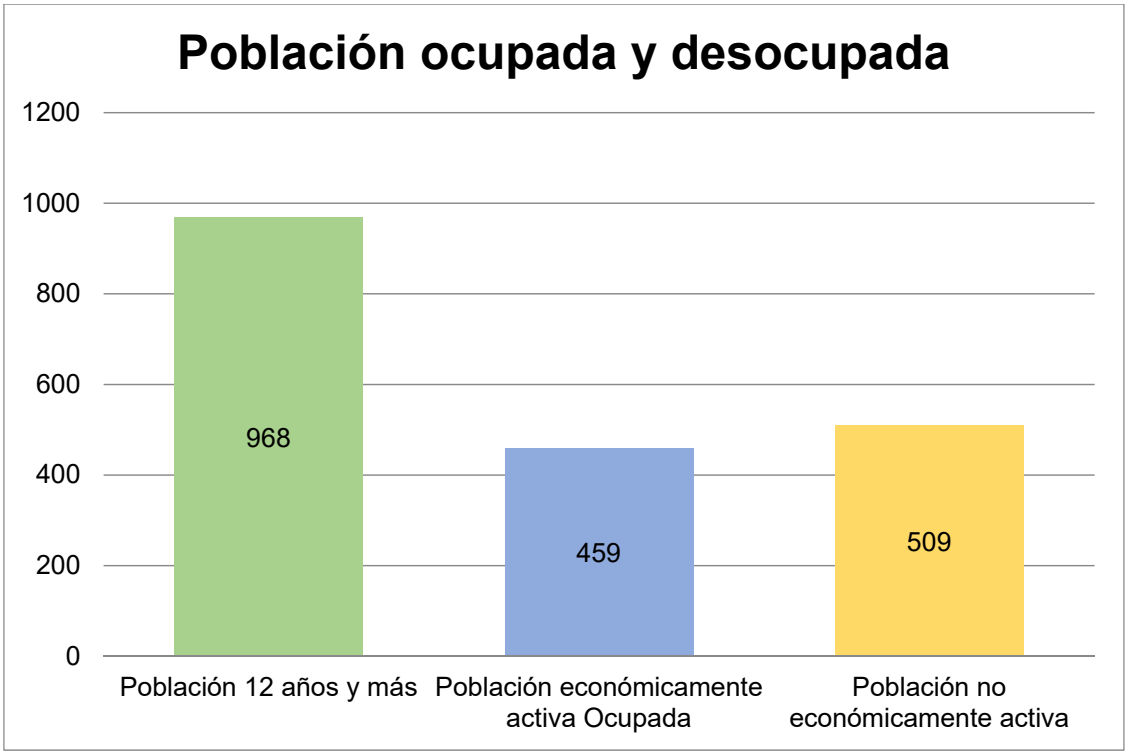


Figura IV.90 Población económicamente activa y no activa en Bacadéhuachi.

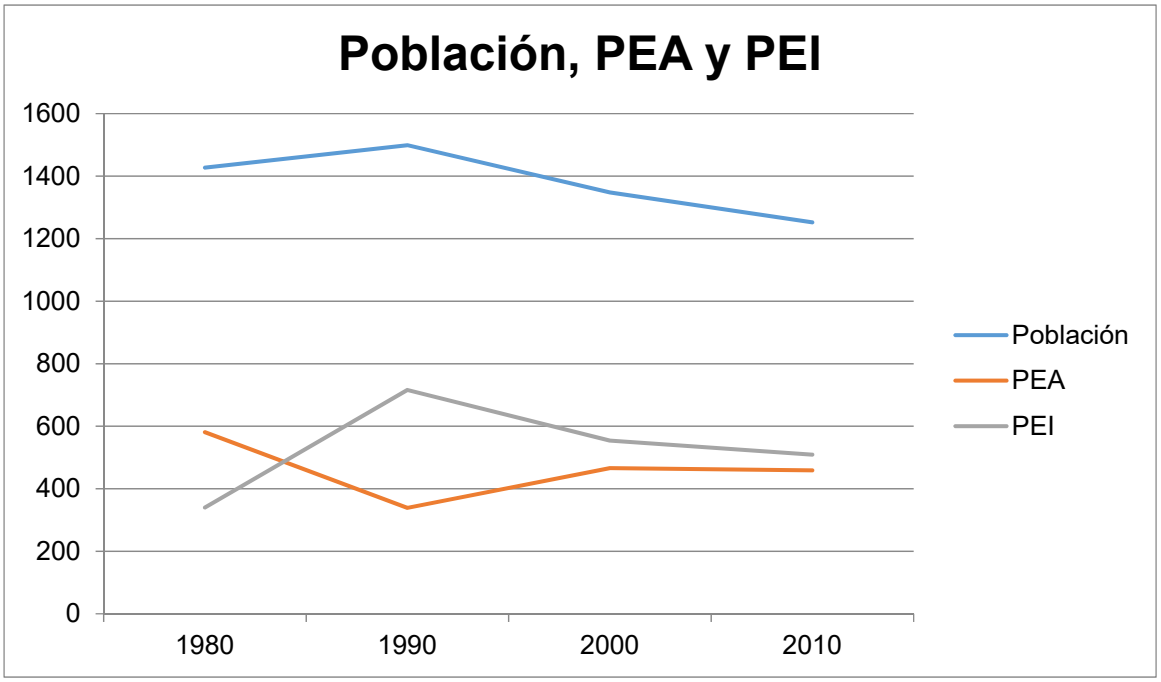


Figura IV.91 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Bacadéhuachi.

En la Figura IV.91 podemos darnos cuenta como la población ha variado en un lapso de 30 años. En el año de 1990 este municipio aumentó su población a 1499 personas, siendo la mayor cantidad de pobladores en este tiempo, pero también el momento donde hubo mayor población inactiva. Los siguientes años la densidad comenzó a disminuir, mientras que la población económicamente activa empezó a aumentar, teniendo un leve declive en los últimos 10 años.

IV.2.4.2 Actividades Productivas

Como la mayoría de las comunidades rurales del estado de Sonora, Bacadéhuachi tiene como principales actividades productivas la ganadería y la agricultura. La ganadería beneficia a 228 productores de ganado bovino; los mayores problemas para estos productores son la falta de infraestructura y de pastos, debido a la sequía.

La agricultura es la actividad de mayor aportación económica al estado, ya que genera gran parte de los empleos y es de mucha ayuda para la ganadería. De la totalidad del terreno, la mayor parte es agricultura de riego y el resto agricultura de temporal.

Además de las actividades económicas antes mencionadas, este poblado cuenta con siete establecimientos de venta: seis de abarrotes del sector privado y uno operado por CONASUPO.

IV.2.4.3 Vivienda y Urbanización

De acuerdo con el censo 2010, aplicado por INEGI, en este municipio hay 363 hogares, con vivienda particular; en promedio en cada casa viven 3.4 personas.

La siguiente imagen (figura IV.92 es una vista de Bacadéhuachi desde el cielo, donde podemos observar la estructura del pueblo, sus calles, su plaza e iglesia. La mayoría de las calles del poblado se encuentran pavimentadas, lo que hace más fácil el transitar por ellas.

Figura IV.92 Bacadéhuachi desde el cielo. Por: Valencia-Galaz (Google Maps).

IV.2.4.4 Educación y Salud

IV.2.4.4.1 Educación

Este municipio cuenta con tres escuelas de nivel básico: un preescolar, una primaria y una secundaria. Al no contar con preparatoria, muchos jóvenes migran a ciudades grandes o deciden dejar sus estudios en nivel básico. Del total de la población, sólo se registran 25 personas mayores a 18 años que terminaron una carrera universitaria; de estos 25 podemos resaltar a seis que consiguieron terminar un posgrado.

IV.2.4.4.2 Salud

Con lo que respecta al servicio de salud, este poblado cuenta con dos unidades médicas, las cuales son atendidas por un solo médico. Del total de la población 948 habitantes son derechohabientes a servicios de salud.

De acuerdo al censo 2013, sabemos que la mortalidad al momento de esta encuesta fue de 13 personas, nueve hombres y cuatro mujeres.

IV.2.4.5 Equipamiento

IV.2.4.5.1 Vías de Comunicación

El camino que va de Hermosillo a Bacadéhuachi comienza en la carretera federal 14, por alrededor de 224 km., (hasta la entrada a Huásabas); la carretera se encuentra en buen estado, pero los siguientes 29 km., hasta llegar al entronque “El coyote”, están en muy mal estado. El resto del camino hasta Bacadéhuachi es de alrededor de 21 km., que se encuentran en buenas condiciones.

IV.2.4.5.2 Transporte a otros Poblados

Para poder transportarse a la ciudad capital, o a otros municipios, es necesario llegar a Huásabas o Moctezuma, ya que en este poblado no hay camiones hacia otros municipios. La población necesita buscar raite o tener carro propio para poder llegar a las poblaciones de donde salgan los camiones.

IV.2.4.5.3 Teléfono

Telmex cuenta con dos modalidades, contrato de renta mensual y casetas telefónicas las cuales poco a poco van dejando de funcionar. Además de la telefonía fija, este poblado cuenta con telefonía móvil, como Telcel, que proporciona cobertura 2G y 3G, para llamadas y datos móviles.

IV.2.4.6 Cultura

Los días 8, 9 y 10 de septiembre se lleva a cabo la fiesta tradicional del pueblo, en la que se celebra a la virgen de Loreto. Además de esta celebración, el pueblo festeja los días de San Juan, el 24 de junio y el de la santa cruz y San Pedro, el 3 de mayo.

El monumento significativo del municipio es la iglesia de nuestra señora de Loreto, construida en el siglo XVII; podemos observarla en la imagen siguiente.

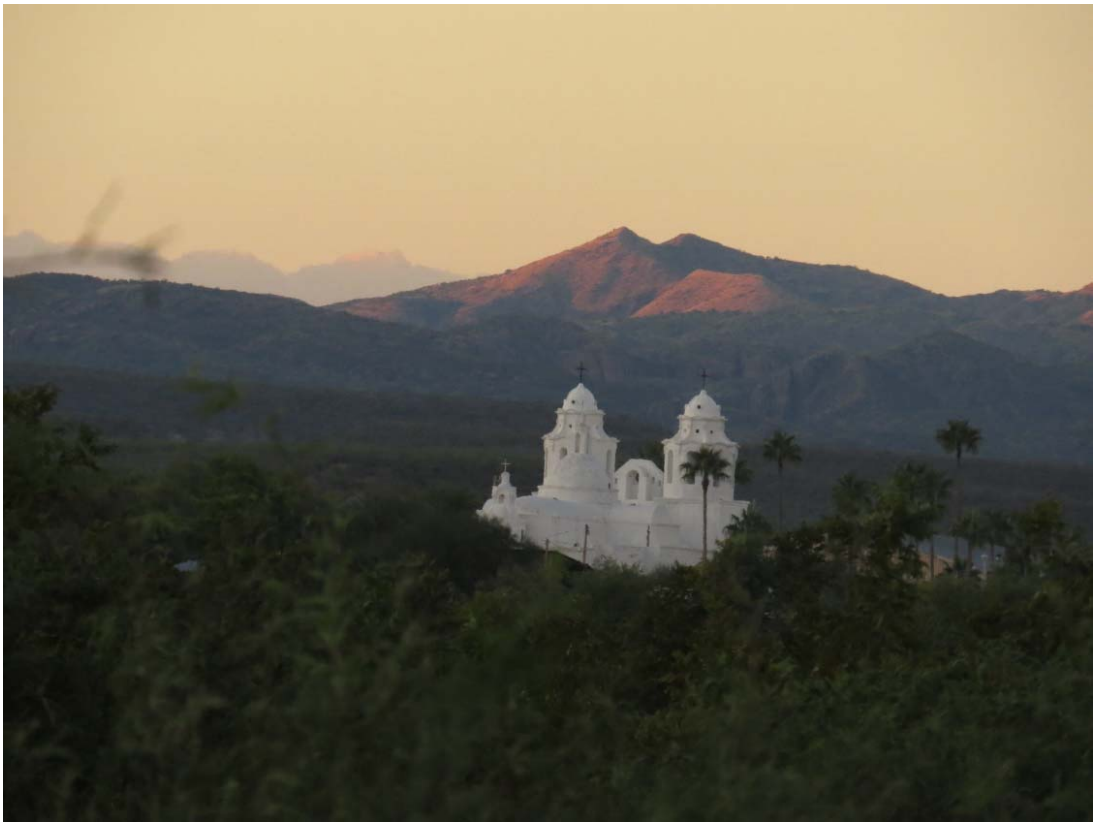


Figura IV.93 Iglesia de Nuestra Señora de Loreto.

IV.2.5 Medio Socioeconómico en Granados

IV.2.5.1 Demografía

A 232 km., de la capital del estado de Sonora se encuentra el municipio de Granados; al estar en el Noreste del estado colinda con Huásabas, Bacadéhuachi y Moctezuma. La extensión territorial es de 363.94 kilómetros cuadrados.

De acuerdo con el censo hecho por INGEGI EN 2010, la población es de 1150 personas, 595 son hombres y 555 son mujeres.

Como se puede observar en la Figura IV.94 la población infantil (menores de seis años) es inferior al 10%; la población de adultos mayores a 60 años es de 18.40% mientras que el porcentaje de jóvenes de entre 15 y 29 años es de 21.30%.,

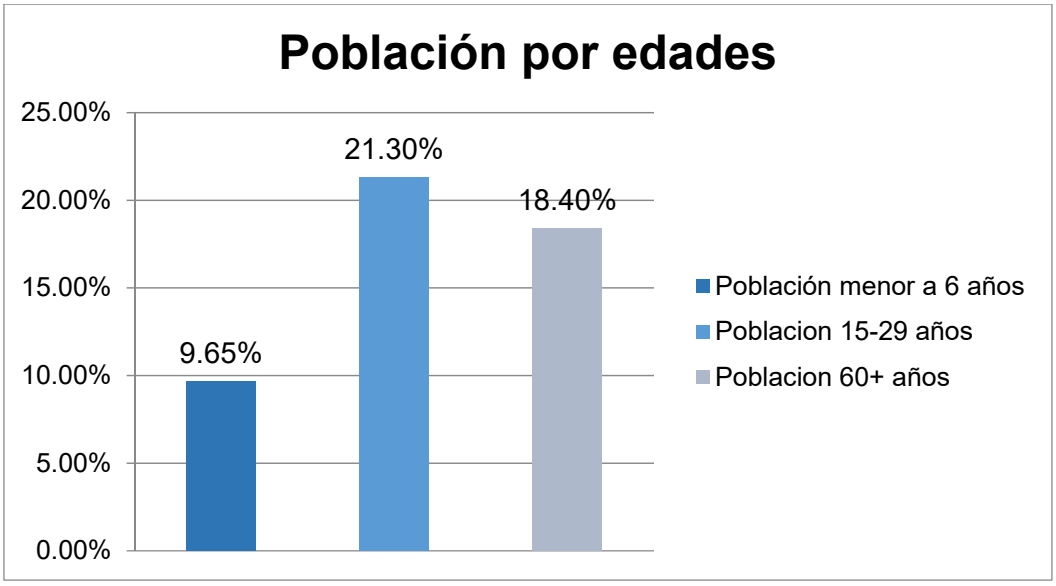


Figura IV.94 Porcentajes de población por edades en Granados.

La población mayor a 12 años es de 922 personas, de las cuales 445 son personas económicamente activas. Podemos observar que la población no económicamente activa supera por 32 personas a la población económicamente activa, indicándonos que hay desempleo en el municipio.

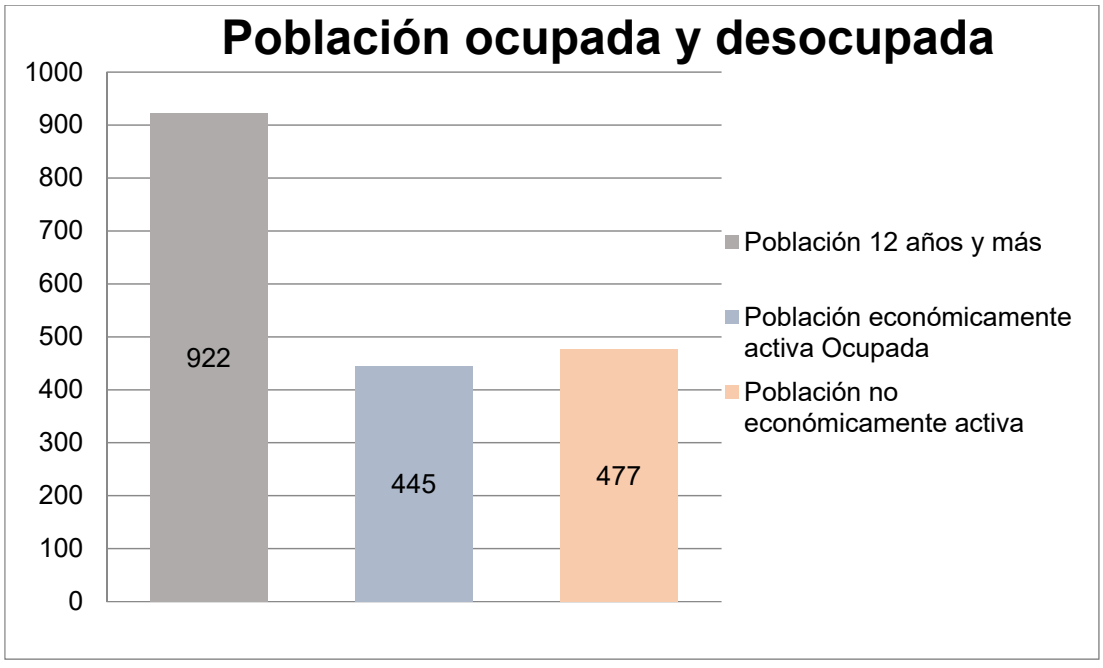


Figura IV.95 Población económicamente activa y no activa en Granados.

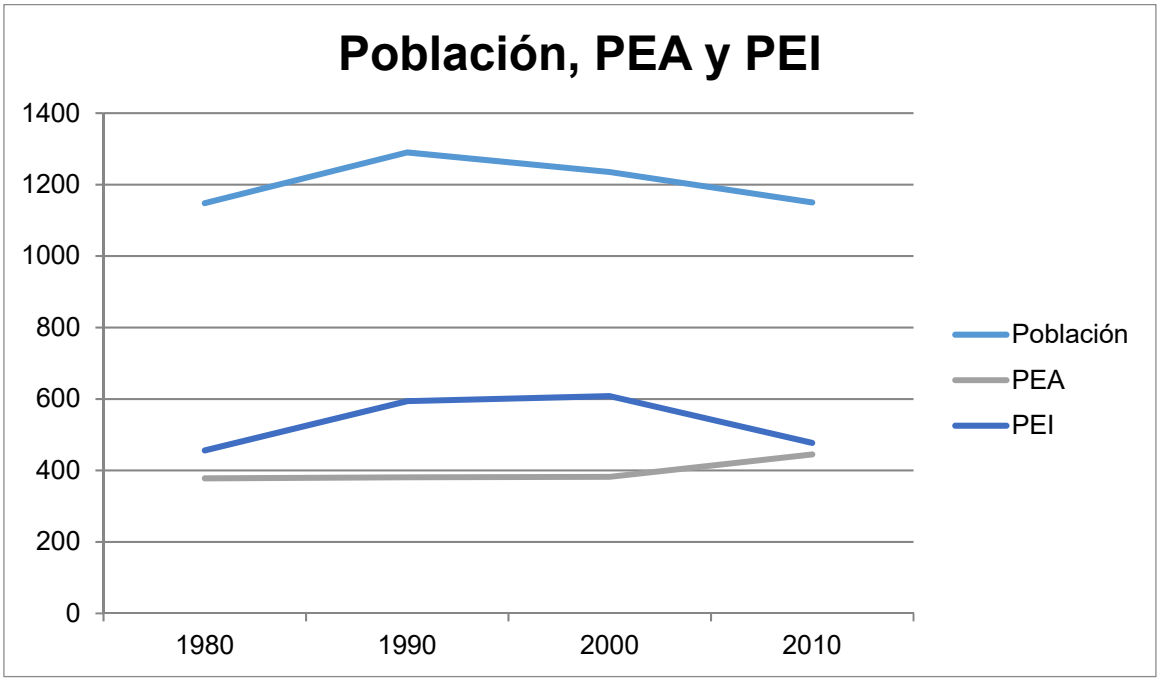


Figura IV.96 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Granados.

Podemos observar como en el año de 1990 la población de este municipio aumentó a su mayor número en estos 30 años, de ahí en adelante se nota cómo disminuye el número de pobladores, siendo el 2010 el año con menor población en este margen. En el año 2000 observamos cómo la población económicamente inactiva se encuentra en su punto máximo; ya para el año 2010 la población económicamente activa comienza a aumentar, mientras que el desempleo disminuye.

IV.2.5.2 Actividades Productivas

Las principales actividades productivas para este municipio son la ganadería y la agricultura, al igual que en la mayoría de los pueblos sonorenses. La ganadería resulta ser la actividad con más ingresos para el pueblo, además que es la actividad que crea más empleos. El gran éxito de esta actividad es la exportación de ganado bovino, beneficiando a 135 productores. La agricultura no se queda atrás, ya que es indispensable para la vida de este poblado.

IV.2.5.3 Vivienda y Urbanización

De acuerdo con la información tomada del censo INEGI 2010, el pueblo tiene 329 viviendas particulares donde habitan en promedio 3.5 personas.

La urbanización del municipio es buena y las calles están pavimentadas, como se puede observar en la Figura IV.97.

Figura IV.97 Granados desde el cielo. Por: Wayne McClelland. (Google Maps).

IV.2.5.4 Educación y Salud

IV.2.5.4.1 Educación

En el municipio podemos encontrar 3 escuelas de nivel básico y medio superior: un preescolar, una primaria, una secundaria y una escuela de bachillerato. Según los registros de INEGI 2010, 71 personas terminaron sus estudios profesionales y de éstas 5 concluyeron un posgrado.

IV.2.5.4.2 Salud

El poblado cuenta con dos unidades de salud, operadas por un solo médico; a estas dos unidades acuden 936 derechohabientes. La mortalidad registrada en el censo de INEGI en el año 2013 fue de 13 personas, seis hombres y siete mujeres.

IV.2.5.5 Equipamiento

IV.2.5.5.1 Vías de Comunicación

El camino que va de Hermosillo a Granados comienza en la carretera federal 14, son 226 km hasta llegar a Huásabas, de ahí siguen 6 km., de carretera que no se encuentra en las mejores condiciones.

IV.2.5.5.2 Transporte a otros Poblados

Granados no cuenta con central camionera, por lo que las personas que necesiten trasladarse a otros poblados tienen que buscar la manera de recorrer los 6 km., hasta Huásabas, de donde sale un camión a Hermosillo tres días a la semana.

IV.2.5.5.3Teléfono

La empresa encargada de la telefonía fija en el poblado es Telmex, que además de proporcionar contratos mensuales para las viviendas, proporciona el servicio de casetas telefónicas.

En telefonía celular, Telcel es el único proveedor que llega a esta zona, prestando el servicio de 2G y 3G para llamadas, mensajes y datos móviles.

IV.2.5.6 Cultura

El día 15 de mayo se llevan a cabo las fiestas patronales a San Isidro Labrador, por lo que se organizan bailes y una coronación. La iglesia construida con un concepto colonial es el atractivo principal del municipio, al igual que el mirador de la Cruz del Diablo y La Pirinola, un cerro con bella vista y mucha vegetación.

Figura IV.98 Iglesia de San Isidro Labrador en Granados.

Figura IV.99 La Pirinola en Granados. Por: etbarcelo (Google Maps).

IV.2.6 Medio Socioeconómico en Huásabas

IV.2.6.1 Demografía

Al noreste del estado sonorense, a 224 km., de la ciudad de Hermosillo, se encuentra el municipio de Huásabas. Con una superficie de 821.90 kilómetros cuadrados colinda con Villa Hidalgo hacia el Norte, Granados hacia el Sur, Bacadéhuachi al Este y Moctezuma al Oeste.

De acuerdo con el censo 2010 realizado por el INEGI, el total de la población es de 962 personas, de las cuales 513 son hombres y 449 son mujeres.

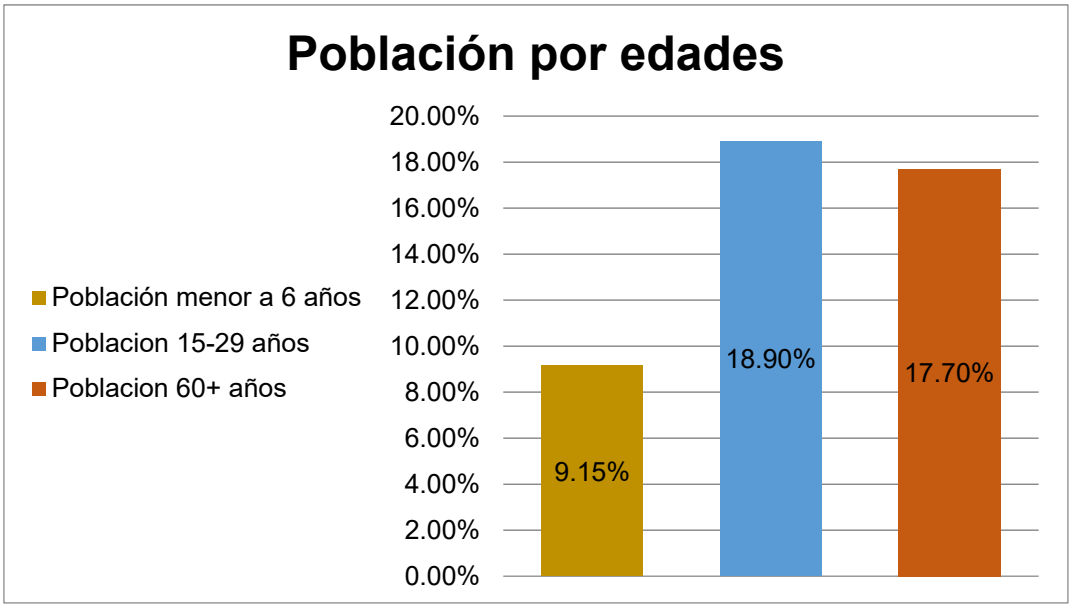


Figura IV.100 Porcentajes de población por edades en Huásabas.

Como se observa en la figura anterior, la diferencia entre la gente joven (15-29 años) y los adultos mayores a 60 es relativamente poca, con solo 1.20%; también se observa que hay una pequeña población de personas menores a 6 años, que equivale a 88 personas. En la figura IV.101 1podemos ver cómo una gran parte de la población mayor a 12 años no se encuentra económicamente activa: 408 personas inactivas económicamente superan a 349 personas que si tienen un trabajo.

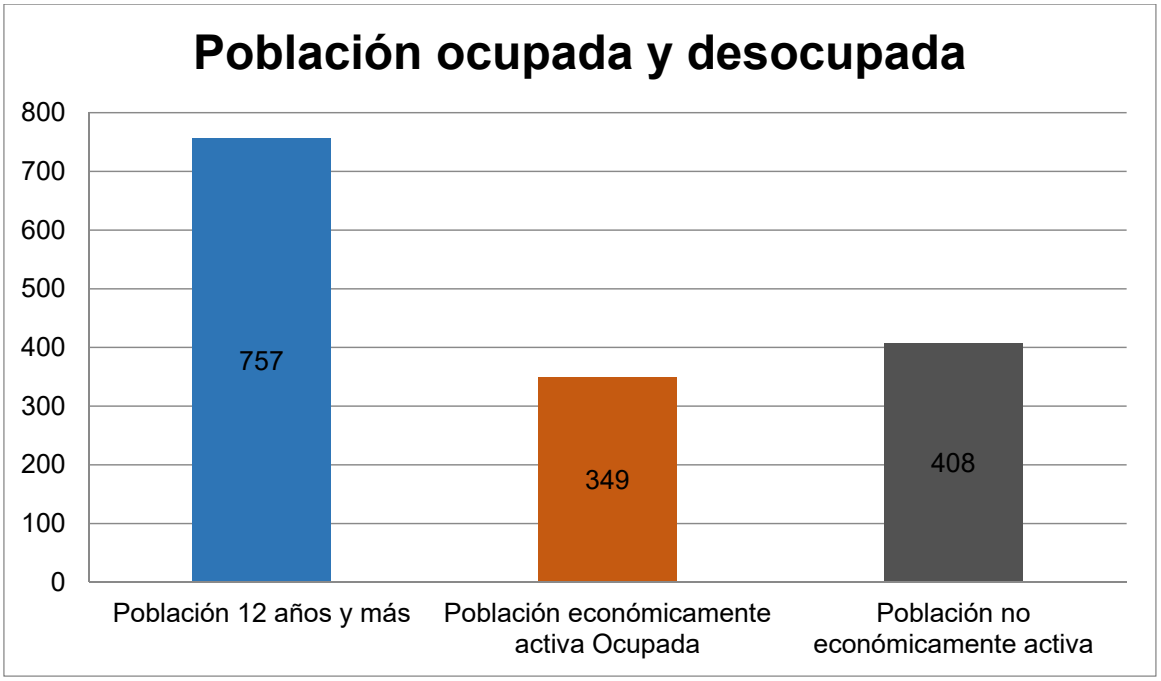


Figura IV.101 Población económicamente activa y no activa en Huásabas.

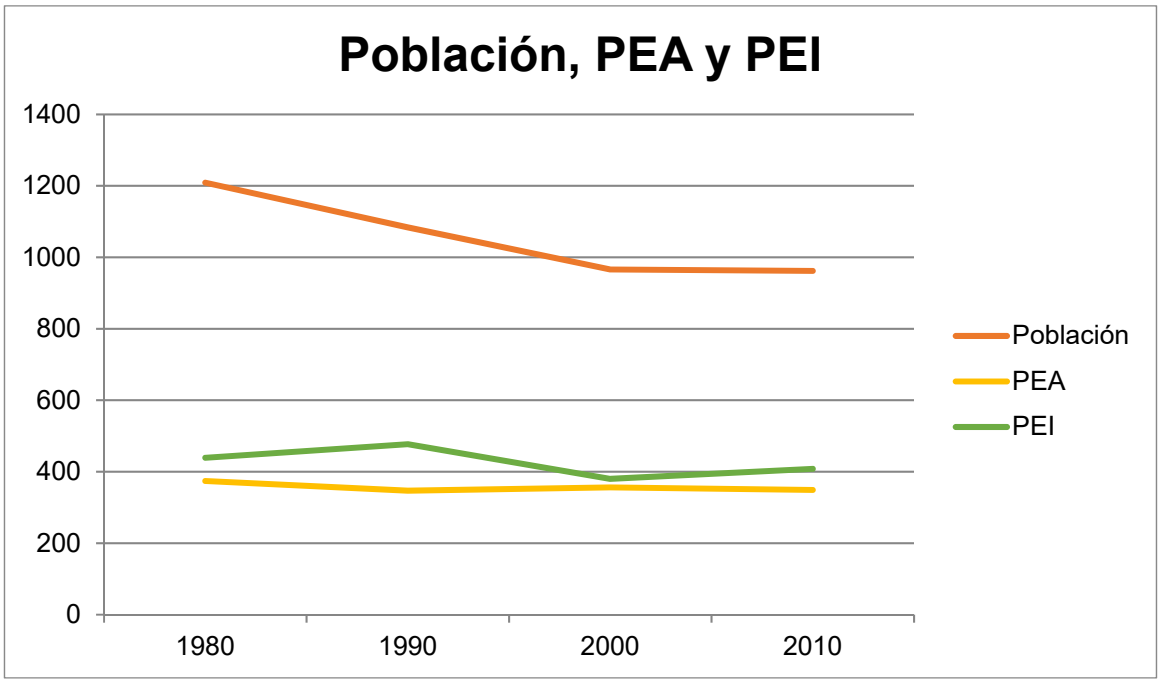


Figura IV.102 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Huásabas.

La Figura IV.102 nos muestra cómo a partir de 1980 la población de Huásabas comenzó a disminuir drásticamente hasta el año 2000; los siguientes 10 años la población se ha mantenido con muy poca disminución. A pesar de la disminución de población en 1990 la población económicamente inactiva aumentó; para el año 2000 disminuyó y comenzó a aumentar de manera muy ligera para el año 2010. La población económicamente activa ha tenido muy poca variación en estos 30 años, más ha subido y bajado, contraria a la PEI.

IV.2.6.2 Actividades Productivas

El municipio tiene tres actividades productivas, de éstas se destacan la ganadería y la agricultura; la tercera es el comercio. La agricultura es la actividad número uno del pueblo, esto se debe a la gran cantidad de empleos que genera, además de las ganancias monetarias por su producción. Esta actividad se divide en agricultura de riego y agricultura de temporal; parte de la producción se destina a apoyar en la ganadería.

La ganadería es la segunda actividad representativa del pueblo, por las grandes oportunidades de empleo que genera.

Con 24 establecimientos en el pueblo, el comercio es una actividad más que genera empleo y ganancias al pueblo. 11 de estos establecimientos son tiendas de abarrotes, cuatro carnicerías, cuatro expendios de cerveza, dos ferreterías, dos talleres mecánicos y una gasolinera.

IV.2.6.3 Vivienda y Urbanización

Se tiene registradas 286 viviendas particulares, donde viven en promedio 3.4 personas, esto de acuerdo con el censo INEGI 2010.

En las dos siguientes imágenes podemos observar la entrada al pueblo de Huásabas, y parte la carretera que llega hasta este municipio. La urbanización es buena, ya que todo el pueblo este pavimentado, aunque las calles ya no se encuentren en las mejores condiciones.

Figura IV.103 Entrada al municipio de Huásabas.

Figura IV.104 Carretera a la entrada de Huásabas.

IV.2.6.4 Educación y Salud

IV.2.6.4.1 Educación

La población de este municipio cuenta con tres escuelas de nivel básico: un preescolar, una primaria y una secundaria. Al igual que en muchos pueblos de la región, los jóvenes que terminan su secundaria tienen que, o migrar a las ciudades para continuar con su educación o dejar sus estudios truncos. De acuerdo con el censo INEGI 2010, 37 personas lograron concluir una carrera universitaria y cuatro obtuvieron un posgrado.

IV.2.6.4.2 Salud

El municipio de Huásabas cuenta con un solo centro de salud, con un médico encargado de atender a los 712 derechohabientes. De acuerdo con el INEGI, en 2013 hubo 3 defunciones, 2 de estas personas eran hombres y una mujer.

IV.2.6.5 Equipamiento

IV.2.6.5.1 Vías de Comunicación

Para llegar al poblado de Huásabas es necesario seguir la carretera federal número 14; se recorren 224 km., hasta llegar a su entrada. Este tramo se encuentra en buenas condiciones lo cual hace más fácil la llegada al municipio.

IV.2.6.5.2 Transporte a otros Poblados

Este municipio cuenta con camión que sale a la ciudad de Hermosillo 3 días a la semana, por lo que su población tiene más facilidades para viajar. Los habitantes de los poblados vecinos tienen que viajar hasta Huásabas si desean llegar a la capital, ya que no cuentan con camiones que hagan este recorrido.

IV.2.6.5.3 Teléfono

La compañía proveedora del servicio de telefonía fija es Telmex; con contratos mensuales la población cuenta con el servicio de teléfono y/o internet. Aunque poco a poco van dejando de ser utilizadas también hay en el pueblo casetas telefónicas, para quienes no contraten el servicio de telefonía fija. Con respecto a la telefonía móvil, Telcel proporciona este servicio con

señal 2G y 3G, lo que permite hacer llamadas, mandar mensajes de texto y utilizar datos móviles.

IV.2.6.6 Cultura

Las fiestas del pueblo en honor a la Virgen María son del 15 al 18 de agosto, se celebran con bailes, juegos, jaripeos y carreras de caballos. Otra fiesta que celebra el pueblo es el día de la santa cruz, el 3 de mayo, donde se baila la danza de los matachines.

Uno de los lugares más visitados es el Río Huásabas, el cual podemos ver en una de las siguientes figuras. Además, el mirador de la cruz del diablo, desde donde se observan hermosos paisajes, este se encuentra en la carretera entre Huásabas y Granados. Otra de las atracciones de Huásabas es la plaza del pueblo, frente a la iglesia.

FiguralV.105 Río Huásabas.

Figura IV.106 Plaza de Huásabas. Por: Ramón Anduaga Verdugo (Google Maps).

IV.2.7 Medio Socioeconómico en Nacori Chico

IV.2.7.1 Demografía

Nácori chico es un poblado con 2832.84 kilómetros cuadrados de superficie; se encuentra al Este del estado, colindando con Huachinera al Norte, Sahuaripa al Sur, Bacadehuachi al Oeste y con el estado de Chihuahua al Este. Se localiza a 303 km., de la capital sonorense.

De acuerdo con el censo 2010 del INEGI, la población total del municipio era de 2051, dividida en 1080 hombres y 971 mujeres.

En la figura IV.107 podemos observar algunos porcentajes de los grupos poblacionales, vemos cómo poco más del 20% de la población está en edades entre 15 y 29 años de edad. La población de niños menores a seis años es de 9.51%, mientras que los adultos mayores a 60 equivalen a un 15.70% de la población.

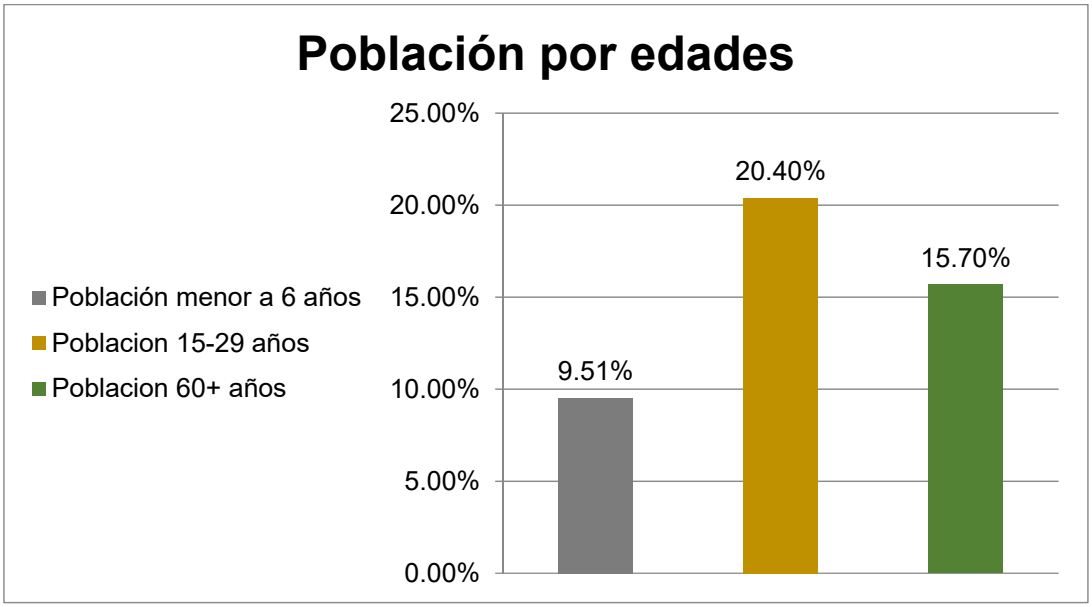


Figura IV.107 Porcentajes de población por edades en Nácori Chico.

En la siguiente figura podemos ver cómo hay un mayor número de gente no económicamente activa (908); esto puede ser un índice de alto desempleo en el municipio. De un total de 1612 personas mayores a 12 años, 685 son económicamente activas, de las cuales 94 se encontraban desocupadas y 19 personas no especificaron su estado laboral al momento del censo.

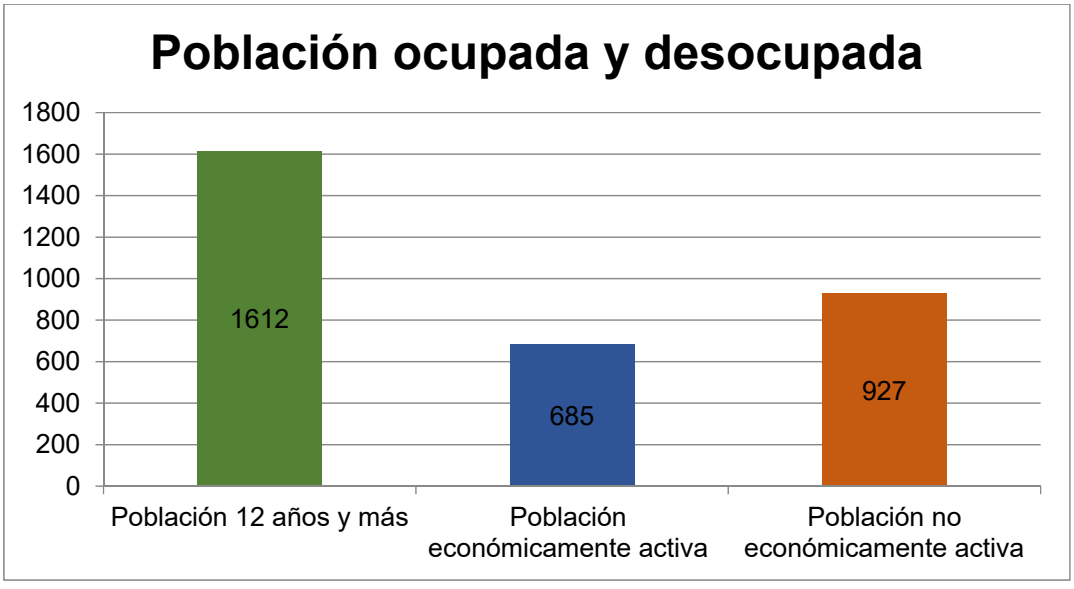


Figura IV.108 Población económicamente activa y no activa en Nácori Chico.

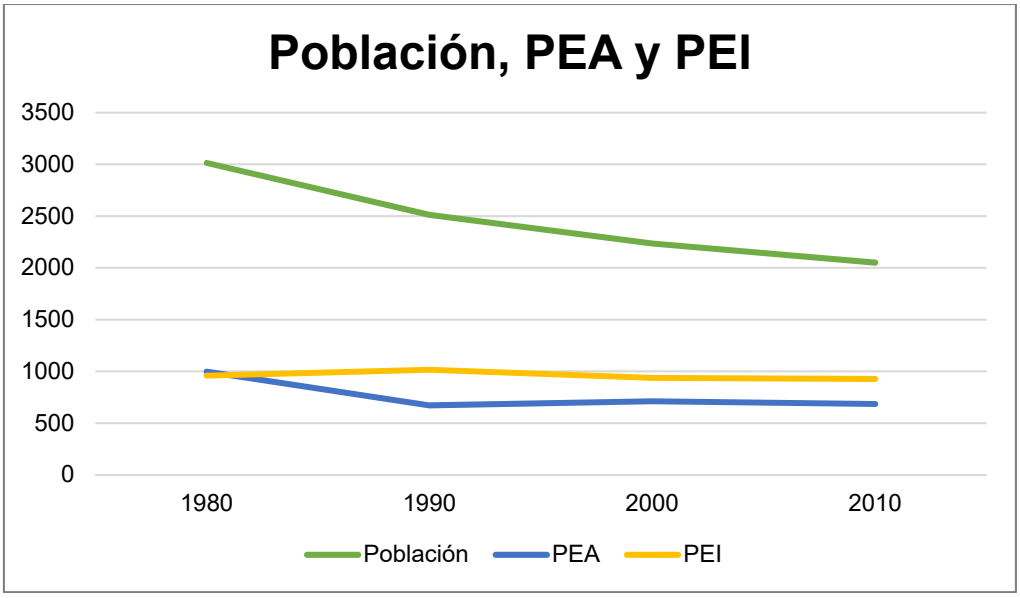


Figura IV.109 Población, PEA, PEI de 1980 al 2010 en Nácori Chico.

En la figura anterior, podemos observar cómo de 1980 a 1990 la disminución de la población fue considerable, ya que en sólo 10 años hubo una baja de 500 personas; de ahí en adelante la baja continuó, mas fue lenta ya que la población disminuyó en aproximadamente el mismo número, pero en más tiempo. A partir de 1980 la población económicamente activa disminuye relativamente rápido; de ahí en adelante aumenta y vuelve a disminuir de una manera muy sutil.

IV.2.7.2 Actividades Productivas

Al ser pueblo de la sierra, sus principales actividades productivas son la ganadería y la agricultura. Los productos de agricultura, que son forrajes y granos básicos, se destinan para consumo propio y mantenimiento del ganado. La ganadería también es de las actividades principales del pueblo, ya que se apoya de la agricultura local y puede mantener más de 30 mil cabezas de ganado.

IV.2.7.3 Vivienda y Urbanización

El promedio de habitantes por casa-habitación de acuerdo con el censo 2010 del INEGI, es de 3.4 personas; se registraron también 597 viviendas particulares. En lo que respecta a las calles, se encuentran pavimentadas, mas no en perfectas condiciones. En la siguiente figura podemos observar unas de sus calles y casas.

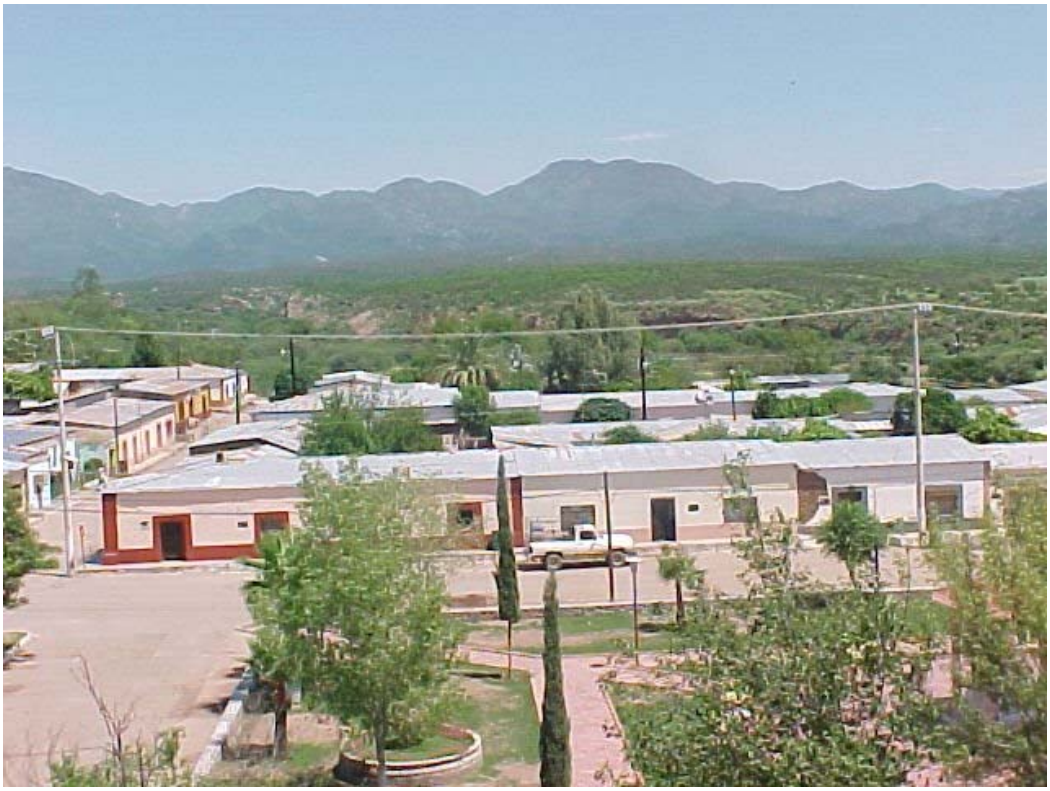


Figura IV.110 Calles y casas de Nácori Chico. Por: J Abelardo Suárez (Google Maps).

IV.2.7.4 Educación y Salud

IV.2.7.4.1 Educación

En el municipio de Nácori Chico podemos encontrar 14 escuelas de educación básica: cinco preescolares, cinco primarias y cuatro secundarias. Tomando información de INEGI, en 2011 se tenían registros de 45 personas que habían egresado de universidades, fuera del pueblo, ya que este no cuenta con una.

IV.2.7.4.2 Salud

De los 2051 habitantes de este municipio 1422 son derechohabientes a servicio de salud. Dentro del pueblo se cuenta con dos centros de salud pública, atendidos por dos médicos. La mortalidad del año 2013 fue de 14 personas, ocho hombres y seis mujeres.

IV.2.7.5 Equipamiento

IV.2.7.5.1 Vías de Comunicación

Para llegar de Hermosillo a Nácori chico se toma la carretera federal 14; el recorrido de 224 km., hasta la entrada a Huásabas la carretera se encuentra en buen estado; la siguiente parte del camino hasta llegar al entronque “El coyote” está en muy mal estado. El resto del camino hasta Nácori chico (alrededor de 52 km.), se encuentra en buenas condiciones.

IV.2.7.5.2 Teléfono

La compañía que proporciona contratos de telefonía fija mensual para casa-habitación o negocios, es Telmex; además, en el pueblo se pueden encontrar casetas telefónicas, mismas que, aunque poco a poco van desapareciendo, son de mucha ayuda.

La telefonía celular está a cargo de Telcel, que proporciona la tecnología 2G y 3G con las que los usuarios pueden disponer de llamadas telefónicas, mensajes de texto y datos móviles.

IV.2.7.6 Cultura

La patrona del pueblo es Santa Rosa de Lima, a quien festejan con las fiestas del pueblo del 30 de agosto al primero de septiembre; en estas fiestas se da misa todos los días, se corona a la reina del pueblo, se organizan bailes en la plaza y carreras de caballos. Otras celebraciones son la semana santa, el día de la Santa Cruz y el día de muertos.

Figura IV.111 Iglesia de Santa Rosa de Lima.

Las mayores atracciones turísticas del pueblo son sus bellos paisajes, la Mesa de los 3 Ríos y un balneario rústico, con temperatura de 31 grados centígrados.

Figura IV.112 Paisaje de Nácori Chico. Por Enr1kM0ran (Google Maps).

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL

La evaluación de los impactos ambientales pretende, como principio, establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa y obstructiva, ni un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir sobreexplotaciones del medio natural y un freno al desarrollo negativo. El Proyecto La Ventana ocasionará sobre el entorno en el que se desarrolle o se ubique una perturbación, la magnitud de dicha perturbación deberá de ser minimizada con base a este estudio de impacto ambiental que con motivo de la ejecución de las actividades asociadas al proyecto serán llevadas a cabo por técnicos y profesionales especializados para las diferentes etapas del Proyecto.

El impacto ambiental se refiere a la acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable en el medio o en alguno de los componentes del medio. Es importante mencionar que el término de impacto no implica negatividad ya que estos pueden ser tanto positivos como negativos.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia entre la situación del mismo y un fututo modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto.

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento jurídico administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de la autoridad ambiental competente.

En ámbitos legales la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), define la evaluación del impacto como “la modificación del ambiente

ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza”, así mismo el Reglamento de la LGEEPA en su Art. 12 fracción V en materia de Evaluación de Impacto Ambiental determina qué; “La evaluación de impacto ambiental, en su modalidad particular, deberá permitir la; “Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.

En este capítulo se presentaran las interacciones que se relacionan en función de los factores naturales presentes en la zona, así como, las características de los componentes del Proyecto, las disposiciones legales y recomendaciones de los diversos instrumentos jurídicos aplicables, la información técnica ambiental que ha sido generada para la región, la caracterización de los ecosistemas y hábitat representativos del área de influencia, los usos de suelo definidos para el proyecto y la información recabada por los trabajos desarrollados en campo.

Para la identificación y la evaluación de los impactos del sistema ambiental de la zona se aplicaron métodos y herramientas que permiten tener una clara perspectiva de cómo se comportara la inmersión del proyecto en el entorno natural.

V.1 Metodología para identificación y evaluación de los impactos ambientales

Para la identificación y evaluación de los impactos se utilizó una matriz de interacción basada en la metodología de matriz de interacción, este método cuantitativo de evaluación fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto de construcción. Su utilidad principal es como lista de verificación que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. Las condiciones particulares del proyecto serán relacionadas con las actividades que se realizarán durante las diferentes etapas del mismo. Para el Proyecto La Ventana las actividades u obras serán agrupadas en las siguientes etapas:

- Preparación del sitio.
- Construcción.

- Operación.
- Remediación y Abandono.

Los méritos de utilizar esta metodología son

- Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones del proyecto sobre diferentes factores ambientales.
- Incorporar la consideración de la magnitud e importancia de un impacto ambiental.
- Permite la comparación de alternativas desarrollando una matriz para cada acción.
- Sirve como resumen de la información contenida en el informe de este capítulo

Para el llenado de la matriz de identificación de los impactos se determinó la siguiente nomenclatura:

AA= Adverso significativo, cuando el impacto sobre el factor incide de manera negativa o puede llegar a modificar el entorno durante un lapso de tiempo prolongado

a = Adverso poco significativo, cuando el factor incide en forma negativa, pero la alteración no se manifiesta en gran media.

BB = Benéfico significativo, en el caso en que la actividad prevista forma parte de una acción positiva o sus efectos repercuten sobre una acción positiva.

b = Benéfico poco significativo, cuando la actividad dentro de la obra, beneficia de alguna manera al medio.

Se identificarán en esta matriz las interacciones generales entre las actividades del Proyecto La Ventana y los componentes ambientales de la zona, la calificación que se presentará será en forma cualitativa usando la nomenclatura descrita anteriormente. Las celdas vacías corresponderán a los casos en los que no se

identificó alteración alguna entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales

V.1.2 Criterios y metodologías de evaluación

V.1.2.1 Criterios

Uno de los objetivos centrales en los procesos de evaluación de impacto ambiental es establecer la importancia de los impactos, así como su carácter. Ésta es una parte crítica del proceso, por cuanto la determinación de la importancia de cada impacto orientará el análisis de los aspectos que deben ser tratados para otorgar sustentabilidad ambiental a los proyectos o actividades evaluados, lo cual en definitiva encauza el manejo de las inversiones en sus aspectos ambientales.

La determinación de la importancia de los impactos ambientales se realiza a partir de criterios de valoración. Al respecto, Canter 1998, señala que para establecer si un impacto es significativo, se deben definir la magnitud, preponderancia, duración, frecuencia y probabilidad del mismo, dentro de lo cual se destacan tres tipos de definiciones de impacto significativo, que corresponden al reconocimiento institucional, reconocimiento público y reconocimiento técnico.

Conesa, 1993, se refiere al concepto “indicador de impacto ambiental” citando a Esteban, M. T. (1984). Este indicador de impacto ambiental es definido como un factor que proporciona la medida de magnitud del impacto en términos fundamentalmente cualitativos. Para cada indicador de impacto ambiental se debe disponer de una función de valores que permita establecer la calidad ambiental en función de la magnitud del impacto.

Considerando lo anterior, se realizó la selección de los criterios que se proponen para valorar los impactos del Proyecto La Ventana, dentro de lo cual se planteó como condición fundamental que este conjunto de criterios se concentrara la gama de características que son consideradas necesarias para evaluar adecuadamente los mismos.

Así, se entiende por Criterios de Valoración, las características que describen las propiedades de los impactos y que son aplicables a cualquiera de estos; es decir,

Considerando que no es conveniente ni factible utilizar una metodología estandarizada y de aplicación universal a todo tipo de proyecto para la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, toda vez que la dicotomía proyecto-ambiente hace a cada iniciativa de obra o actividad prácticamente única y, dado que hay varios métodos para estudiar el impacto potencial sobre un mismo factor, la mayoría de los autores (Marriot, B. B., 1997) y (Morris, P., et al., 2004) coincide en recomendar el diseño de un tipo particular de metodología según las características del Proyecto, siempre acorde a un patrón que incorpore la identificación, la descripción y la valoración de los impactos y , dado que el cambio de los factores afectados hace que el método tenga que ajustarse a dicha proyección (Conesa, F.V., 2003) la metodología empleada en esta Manifestación de Impacto Ambiental parte del análisis de las restricciones de naturaleza ambiental que el impone al Proyecto el conjunto de disposiciones jurídicas que le aplican, de las características de fragilidad o alteración del sistema ambiental en el cual se insertara el Proyecto, así como de su calidad, de su integridad y de su capacidad de carga para el tipo específico de obras y actividades que comprende el Proyecto.

Por lo expuesto, la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente podría generar el proyecto en el sistema ambiental y en su zona de influencia, se basó en la conjugación de dos técnicas convencionales. Es importante considerar las limitaciones y las posibilidades de cada una de ellas, por lo que es de esperar que las limitaciones de cada técnica sean superadas por las potencialidades de las otras.

V.1.2.2 Matriz de Interacción

Los impactos ambientales que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto minero, están en función de las características propias del yacimiento, de

su ubicación y del tipo de proceso de extracción del mineral. La identificación de los impactos previos a la ejecución del Proyecto La Ventana tiene por objeto analizarlos y evaluarlos, con el fin de introducir las medidas preventivas o de mitigación que garanticen la reducción de los efectos adversos resaltando por otro lado, los efectos benéficos que la realización de la obra implica, tanto a nivel local como regional, para finalmente dictaminar la viabilidad ambiental del proyecto y, por consiguiente, su aprobación o rechazo.

Considerando que el medio físico, biológico y social, en el sitio en el que se pretende realizar el proyecto, presenta características propias, se ocasionarán impactos particulares de acuerdo al entorno que los rodea.

Para la identificación de impactos, se seleccionó una variante de la Matriz de Leopold (1971), que consiste en correlacionar las actividades que se realizarán durante la obra con los atributos ambientales; en la que cada intersección de columna y renglón determina el impacto que tiene posibilidad de ocurrir en las diferentes etapas del proyecto.

En las columnas de la matriz, se incluyen las actividades contempladas en cada una de las etapas del Proyecto. Por otra parte, en los renglones de la matriz, se incluyen los atributos ambientales y socioeconómicos que pudieran tener alteración con la ejecución de las obras. Una vez que se han identificado los impactos ambientales se procede a evaluarlos. Con base en el panel experto del área específica de incidencia, se propone la metodología de evaluación de impacto ambiental, que más se adaptó a las características del proyecto y su entorno ambiental.

V.2 Indicadores de Impacto

El objeto principal de las actividades que se presenten durante el desarrollo del Proyecto La Ventana, están centradas principalmente en perturbar la zona de ocupación del proyecto, por tal motivo se presentan los principales factores ambientales bióticos, abióticos y socioeconómicos sobre los que influirán los impactos positivos y negativos, que pudieran provocar algunas alteraciones en el

equilibrio ecológico o sobre factores socioeconómicos, al momento del desarrollo del proyecto.

V.2.1 Componente agua

- Posible afectación mínima en la calidad de aguas superficiales y subterráneas durante la etapa de construcción, si llegasen a presentarse derrames de aceites y otros hidrocarburos provenientes de la maquinaria.
- Generación de aguas residuales originadas por el personal de la obra.

V.2.2 Componente suelo

- Exposición del suelo desnudo a la acción de la lluvia, el viento y otros elementos por la eliminación parcial de la vegetación.
- Incremento del escurrimiento que podrá resultar en la erosión y sedimentación, producto de la excavación y apertura de brechas para maniobras.
- Modificación de la calidad del suelo, erosión durante el desmonte y preparación del sitio.
- Modificación de la calidad del suelo debido a la compactación por las construcciones y el tránsito de vehículos y maquinaria.
- Menor disponibilidad de agua en el subsuelo y aumento de la escorrentía superficial.

V.2.3 Componente aire

- Emisión de partículas y gases de la maquinaria durante la preparación del sitio y la construcción.

V.2.4 Factores Bióticos (flora y fauna)

- Afectación de las comunidades de flora en su hábitat y en las comunidades naturales al requerirse de operaciones de desmonte y despalme de las especies florísticas en los terrenos del sitio.
- Afectación de la vegetación natural por la ocupación del suelo, por la construcción de las obras principales y adicionales.
- Afectación de fauna en su hábitat y comunidades naturales al disminuir la superficie de terreno en condiciones naturales.
- Destrucción de hábitat, nidos y madrigueras de las especies presentes por los descapotes a realizarse.
- Disminución de alimento y refugio de las especies, tanto para mamíferos, aves, reptiles y anfibios.

V.2.5 Componente paisaje

- Alteración del paisaje, por la construcción de un complejo minero de explotación de Litio, que involucra la excavación de un tajo a cielo abierto, el desarrollo de terreros y pileta de recuperación de jales como sus obras de mayor dimensión.

V.2.6 Aspectos socioeconómicos

- Generación de empleos directos e indirectos por la obra.
- Derrama económica a nivel local y regional.
- Diversificación de la economía regional.
- Implementación de un proyecto productivo en tierras que actualmente no son aprovechadas, es decir la mayoría de ellas están en desuso o simplemente son de agostadero.

- Conectividad regional al mejorar las vías de comunicación, introducción de servicios de telefonía celular a la zona del proyecto y el acceso a la web.

Tabla V.1 Matriz de identificación de impactos ambientales para el proyecto La Ventana.

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO LA VENTANA

		PREPARACION DEL SITIO											CONSTRUCCION																									OPERACIÓN														REMEDIACION Y ABANDONO									
	Factores Ambientales	Estudio Socioeconomico	Sitio de Valor cultural e Historico	Acuerdos con Propietarios del Ejido	Contratacion de Personal	Estudios de Caracterizacion del Entorno Natural	Actividades de Rescate de flora y Fauna	Obra Civil para cruzar el Rio Bacadehuachi	Construccion de Caminos de Acceso y de Servicios	Re-Habilitacion de Caminos Existentes	Desmonte y Despalme de Cubierta Vegetal	Colecta de Suelo Vegeta	Conglomeradon de Tierra Vegetal	Movimientos de Tierra	Emisiones de Particulas Suspendidas de Polvos	Arrollos Interceptados	Obras de Control de Erosion	Obras de redireccion de corrientes	Exavaciones	Relleno y Compactadón	Cimbrados y Colados	Construccion de Presa de Jales	Construccion de Piletas de Emergencias	Instaladon de Capa Impermeable en Presa de Jales	Instaladon de Sistema de Deteccion de Fugas en Presa de Jales	Construccion de Oficinas y Campamentos	Construccion de Planta de Beneficio	Construccion de Taller de Mantenimiento y Almacen de Materiales	Perforacion y Construccion de Pozo de Abastecimiento de Agua	Construccion de Polvorin	Riego de Caminos y Areas	Construccion de Cerco Perimetral	Matriz de Barrenacion	Voladura de Material	Acarreo de Material	Depositadon de Material en Tepetatera	Operación de Planta	Manejo de Sustancias Químicas	Manejo de Aguas Residuales	Sistemas de Deteccion de Fugas	Mantenimiento Preventivo de Equipos y Maquinaria	Uso de Agua para el Proceso	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos	Programa de Contingencia y Seguridad	Monitoreo Ambiental Agua, Aire, Suelo	Capacitadon y Adiestramiento del Personal	Fin de Minado	Fin de Acarreos de Tepetate	Remocion de Residuos y Limpieza de Areas	Recubrimiento de Zonas Impactadas con Material Vegetal	Estabilidad de Taludes en Tepetatera y Tajo	Obras Permanentes de Control de Drenaje	Fertilizacion y Movimiento de Suelo para Restaura	Siembra de semillas y reforestacion con Especies Nativas	Monitoreo Ambiental y Mantenimiento
FACTORES ABIOTICOS	**Hidrologia Superficial**																																																								
	1.- Escurrimiento							a	a		a				AA	AA																BB																	b				b				
	2.- Direccion								a		AA				a	AA	a	a	a																			b			a										b				
	3.- Calidad										a					a																BB	a		AA	AA		b		b			BB	BB	BB					b						b
	4.- Cantidad							AA	a		BB			a		a																							b		b			a								b				
	Hidrologia Subterranea																																																								
	1.- Recarga de acuifero								a		a				a	a	a	a	a					a															b			a									b	b		b				
	2.- Nivel Freatico														a	a			a					a									a						b			a									b	b		b				
	3.- Calidad										a																										AA		b	b														b				a
	Suelo																																																								
	1.- Calidad					BB		a	a		AA			a										BB			a					a					b	BB									b			BB	b	b
	2.- Erosion						a	a	a		AA	b		a										BB			AA					a															b			b		b		
	Sub-Suelo																																																							
	1.- Erosion								AA			b		a													AA					a															b			b		b	b	
	2.- Oxidacion de Roca										AA																AA					a															b							
	Atmosfericos																																																							
	1.- Aire								a		AA			a	AA										b			a	a	a		a	a	a	a				b										b				
	2.- Clima					b																																																		
	3.- Ruido							a	a	a	a	a		a			a	a							a	AA					a	a	a				b		b		b					b		a				
	4.- Olores														a																		a		a	a	a		b		b	b		b		b							
	Paisaje																																																							
	1.- Paisaje							a	a	a	a			a					a	a	a		a		a	AA					a						b					b	b				b	b	
	2.- Relieve					b			a		AA			a													a					a																					
	3.- Estetica							a																																												b		b	b		BB		
FACTORES BIOTICOS	**Flora**																																																							
	1.- Mancha Vegetal						b	a	AA		AA	b	b																																								b			BB	BB	b
	2.- Especies protegidas						BB		a		a																	B															BB								b			b		b	
	3.- Especies con valor cultural					b	b	a	AA		AA																																												b				b	
	Fauna																																																								
	1.- Mamiferos						b	a	a		a														a	a						a	a						b		b	b		b										
	2.-Reptiles y Anfibios						b	AA	AA		a					a	a									AA							a						b															
	3.- Aves						b	a	a																a							a									b	b		b										
	4.- Peces																																																								
	5.- Especies Protegidas						BB	AA	AA		AA														AA														b			b	BB		b		b			BB		b
	6.- Especies de valor cultural								AA		AA														AA														b										b				
	7.- Habitat							a	AA		AA														a								a						b	b	a								b				
	8.- Vibraciones								a		a			a			a								AA							AA															b						
	9.- Corredores								a		a														AA																										b				
	10.- Migracion										AA														a							a																				b				

Tabla V.1 Continuación.

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO LA VENTANA

| | | PREPARACION DEL SITIO | | | | | | | | | | | | | CONSTRUCCION | | | | | | | | | | | | |

V.3 Descripción de los Impactos

Con base en el análisis realizado sobre la matriz de identificación de impactos, se encontró un total de 361 interacciones entre los factores del ambiente y las actividades mineras, de las cuales 180 son del medio natural abiótico, 102 del medio natural biótico y 79 del medio socioeconómico.

De forma cualitativa, los impactos benéficos significativos (BB= 43) y los impactos adversos significativos (AA= 43) arrojaron el mismo valor teniendo un equilibrio entre ellos, al contrario de los impactos benéficos no significativos (b= 149) fueron ligeramente mayores que los impactos adversos no significativos (a= 126).

En la siguiente tabla V.2 se muestra el balance de los impactos cualitativos benéficos y adversos plasmados en la matriz de identificación de impactos.

Tabla V.2 Resumen de la matriz de identificación de impactos.

Factores Ambientales	Clasificación de Impactos				Total	%
	AA	a	BB	b		
Hidrología Superficial	7	16	6	10	39	10.80
Hidrología Subterránea	1	16	0	12	29	8.03
Suelo	3	10	5	9	27	7.48
Sub-Suelo	4	3	0	6	13	3.60
Atmosféricos	3	27	0	13	43	11.91
Paisaje	2	16	1	10	29	8.03
Flora	4	4	4	14	26	7.20
Fauna	16	28	3	29	76	21.05
Socio-Económico	3	6	24	46	79	21.88
Total	43	126	43	149	361	100
%	11.91	34.90	11.91	41.27	100	

Por otro lado, analizando los impactos según la etapa del proyecto, se tiene que la etapa de operación es la que presenta el mayor porcentaje de impactos con 31.30% con un total de 113 impactos con 17 impactos benéficos significativos y únicamente

5 impactos adversos significativos. En donde los principales factores ambientales que entran en interacción con esta etapa son el suelo, sub-suelo, la flora y la fauna.

El 47.65% de las interacciones está representada en la etapa de preparación del sitio y construcción con un total de 172 interacciones. En la etapa de Operación las interacciones registradas fueron equivalentes al 31.30 %, es decir, 113 interacciones totales. Por último, tenemos a la etapa de Remediación y Abandono como la que cuenta con el menor número de interacciones con un total de 76 interacciones (21.05%) en donde la gran mayoría son impactos benéficos no significativos.

Tabla V.3 Resumen de la matriz de identificación de impactos ambientales según la etapa de proyecto.

Etapas del Proyecto	Clasificación de Impactos				Total	%
	AA	a	BB	b		
Preparación del Sitio	36	90	20	26	172	47.65
Operación	5	33	17	58	113	31.30
Remediación y Abandono	2	3	6	65	76	21.05
Total	43	126	43	149	361	100
%	11.91	34.90	11.91	41.27	100	

A continuación, se describen los principales impactos ambientales y socioeconómicos que generara el Proyecto La Ventana resultantes del análisis de la interacción detectada en la matriz de identificación de impactos.

V.3.1 Agua Superficial

Dentro de los procedimientos que se realizaron para determinar y evaluar los impactos al ambiente siendo específicos en el factor de aguas superficiales esto por las actividades encaminadas a la construcción y operación del proyecto La Ventana se determinó que los impactos que se generen serán en función de las obras de construcción, las cuales afectaran tanto en la dirección como en el escurrimiento de las aguas superficiales, debido a las maniobras de descapotes y desmontes de la vegetación de la zona, para dar paso a la construcción e instalación de las obras permanentes.

Aunado a esta etapa existe la posibilidad de interceptar arroyos que pudieran presentar problemas para la construcción del proyecto, esto afectara en medida los escurrimientos en las temporadas de lluvia.

La calidad de las aguas superficiales también se ve que pudiera presentar impacto en algunos de los componentes físico-químicos, dada la posibilidad de contingencia o derrames de soluciones del proceso o de hidrocarburos, así como la depositación de partículas finas por la erosión del apilamiento del tepetate y mineral, así como, potenciales escurrimientos de soluciones provenientes de las actividades productivas del Proyecto La Ventana.

Se estima que serán 8 intersecciones en arroyos o escurrimientos locales de la naturaleza derivados del desarrollo de las obras mineras del Proyecto La Ventana, estos escurrimientos son considerados de temporada ya que no trasportan agua todo el año, la gran mayoría de estos escurrimientos drenan hacia el río Bacadehuachi. Estos escurrimientos se encuentran principalmente en la microcuenca R.Bd que corresponde a la Sub-cuenca La Ventana y algunos de los nombres de los escurrimientos que el INEGI considera son Arroyo Las Huatas, El Capulín y La Ventana.

Entre algunas de las medidas de prevención y mitigación que se consideran para los impactos al agua superficial se incluyen: sistema de contención impermeabilizados en todas las áreas donde se manejen sustancias químicas o soluciones de proceso, programa de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, monitoreo del agua superficial y sedimentos de arroyos y obras de control de avenidas y escurrimientos pluviales. A medida que se vayan desarrollando cada una de las obras mineras, se irán construyendo canales de desviación de escurrimientos pluviales alrededor de las mismas para redirigir el agua de lluvia hacia los cauces naturales más cercanos y evitar la entrada de escurrimientos a las zonas de operación.

V.3.2 Aguas Subterráneas

Los impactos adversos negativos significativos y/o no significativos identificados dentro de la matriz de interacción de impactos se ponderaron y los valores de cada una de las interacciones se encuentran entre las intensidades moderadas y leves dado que pueden ser mitigadas y controladas de manera parcial.

Todos estos impactos están relacionados con las obras que se pretenden construir para el Proyecto La Ventana dado que el desarrollo de un tajo a cielo abierto representa una gran modificación del relieve y de la topografía del terreno en la zona, modificando de manera directa las direcciones de los escurrimientos y los arroyos se verán afectados y como consecuencia las filtraciones de este recurso será en zonas en donde no se consideraba de manera natural viéndose frustradas algunas zonas o puntos receptivos de interés. Los niveles freáticos serán afectados por la demanda de agua que tendrán los procesos de construcción y operación durante la ejecución de estas etapas, repercutiendo a este parámetro de manera temporal y con una alta posibilidad de reversibilidad, lo que, no representa un mayor impacto.

La calidad de las aguas subterráneas puede verse involucradas por la existencia de riesgos de derrames de sustancias químicas (hidrocarburos) principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción y en la etapa de producción se presentan una serie de sustancias químicas las cuales pueden ocasionar impactos negativos en función de la calidad de las aguas subterráneas, básicamente en la zona de presa de jales y planta de producción.

V.3.3 Suelo

El cambio de uso de suelo de agostadero extensivo a minero del Proyecto La Ventana, implica la generación de varios beneficios económicos a la comunidad y a los propietarios como son el pago por la adquisición de la tierra y derechos de vía, lo que fomentara la realización de actividad productiva en la región detonando la economía de la localidad y áreas circunvecinas.

El uso de suelo forestal se verá afectado por los desmontes y despalmes, con una medida de mitigación, se aprovecharán las especies vegetales que sirvan como producto forestal, de igual manera se presentar a un programa general de rescate de flora y fauna que permee el impacto en este recurso.

Los componentes de este factor se verán afectados principalmente en la calidad que presentan los suelos y de igual manera las maniobras afectaran de manera parcial y facilitaran los procesos de erosión y degradación del suelo.

El recurso mineral (Litio) será explotado y extraído del subsuelo para ser procesado y transformado y posteriormente se comercializará al mercado nacional e internacional. La interacción de esta activada con este parámetro está considerada como un impacto irreversible dado que el recurso mineral se representa como un recurso no renovable el cual no se puede mitigar ni subsanar en el entorno natural.

La calidad del suelo, se considera como el componente con la mayor cantidad de impactos negativos, debido a la probabilidad de derrames y fugas de soluciones químicas derivadas del proceso productivo, así como de hidrocarburos o combustibles fósiles utilizados para abastecer la maquinaria pesadas y unidades ligeras de combustible durante los trabajos de preparación del sitio y construcción principalmente.

Para esto se tomarán medidas de prevención y mitigación como son la colección y disposición adecuada de los residuos peligrosos derivados de los mantenimientos de la maquinaria y el equipo utilizado. Para la etapa de restauración y abandono de las instalaciones se promoverá la formación de suelo fértil y el crecimiento de la vegetación. Se monitoreará la calidad del suelo para detectar a tiempo cualquier anomalía y actuar de manera efectiva y preventiva.

La erosión se presentara con los desmontes y los despalmes para mitigar estos efectos se propiciara la debida atención a las obras de control de avenidas y las obras de control de escurrimientos las cuales ayudaran a mitigar los efectos degenerativos y la perdida de los nutrientes de los suelo en los que se desplantara el Proyecto La Ventana así mismo en estas áreas se promoverá la siembra de

semillas de especies locales para su reforestación y conservación de las propiedades físico-químicas de los suelos.

V.3.4 Atmósfera

La atmósfera y sus componentes se verán afectados de forma negativa principalmente en la calidad del aire, el ruido y los olores. Las actividades que afectarán en mayor medida serán los acarreos de material, la construcción de caminos de acceso, en la operación de generadores base diésel, las emisiones de vapores provenientes de la planta de proceso. Estos impactos se consideran parcialmente reversible y parcialmente controlado.

Las partículas suspendidas serán las causantes de la contaminación del aire esto es principalmente por los procesos de construcción que básicamente se refiere a los desmontes y despalmes, la construcción de caminos de acceso y caminos de acarreo, los movimientos de roca y el transponte y descarga de material inerte (Tepetateras), procesos de voladuras que involucran explosivos y fulminantes, representan un coeficiente de emisión de partículas suspendidas. De igual manera las emisiones generadas dentro de la planta de beneficio, los generadores base diésel que serán utilizados por lo menos en la primera etapa de este proyecto

V.3.5 Paisaje

La construcción del Proyecto La Ventana representará una alteración permanente de grandes magnitudes la cual romperá con la armonía paisajística de la zona donde la percepción visual del diseño natural será negativa.

Los efectos sobre este indicador son la mayoría a corto y largo plazo, irreversible y mitigable de alguna manera. Los componentes que más se verán afectados son el paisaje y el relieve.

El paisaje será impactado en primera instancia por los desmontes y despalmes, la construcción de caminos e instalaciones mineras. Asimismo, ambos componentes se afectarán por los cortes y rellenos, descapote de mina, la

depositación de tepetate en terreros y la colocación del mineral en patio de planta. Los efectos en el relieve son irreversibles dados los procedimientos para efectuar las detonaciones de las voladuras de roca y en el paisaje algunos son parcialmente reversibles a largo plazo mediante la restauración y reforestación del lugar

V.3.6 Flora

El revestimiento vegetal es considerado como el principal componente del medio natural que se verá afectado de una manera negativa, debido a las actividades derivadas del desmonte y el despalme, este impacto se verá reflejado en un corto y mediano plazo y se considera hasta cierto punto un impacto mitigable.

Las actividades de movimiento de tierras y a su vez el simple tráfico de maquinaria y vehículos ligeros generaran polvos fugitivos y demás partículas que afectaran la vegetación circundante al momento de depositarse sobre la cubierta vegetal perjudicando el proceso fotosintético.

Las medidas de compensación para el impacto que se efectuara sobre el componente de flora se darán en todas las etapas del proyecto, estas medias de desarrollaran en el capítulo VI, sin embargo, podemos mencionar algunas de ellas como el pago de compensación ambiental que se efectuara una vez que se tenga el dictamen a favor del estudio técnico justificativo de cambio de uso de suelo de terreno forestal, así como, la implementación de programas de rescate ambiental y de reforestación.

V.3.7 Fauna

Con el desarrollo de toda la infraestructura minera del proyecto se considera que todos los grupos faunísticos se verán afectados en diferentes proporciones, las aves, mamíferos y reptiles serán susceptibles de sufrir el impacto negativo del proyecto debido a los desplazamiento de su hábitat por la construcción de obras mineras afectando la abundancia y la distribución local de la fauna y a su vez aumentando el riesgo de muerte accidental a causa de la constante circulación vehicular y la operación de maquinaria pesada.

Los procesos de voladuras y vibraciones tendrán una influencia dentro y fuera de las zonas de seguridad establecidas desorientando principalmente aves y reptiles.

La fauna presente en las zonas acuáticas podría presentar condiciones estresantes y de contingencia ya que podría recibir impactos por la migración excesiva de partículas de arena expuesta a la erosión hacia el lecho del río Bacadehuachi, así como derrames accidentales de sustancias potencialmente nocivas para los peces, y anfibios.

Como una consecuencia residual habrá cambios en el comportamiento natural en relación a los ámbitos previos al proyecto, patrones de desplazamiento, búsqueda de alimento, éxito reproductivo, etc.

V.3.8 Socio – Económico

El factor socio económico se verá favorecido, básicamente por la demanda de personal que tendrá y la generación de empleos temporales del tipo directo e indirecto.

La minería y la industria son componentes socioeconómicos con más efectos positivos, las actividades que más beneficios generan sobre estos componentes son el consumo de bienes y servicios, la comercialización del producto terminado.

El bienestar y la mejora en la calidad de vida y la salud de los trabajadores y de las comunidades vecinas al Proyecto La Ventana son aspectos de importancias desde el punto de vista social y económico.

Por otra parte, y en relación a los factores socioculturales que interfieren con el desarrollo del Proyecto La Ventana, se solicitó al Instituto de Nacional de Antropología e Historia (INAH) una visita a la zona para que realizara una inspección para emitir un dictamen técnico que garantice la no afectación del posible patrimonio histórico cultural de la región.

V.4 Evaluación de los Impactos

Para la evaluación de los impactos de indicadores característicos mediante la asignación de valores numéricos a una serie de características, comunes al impacto ambiental, lo que permite cuantificar y comparar los efectos adversos y benéficos al ambiente.

Tabla V.4 Matriz de valorización de los impactos ambientales del Proyecto La Ventana.

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO LA VENTANA

	Factores Ambientales	PREPARACION DEL SITIO												CONSTRUCCION																														OPERACIÓN													REMEDIACION Y ABANDONO											
		Estudio Socioeconomico	Sitio de Valor cultural e Historico	Acuerdos con Propietarios	Contratacion de Personal	Estudios de Caracterizacion del Entorno Natural	Actividades de Rescate de flora y Fauna	Introducción de maquinaria y equipo	Construccion de Caminos de Servicios	Re-Habilitadon de Caminos Existentes	Desmonte y Despalme	Colecta de Suelo Vegeta	Banco de suelo organico	Movimientos de Tierra	Trafico de maquinaria pesada	Interacción con corrientes superficiales	Obras de Control de Erosion	Encauzamiento de corrientes intermitentes	Excavaciones	Relleno y Compactación	Cimbrados y Colados	Construccion de Presa	Construccion de Pileta de control de avenidas	Instalacion de Capa Impermeable en Presa	Instalacion de Sistema de Detección de Fugas	Contruccion de Oficinas	Construccion de Planta de Beneficio	Construccion de Taller de Mantenimiento y Almacen de Materiales	Perforacion y Construcción de Pozo de Abastecimiento de Agua	Construccion de Polvorin	Riego de Caminos y Areas	Construccion de Cerco Perimetral	Barrenacion para voladuras	Voladura de Material	Acarreo de Material	Depositadon de Material en Tepetatera	Operación de Planta	Manejo de Sustancias Químicas	Manejo de Aguas Residuales	Sistemas de Deteccion de Fugas en planta	Mantenimiento Preventivo de Equipos y Maquinaria	Uso de Agua para el Proceso	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos	Programa de Contingencia y Seguridad	Monitoreo Ambiental Agua, Aire, Suelo	Capacitadon y Adiestramiento del Personal	Fin de Minado	Fin de Acarreos de Tepetate	Remosión de Residuos y Limpieza de Areas	Recubrimiento de Zonas impactadas con Material Vegetal	Estabilidad de Taludes en Tepetatera y Tajo	Obras Permanentes de Control de Drenaje	Fertilizacion y Movimiento de Suelo para Restaura	Siembra de semillas y reforestacion con Especies Nativas	Monitoreo Ambiental y Mantenimiento
FACTORES ABIOTICOS	**Hidrologia Superficial**																																																																	
	1.- Escurrimiento							-22	-26		-32					-78	-43																54																																				
	2.- Direccion								-30		-50					-44	-60	-29	-32	-38																																																					
	3.- Calidad										-24						-31																73	-38		-46	-48		45	32			37	57	69																								
	4.- Cantidad							-41	-34		-45			-26		-41																																																								
	Hidrologia Subterranea																																																																										
	1.- Recarga de acuifero								-31		-22					-27	-39	-42	-38	-22					-45																																																		
	2.- Nivel Freatico															-33	-40			-23					-42									-34						39			-49																										
	3.- Calidad										-28																								-42			26	29																														
	Suelo																																																																								
	1.- Calidad					72		-20	-35		-62							-35									68			-49					-24				22	25																														
	2.- Erosion						-21	-20	-28		-42	40						-41									62			-61					-46																																				
	Sub-Suelo																																																																									
	1.- Erosion								-46			40						-40												-73					-46																																				
	2.- Oxidacion de Roca										-57																			-73					-50																																				
	Atmosfericos																																																																									
	1.- Aire								-37		-53							-34	-40									36			-41	-38	-32		-22	-20	-20	-21				-19																														
	2.- Clima				44																																																																			
	3.- Ruido							-19	-24	-28	-29	-29		-32					-32	-28										-29	-88				-25	-20	-19				-20			39																														
	4.- Olores																-38																		-35		-35	-32				-19		36	387																														
	Paisaje																																																																									
	1.- Paisaje							-29	-42	-29	-54			-29							-34	-28	-41	-26	-38	-62									-50								38																														
	2.- Relieve				33				-42		-47			-31												-74								-74																																				
	3.- Estetica							-30																																		36																														
FACTORES BIOTICOS	**Flora**																																																																									
	1.- Mancha Vegetal					55	-29	-54		-62	41	33																																																															
	2.- Especies protegidas					54		-31		-37																	30																																													
	3.- Especies con valor cultural				30	62	-24	-69		-61																																																															
	Fauna																																																																									
	1.- Mamiferos					42	-23	-25		-42																	-37			-34					-20	-20					20			46	44																								
	2.-Reptiles y Anfibios					48	-38	-32		-43							-35	-32												-51					-21					20																														
	3.- Aves					42	-20	-32																						-36					-22								35	41																								
	4.- Peces																																										22		-20																								
	5.- Especies Protegidas					64	-42	-50		-48																				-41										22			42	46																								
	6.- Especies de valor cultural							-19		-56																				-66										21																														
	7.- Habitat						-32	-56		-33																				-44						-28				20	20	-22																														
	8.- Vibraciones							-36		-25				-29					-29												-50					-28																																				
	9.- Corredores							-38		-31																				-45																																										
	10.- Migracion									-50																				-31					-20																																				

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO LA VENTANA

| | | PREPARACION DEL SITIO | | | | | | | | | | | | CONSTRUCCION | | | | | | | | | | | |

Para obtener una evaluación global de los impactos ambientales se resume en la siguiente, Tabla V.5 el valor de los impactos obtenidos en la matriz de interacción de impactos, de acuerdo a cada componente ambienta.

Tabla V.5 Resumen de valores de impacto según componente ambiental.

Hidrología Superficial	Positivo	Negativo	Total
1.- Escurrimiento	138	-201	-63
2.- Dirección	60	-307	-247
3.- Calidad	425	-187	238
4.- Cantidad	86	-209	-123
Subtotal	709	-904	**-195**
Hidrología Subterránea	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Recarga de acuífero	185	-297	-112
2.- Nivel Freático	204	-221	-17
3.- Calidad	154	-65	89
Subtotal	543	-583	**-40**
Suelos	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Calidad	413	-225	188
2.- Erosión	311	-259	52
Subtotal	724	-484	**240**
Sub-Suelo	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Erosión	213	-205	8
2.- Oxidación de Roca	78	-180	-102
Subtotal	291	-385	**-94**
Atmosféricos	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Aire	54	-364	-310
2.- Clima	63	0	63
3.- Ruido	50	-433	-383
4.- Olores	403	-167	236
Subtotal	570	-964	**-394**
Paisaje	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Paisaje	167	-462	-295
2.- Relieve	62	-268	-206
3.- Estética	152	-30	122
Subtotal	381	-760	**-379**

Flora	Positivo	Negativo	Total
1.- Mancha Vegetal	321	-145	176
2.- Especies protegidas	328	-68	260
3.- Especies con valor cultural	178	-150	28
Subtotal	827	-363	**464**
Fauna	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Mamíferos	217	-199	18
2.-Reptiles y Anfibios	145	-252	-107
3.- Aves	195	-110	85
4.- Peces	22	-20	2
5.- Especies Protegidas	399	-181	218
6.- Especies de valor cultural	41	-141	-100
7.- Hábitat	60	-221	-161
8.- Vibraciones	41	-197	-156
9.- Corredores	20	-114	-94
10.- Migración	20	-101	-81
Subtotal	1160	-1536	**-376**
Socio-Económico	**Positivo**	**Negativo**	**Total**
1.- Salud	349	-193	156
2.- Empleo	646	-23	623
3.- Ganadería	22	0	22
4.- Agricultura	22	0	22
5.- Comercio	95	0	95
6.- Industria	464	-140	324
7.- Minería	1172	0	1172
8.- Educación	127	0	127
9.- Cultural-Histórico	95	0	95
Subtotal	2992	-356	**2636**

Total	**3,340**	**-1,478**	**1,862**

El valor de importancia global del impacto ambiental (VIGIA) se obtiene mediante la sumatoria de todos los impactos positivos y negativos.

VIGIA adverso = ∑ VI (-) = -1,478
VIGIA benéfico = ∑ VI (+) = 3,340

El balance de los impactos adversos y benéficos resulta en un impacto global positivo.

VIGIA = 1,862

Este resultado, aunque implica un grado de subjetividad, es un indicador de que los beneficios que implica el desarrollo de este Proyecto La Ventana se espera superen los impactos adversos al entorno, todo esto considerando que se aplicaran todas las medidas de prevención, protección y mitigación que se describirán en el capítulo VI de esta manifestación, aunado a que se cumplirán con todas las normas ambientales vigente y otras medidas que las autoridades y la empresa consideren pertinentes.

Es importante mencionar que en el resultado de impacto global está implícita la parte socio-económica en la cual se da la mayor parte de los efectos benéficos, por lo que haciendo un análisis excluyendo esta parte, y dejando solo los componentes ambientales el resultado sería que los impactos negativos superaran los impactos positivos. De aquí parte la importancia de presentar un proyecto que se apegue estrictamente a las actividades y medidas de prevención manifestadas.

VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS O PROGRAMAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS

Hoy en día, la visión del “desarrollo” del sector minero debe ser compatible con un enfoque de sustentabilidad y responsabilidad social y ambiental. Este enfoque requiere de parte de los sectores involucrados (empresa, gobierno, y comunidades) la generación y establecimiento de indicadores de sustentabilidad que permitirán medir logros, de manera efectiva y confiable.

En el pasado, la herencia de pasivos ambientales de la minería en América Latina, ha generado desconfianza de parte de la población, y en algunos casos es difícil convencerla de los beneficios de un Proyecto minero; así como de la evolución de las técnicas y visiones de las empresas mineras modernas. Minera Sonora Borax SA de CV esta consiente de los impactos que un proyecto de esta magnitud puede provocar en el área, por lo que busca desarrollar estrategias y establecer programas de trabajo en las zonas aledañas a su operación, llevándose a cabo desde su fase exploratoria. En estos programas se busca que coincidan con las metas de desarrollo social, económico y ambiental de la población. Hoy en día, Minera Sonora Borax SA de CV, busca desarrollar esa mejor comunicación con los actores involucrados que les permita un trabajo conjunto, con responsabilidades y roles claramente definido.

El desarrollo del Proyecto La Ventana, involucra a varios actores, Gobierno Federal, Estatal y Local, Instituciones representativas, Organizaciones de la Sociedad Civil, así como comunidades locales, trabajadores y empresa. La articulación ordenada y comprometida entre estos actores, permitirá contar con ciudadanos informados sobre sus derechos y obligaciones respecto al medio ambiente, lo que contribuirá a que la Empresa, se fortalezca como empresa ambientalmente responsable y con disposición a aportar en acciones y compromisos de gestión ambiental ciudadana.

En la práctica, Minera Sonora Borax SA de CV, considera importante asumir sus distintos roles para fortalecer la relación de los diversos actores del proyecto, lo anterior mediante las siguientes estrategias:

- Del lado de la empresa: Facilitar información a la población de las actividades a desarrollar respecto a cuidado medio ambiental del entorno y zona de influencia del proyecto a realizar, lo cual podrá generar más confianza por parte de la población.

- Del lado de las Comunidades: Cumplir con las expectativas de compensación teniendo en consideración los beneficios del proyecto, como podrán ser una diversificación de la economía, nuevas oportunidades de empleo, desarrollo de infraestructura.

La concepción de la minería como una actividad de desarrollo sustentable y sostenible para Minera Sonora Borax SA de CV, supone vigilar que la actividad minera contribuya al bienestar no solo de la generación presente sino de las futuras.

En general, las regulaciones existentes, apuntan cada vez a estándares mucho más exigentes que aseguran no sólo las más altas normas en salud y seguridad de los trabadores sino también la protección ambiental del entorno, lo cual incluye hábitats, población, suelos, agricultura y recursos naturales en general.

En las primeras etapas de esta Manifestación de Impacto Ambiental se han identificado y predicho los impactos adversos por la implementación del Proyecto La Ventana. Estos impactos adversos se detectaron desde el momento de la concepción del Proyecto hasta su etapa de diseño, -ciclo que actualmente se desarrolla.

Cuando los impactos detectados sobrepasan normas, criterios o políticas de protección y conservación del ambiente en vigor, deben establecerse medidas de mitigación antes de que se apruebe la ejecución del mismo.

Estas medidas de mitigación no deben ser consideradas como un simple requisito adicional resultante del proceso de evaluación de los impactos ambientales, sino como una parte integrante del ciclo de vida del Proyecto (elaboración, ejecución y terminación).

Se entiende por medida de mitigación la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un Proyecto (construcción, operación y terminación) y mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes.

Las alternativas que se tienen planteadas en Minera Sonora Borax SA de CV, respecto a las medidas de mitigación de impactos incluyen las siguientes acciones:

- Evitar el impacto total del Proyecto
- Minimizar los impactos a través de la inspección y supervisión preventiva de todas las acciones del Proyecto

- Rectificar el impacto a través de reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.
- Reducir o eliminar el impacto a través del tiempo, por la implementación de operaciones de preservación y mantenimiento durante la vida útil del Proyecto.
- Compensar el impacto producido por el reemplazo o sustitución de los recursos afectados.

Para evitar limitaciones en este planteamiento y para que no sea dirigido únicamente a hacer disminuir la severidad de los impactos adversos, se pretende incluir la maximización de los impactos benéficos. Tales impactos benéficos incluyen acciones positivas como las que implican mejorar, aumentar, desarrollar y diversificar. El planteamiento anterior ha venido rindiendo frutos en el área desde las primeras etapas del desarrollo del proyecto La Ventana.

En general se puede indicar que para la programación de las medidas de mitigación se incluyen:

- Medidas de ingeniería o estructurales
- Medidas de manejo o no estructurales
- Revisión de políticas

Las dos primeras son las acciones mas conocidas y tradicionales y las que se han venido utilizando en diversos proyectos; se basan en el concepto de que se pueden tomar medidas para reducir los efectos adversos por el desarrollo de un proyecto de forma que se cumplan las normas, criterios y/o políticas ambientales en vigor.

La revisión de políticas, por su parte, requiere de un enfoque diferente para cumplir con lo establecido en la normatividad ambiental, la cual puede resultar muy controvertida.

VI.1 Medidas de ingeniería o estructurales

Por lo general las medidas de ingeniería han sido la solución más común para la mitigación de los impactos adversos imputables a un proyecto. Entre estas medidas se incluyen el tratamiento de desechos o el uso de equipo y/o material alternativo con objeto de mejorar el efluente que se descarga al ambiente.

Por lo anterior, esta solución se considera como una parte del diseño de ingeniería del Proyecto. Ver Tabla VI.1.

Tabla VI.1 Medidas de mitigación de ingeniería o estructurales del Proyecto.

Impacto	Medidas de Mitigación
AMBIENTE AEREO	
Emisión de partículas a la atmosfera	Ciclón, filtro, cámara de sedimentación, sistema de supresión de polvos
Gases	Filtros de emisiones de fundición, absorbedores
AMBIENTE HIDROLÓGICO	
Agua	Separación de residuos
	Trampas de grasa
	Filtración
	Tanques y bordos de sedimentación
	Absorción
	Sistema de neutralización de vertidos de desecho
	Sistemas de recolección de residuos líquidos como fosas sépticas
	Canalización de escorrentias
	Obras de drenaje considerando índices de escurrimientos
	Establecimiento de drenajes perimetrales o cunetas para reducir arrastre de contaminantes
OTROS AMBIENTES FÍSICOS	
Ruido	Cambios de procesos, barreras, mofles
Erosión	Protección de pendientes (terrazas, cubierta vegetal)
AMBIENTE BIOLÓGICO	
Fauna	Modificación y/o adecuación de estructuras
	Construcción de corredores mediante barreras fisicas
	Señalamientos de prevención para la población del proyecto
	Construcción de obras y/o infraestructura amigable
	Cercos direccionales para fauna
	Colocación de mallas perimetrales de protección
Flora	Establecimiento de Vivero
AMBIENTE SOCIOECONÓMICO	
Vivienda para trabajadores	Construcción temporal de campamento
Limitación de servicios	Incrementar la capacidad en servicios escolares y hospitalarios de la región

VI.2 Medidas de manejo o estructurales

Las medidas de manejo involucran el conocimiento de las condiciones de operación del proceso con el fin de ajustarlas a las necesidades ambientales. Se basan en el reconocimiento de que existen niveles tolerables de impactos sobre el medio ambiente, los cuales pueden variar con el tiempo. Por lo tanto, los objetivos de estas medidas son el monitorear y mantener un nivel de impacto dentro de los rangos aceptables y/o tolerables. Ver Tabla VI.2

Tabla VI.2 Medidas de manejo para mitigación de impactos ambientales del Proyecto.

Impacto	Medidas de Mitigación
AMBIENTE AEREO	
Incremento en contaminantes durante la ejecución del proceso	Sistemas de monitoreo de emisiones a la atmosfera
AMBIENTE HIDROLÓGICO	
Agua	Programas de Vigilancia ambiental
	Programa de Manejo de Residuos Sólidos
	Programa de Manejo de Residuos Peligrosos
	Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua
	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo
	Programa de Recolección Periódico de Residuos
	Supervisión en Materia Ambiental durante las fases del Proyecto
AMBIENTE BIOLÓGICO	
Fauna	Programa de Monitoreo de Fauna
	Designación de un Supervisor Ambiental
	Guía de Campo de Manejo de Fauna del Área del Proyecto
	Programa de Rescate y Protección de Especies
	Promoción de la Conciencia Ecológica en el personal que labora en el Proyecto
Vegetación	Programa de Vigilancia Ambiental
	Programa de Rescate y Protección de Flora
	Designación de un Supervisor Ambiental
	Guía de Campo de Manejo de Flora del Área del Proyecto sujeta a Protección
	Mantener un Plan de control y cuidado con la vegetación existente en el área del Proyecto
AMBIENTE SOCIOECONÓMICO	
Concientización Ecológica en la Región	Campaña de Promoción de Conciencia Ecológica en las poblaciones aledañas al área del Proyecto
	Promoción de un Vivero para la reposición de vegetación en el área del Proyecto

VI.3 Revisión de políticas

Después que se han estudiado las medidas de ingeniería y de manejo, y para asegurar que se alcance el satisfactorio cumplimiento de las normas o criterios ambientales existentes, se destaca que es conveniente la revisión de políticas que involucra una comparación entre la necesidad de instituir el Proyecto y el deseo de cumplir con las normas y/o criterios ambientales existentes.

Los dos principios que se deben respetar cuando se adopta la revisión de políticas, normas y criterios ambientales, incluyen la imparcialidad y la franqueza. La evaluación de los beneficios de un Proyecto debe ser imparcial, el objetivo debe ser el evaluar más que justificar.

La franqueza, por su parte, es necesaria para informar y evitar controversias. Asi, la revisión de políticas ayudara a determinar las limitaciones existentes y a cumplir con las normas y criterios establecidos. Para Minera Sonora Borax, la revisión imparcial y franca, de las normas, criterios y/o políticas no es contraria a los objetivos de la administración ambiental.

Cada medida de mitigación propuesta por Minera Sonora Borax SA de CV se considera como una actividad, de la misma forma, como se consideran las demás actividades que llevara a cabo el Proyecto La Ventana actualmente sometido a evaluación. En otras palabras, dichas medidas de mitigación propuestas han sido promulgadas y evaluadas para todos los impactos ambientales potenciales en los diferentes factores y/o componentes o atributos ambientales a que se hace mención en el Capitulo V de este documento.

Tal enfoque antes mencionado, ayudara a asegurar que los impactos ambientales secundarios no previstos, serán debidamente tomados en cuenta. Medidas de mitigación opcionales, serán consideradas tan pronto como se vayan identificando impactos ambientales significativos durante las diversas fases del Proyecto.

VI.4 Medidas de mitigación por componente ambiental

De acuerdo a la identificación y evaluación de impactos descritos en el Capitulo V, se estima que el Proyecto La Ventana, no generara interacciones o impactos en el sistema ambiental; en el Área de Influencia del Proyecto si se identificaron impactos adversos derivados del cambio de uso del suelo y por la construcción y operación de las instalaciones para apoyo a la extracción. Por otra parte, también generara impactos positivos derivados de las

acciones preventivas sobre flora y fauna, así como las labores de apoyo y promoción que se realizaran en las regiones aledañas al Proyecto.

Considerando lo anterior, es necesario mitigar, prevenir y/o compensar estos posibles impactos negativos detectados y poder asi proteger los ecosistemas aledaños y las especies de flora y fauna existentes, para lo cual se recomienda realizar las siguientes acciones durante el desarrollo y operación del Proyecto La Ventana.

Como norma general se cumplirá con la totalidad de la normatividad ambiental vigente y seguridad industrial y para los trabajadores relacionada con el aprovechamiento de recursos minerales.

VI.4.1 Agua

VI.4.1.1 Medidas de mitigación y/o compensación

- Inicialmente se desarrollará un **Programa de Vigilancia Ambiental** y se designará a una persona que supervise todas las acciones a realizar, lo anterior con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las condicionantes del Resolutivo de Impacto Ambiental; así como de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio.
- Seguimiento riguroso de la **Normatividad y Reglamentación** aplicables, específicamente aquellos referentes a los cuerpos de agua.
- Se definirán los lugares donde será depositado el material no empleado, cuidando la no-afectación de corrientes de agua superficiales.
- Se evitará en todo momento que el material producto del desmonte, los residuos extraídos durante los cortes, materiales de relleno, del terraplén, de construcción o cualquier otro material obstruya, altere o se incorpore a los escurrimientos naturales.
- En caso de cortes próximos a corrientes de agua estas deberán protegerse para evitar la caída de productos del corte al cauce principal, esto para evitar taponamientos o alterar la calidad del agua de los escurrimientos.
- Se retirarán posibles desechos de vegetación de cauces.
- Se supervisará de manera regular y en su caso, se limpiarán escorrentías durante el desarrollo de la obra.
- Durante las labores de cortes y terraplenes, se evitará que la descarga sea directamente a las corrientes naturales.

- Durante la construcción de las obras se evitará que los residuos producto de estas obras caigan en cuerpos de aguas superficiales.
- Se preferirán los bancos de material y bancos de tiro ubicados lejos de cauces. En cuyo caso, Se verificará que sean bancos autorizados que cumplan con las disposiciones legales correspondientes.
- Durante el transporte de materiales se pondrá especial atención en proteger las cargas evitando la generación de polvos fugitivos con el uso de lonas o mallas acordes a la distancia y al material a transportar.
- En el caso de que sea inevitable el paso de maquinaria sobre corrientes superficiales se deberá indicar un solo sitio de cruce evitando que los camiones pasen constantemente por varias áreas.
- Las áreas que se destinen para almacenamiento temporal de materiales; se manejaran y se ubicaran de tal forma, que se evite el arrastre de los mismos a escorrentías, evitando formación de obstrucciones que funcionen como diques, fomentando el azolve cuenca abajo y aumentando el riesgo de inundaciones y accidentes.
- Establecer estratégicamente trampas de sedimentación.
- Los escurrimientos superficiales serán reincorporados a los cauces naturales aguas abajo de las obras minera de manera natural de acuerdo a la topografía del área.
- Se supervisará de manera regular el terraplén y se procurará el mantenimiento de la estabilidad del suelo durante el desarrollo del Proyecto.
- Se prohibirá terminantemente a los trabajadores lavar vehículos y maquinaria sobre el lecho de las corrientes superficiales.
- Se intentará programar las obras en épocas de estiaje para evitar la erosión hídrica.
- Se vigilará que no existan vertimientos de aguas residuales, desechos de obra ni fecalismo en ríos o arroyos.
- Se proporcionará agua potable a los trabajadores evitando la toma indiscriminada de diferentes fuentes de abastecimiento superficial o subterráneo.
- No se dispondrán las aguas residuales directamente al suelo sino a las fosas de captación de aguas residuales.

- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se continuará con el monitoreo de la calidad del agua (Sólidos suspendidos totales, oxigeno disuelto, grasa y aceites, etc.) a través de **un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.**
- En caso de que se requiera, deberán localizarse previamente las fuentes de suministro de agua para la formación de terraplenes, además de que se obtendrán los permisos correspondientes de la Comisión Nacional del Agua y/o de las autoridades competentes.
- Al concluir las labores de construcción se realizará una limpieza general del sitio y se desazolvaran las posibles corrientes de agua que pudieran haber sido afectadas de esta forma.
- Concluidas las obras de construcción se estabilizarán las pendientes, terraplenes y taludes con el arrope o protección de laderas y taludes para disminuir el riesgo de deslaves, erosión, derrumbes y posible azolve de acuíferos.
- Se implementará **el Programa de Mantenimiento Vehicular Preventivo y Correctivo** para asegurar el optimo funcionamiento y evitar o reducir la generación de gases contaminantes, la posibilidad de fugas, accidentes, derrames y el riesgo de contaminación del agua y suelo con materiales tales, como grasas, aceites y combustibles.
- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se planeará de manera adecuada la disposición regular de residuos sólidos generados durante la etapa de construcción del Proyecto incluyendo materiales sobrantes etc., a través del **Programa de Manejo y Recolección de Residuos Sólidos** que también se exigirán a las empresas contratistas que participen en las diferentes etapas del Proyecto; tales programas de los contratistas se adaptaran a los términos y condicionantes del Programa implementado por la empresa y a lo marcado por los Resolutivos emitidos por la autoridad.
- Se implementará el **Programa de Seguridad para el Manejo de Sustancias y Combustibles,** y particularmente para el uso de explosivos a fin de evitar accidentes y/o la contaminación del recurso agua.
- El mantenimiento de maquinaria y vehículos se realizará (por medio del contratista) en talleres autorizados y no se realizarán reparaciones fuera de dichos talleres.

- El consumo de agua por el personal será de tipo potable envasada y ubicada en puntos estratégicos, tales como oficinas, en áreas de descanso y comedores.
- Se proveerá a trabajadores de infraestructura sanitaria portátil química y biológica evitando así contaminación del suelo, agua y aire con materia fecal.
- Las descargas generadas por el uso de sanitarios portátiles serán transportadas para su adecuada disposición y tratamiento por parte de contratista especializado en este tipo de servicios.
- Así mismo, se dispondrá de contenedores cerrados y colocados estratégicamente para la adecuada segregación y disposición de residuos sólidos domésticos, para evitar que estos se dispersen y, que puedan ser arrastrados hacia escorrentías y contaminar u obstruir escurrimientos superficiales.
- Se implementará al **Plan de Recolección Periódica de Residuos Sólidos Domésticos** y de la construcción para su adecuada disposición final y/o reciclaje por parte del contratista.
- Se pondrá una barrera física temporal entre los escurrimientos y cauces y la obra de construcción para evitar derrames de contaminantes.
- Durante la construcción se enfatizará en la vigilancia y supervisión de las mismas para dar puntual cumplimiento a los cuidados y medidas necesarias para evitar el aporte de sedimentos a los cauces.
- Se concluirán las obras con actividades de limpieza, desazolve, retiro de materiales y disposición de residuos.
- Se tomarán las previsiones necesarias durante los trabajos de construcción, ya que pueden afectar directamente los cauces superficiales. Para las obras de drenaje deberá evaluarse la conveniencia de poner mallas o muros de gaviones para retener fugas de materiales.
- Se ha considerado el establecimiento de drenajes perimetrales o cunetas durante la construcción, para reducir el arrastre de contaminantes generados por el movimiento vehicular de la construcción. El objetivo también es proporcionar rápido escurrimiento de las aguas pluviales mediante cunetas perimetrales recubiertas de concreto o algún material impermeable y resistente.
- Durante la operación del Proyecto, se realizará limpieza continúa de las cunetas para remover la acumulación de los residuos y así evitar que lleguen a cuerpos de agua natural.

- Adicionalmente a las medidas preventivas propuestas, conforme al sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se ha considerado realizar monitoreo aguas arriba, y aguas abajo que pudieran ser afectadas indirectamente por la operación del Proyecto La Ventana, y promover la investigación de las poblaciones de fauna y flora para el registro de los posibles alteraciones que estas pudieran sufrir, y, estar en condiciones de realizar las adecuaciones necesarias desarrollando nuevas medidas preventivas, y en su caso correctivas y/o de restauración.
- Con la reforestación y remediación final de las partes afectadas para la construcción del Proyecto, se frenarán los patrones de escurrimiento alterados por el desmonte.
- Durante la operación del Proyecto La Ventana, es importante establecer contenedores de residuos sólidos domésticos con tapa, distribuidos estratégicamente a lo largo del área de trabajo, y planear un sistema de recolección regular de residuos, para su adecuada disposición final.
- Se contará con la señalización oportuna de las áreas con contenedores de basura. Limpieza regular de áreas dentro del derecho de vía.
- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se ha establecido caseta de vigilancia en la entrada del Proyecto, donde se comunica visualemente, a los interesados en accesar, los puntos más importantes del reglamento en seguridad y medio ambiente, a través de un panel informativo con los puntos más importantes del reglamento interno.

VI.4.2 Suelo

VI.4.2.1 Medidas de mitigación y/o compensación ambiental

- No se afectarán áreas fuera de las autorizadas, y se evitara también afectar directa e indirectamente áreas aledañas a las de aprovechamiento estableciendo claramente los límites a afectar.
- De ser posible, se retirará la vegetación en épocas en las que las probabilidades de lluvias torrenciales sean mínimas, esto con el fin de evitar el arrastre de suelo.
- Se inducirá vegetación en las áreas aledañas a los desmontes y despalmes para abatir la erosión.

- Se contará con contenedores para el deposito de los residuos de tipo domestico generados por los trabajadores, los cuales serán dispuestos en lugares autorizados, evitando su abandono en el área o en sitios aledaños, prohibiéndose, además, la quema de los mismos.
- Se dará seguimiento puntual al Programa de Vigilancia Ambiental y se supervisará de manera constante todas las actividades a realizar. Dicha supervisión se realizará por personal capacitado que la empresa designará, de tal forma que se operará en condiciones óptimas, con monitoreos y controles adecuados.
- Se restringirán las excavaciones cortes fuera de las áreas autorizadas.
- Se controlará el acceso y se supervisará que la obra opere conforme a lo planeado, evitando la circulación de vehículos no autorizados y descarga y/o movimiento de materiales de manera desordenada.
- Se llevará a cabo con regularidad, el riego de caminos, con agua no potable, junto a los frentes de trabajo y en los caminos de terracería con mayor afluencia durante las actividades de preparación del sitio y construcción para disminuir la generación de partículas suspendidas de suelo, polvos, etc.
- Para el uso de explosivos en el área del tajo, se cuidará especialmente que las voladuras sean realizadas por personal capacitado y compañía autorizada en la materia.
- Durante la voladura se controlará la generación de emisiones con uso de retardadores, recubrimiento de cordón detonante y calculo adecuado de carga de explosivos.
- Se realizarán las actividades con una muy cuidadosa planeación y con personal altamente capacitado, evitando el rodamiento de material volado laderas abajo.
- Se restringirán cuidadosamente las áreas de trabajo y de voladuras.
- Los residuos de cortes y excavaciones serán acarreados hacia los frentes de trabajo donde se requiera de relleno, el material sobrante que no pueda ser utilizado para el desarrollo del Proyecto se dispondrá en el terrero de material estéril.
- Se contará con todos los permisos necesarios para el transporte y manejo de los explosivos y no se excederá la cantidad autorizada.
- Se supervisará la estabilidad de taludes y laderas afectadas, arrope y protección de los mismos evitando deslaves, derrumbes y riesgos de erosión.

- Previo al acarreo de material, se enfatizará la necesidad de proteger las cargas con lonas o mallas de contención de acuerdo al material.
- Se optimizará el uso de vehículos restringiendo la velocidad de circulación. La empresa establecerá límites de velocidad de circulación vehicular dentro y fuera del predio, sobre todo para los vehículos de carga.
- El material almacenado temporalmente en patios estará protegido o arropado tanto como sea posible, de tal suerte que se evite la fuga de partículas y arrastre por acción del viento o agua. Se seleccionarán áreas ya impactadas o alteradas como patios temporales de material.
- Se limpiarán de manera regular las áreas de trabajo evitando dejar residuos de material de construcción en el área.
- Para las áreas con pendientes pronunciadas, con el objeto de prevenir la erosión y derrumbes, se incluirán obras de retención de taludes y se conformarán estos de manera adecuada.
- Se evaluará la conveniencia de reforestar las laderas y áreas de mayor pendiente, y se recubrirán con materiales que eviten o contengan los sedimentos que puedan desprenderse.
- Por otra parte, para los terraplenes y taludes se evaluará individualmente la posibilidad de reforestación con especies nativas.
- Para evitar la erodabilidad hídrica se construirá contra cunetas en la parte superior del talud del corte, para dirigir el agua a los arroyos.
- Se instalarán sanitarios móviles en el área del Proyecto para los trabajadores de la obra, para evitar el fecalismo al aire libre y, por lo tanto, la contaminación del suelo, agua y aire y la transmisión de enfermedades.
- Se exigirá a los trabajadores la utilización del servicio sanitario siempre que así lo requieran.
- Una vez terminada la vida útil del Proyecto, se remediarán las áreas afectadas recubriendo dichas áreas con el suelo vegetal rescatado y reforestando con especies nativas.
- Se establecerá un área para guardar maquinaria y equipo temporalmente cuando no se esté utilizando, se deberá contar con un taller autorizado para realizar el cambio de aceite, lubricación y mantenimiento correspondiente a cada tipo de maquinaria o vehículo que se emplee en la construcción del Proyecto. Esta es una medida de tipo compensatorio ya que no es posible eliminar esta

actividad, pero si prevenir que sea un factor de contaminación del suelo. El área de resguardo de preferencia se ubicará sobre las plataformas construidas, en esta área se pondrá especial atención en no contaminar el suelo, preferentemente colocar un firme de concreto o material impermeable para evitar que fugas accidentales puedan contaminar el área, mismo que será removido y el terreno restaurado una vez concluidas las obras.

- El personal encargado de reabastecer combustible deberá ser capacitado para tal fin disminuyendo el riesgo de accidentes. Para el reabastecimiento de combustible la maquinaria y equipo automotores se utilizará una charola o recipiente de tamaño adecuado evitando el goteo o derrames. Además, se designará un área específica para llevar a cabo esta actividad.
- Se utilizará maquinaria y equipo en buen estado y de modelo reciente.
- El mantenimiento regular de maquinaria y equipo sera programados.
- Los residuos de grasas y lubricantes, estopas y materiales impregnados, que se generen seran manejados adecuadamente, contando con contenedores en el área de taller para su posterior envío a disposición final o tratamiento (con proveedores del material) como residuos peligrosos.
- El material pétreo producto de los cortes se deberá colocar en los terraplenes o bancos de material previamente identificados.
- El monitoreo y control de niveles de aceites y aditivos de los motores permitirá que los diferentes equipos operen adecuadamente, y sumado a un mantenimiento regular, se disminuye el riesgo de accidentes por derrame, fugas, explosiones, y la posibilidad de contaminación.
- Todas las áreas donde se manejen soluciones de proceso contarán con pisos impermeabilizados
- Se instalará un sistema de detección, colección y recuperación de fugas en todas las áreas de proceso
- La planta será construida sobre una plataforma impermeable y los tanques de almacenamiento contarán con muros perimetrales con capacidad para contener el 100% del volumen máximo de soluciones que se manejen en la planta. En caso de algún derrame, las soluciones se recircularán al mismo proceso.
- Se elaborará un plan de respuesta a derrames o descargas accidentales de sustancias químicas.

- Se contará con una cuadrilla y equipo para atención a emergencias y rescate, que funcionará en forma permanente en la unidad minera.
- Se establecerá un programa integral de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos.

VI.4.3 Vegetación

VI.4.3.1 Medidas de mitigación y/compensación

- Se implementará el **Programa de Vigilancia Ambiental**, el cual se ejecuta puntualmente, orientado a garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio y en su caso aquellas que la autoridad considere en el correspondiente resolutivo.
- Se designará a un a supervisor ambiental responsable y capacitado, quién estara presente en el sitio durante la realización de las actividades de cambio de uso de suelo, vigilando el cumplimiento de los lineamientos considerados en el Programa de Vigilancia mencionado, y detectando aspectos críticos desde el punto de vista ambiental, que requieran precisar ajustes o modificaciones necesarias encaminadas a evitar mayores daños a los hábitats.
- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se incluirá el Proyecto La Ventana al **Manual Guía de Campo con las especies de flora y fauna** sujetas a protección presentes en el área y zonas adyacentes, subrayando las especies con mayor posibilidad de ocurrencia dentro de las áreas a afectar. Mismo que deberá ser dado a conocer y distribuido a los trabajadores y personal involucrado en el Proyecto.
- Se promoverá una conciencia ecológica, sensibilizando al personal sobre los beneficios que las distintas especies proveen.
- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, se ejecutará un **Programa de Rescate y Protección de Especies de Flora y Fauna**, antes de iniciar con las operaciones de desmonte, realizar recorrido de los futuros frentes de trabajo para identificar y marcar los individuos a rescatar. Así mismo, en caso de encontrar especies en estatus de conservación y endémicas realizar el rescate de las mismas de presentarse las condiciones adecuadas. En el Programa se sugiere que, para el caso de las especies arbóreas cuyo tamaño comprometa el éxito del rescate, estas podrían reponerse

por otros individuos de la misma especie que al igual que las cactáceas deberán ser trasplantados en áreas que no serán intervenidas, en sitios seguros previamente definidos y bajo un programa de rescate autorizado.

- Así mismo, realizar colecta de semillas dentro de las áreas a desmontar en caso de ser temporada, mismas que podrán ser utilizadas posteriormente durante la reforestación.
- Se restringirá y delimitaran las áreas de trabajo previo a las actividades para ayudar a evitar el daño a la flora adyacente. Así como también se utilizarán cintas de marcaje o biodegradables o banderillas.
- Se limitará el acceso sólo en las áreas autorizadas y se prohibirá a los trabajadores el acceso a las áreas vecinas.
- Se restringirá el área de campamentos y por ningún motivo deberá utilizar químicos de ningún tipo o fuego para realizar el desmonte.
- Por ningún motivo se hará uso de fogatas, esto para evitar los incendios forestales.
- El desmonte y despalme se limitará al área requerida y autorizada para la realización del proyecto. Se respetará toda la vegetación que no interfiera en el desarrollo del Proyecto a fin de evitar causar mayor daño.
- No se arrojarán productos del desmonte sobre la vegetación aledaña.
- El material producto de corte de las laderas se retirará completamente, evitando que el material escurra ladera abajo y tratando de afectar lo menos posible la vegetación circundante.
- Se realizará el vertido de material pétreo producto de los cortes sólo en los bancos recomendados para ello, por ningún motivo se realizará el vertido indiscriminado de material sobre laderas de montañas, en terrenos aledaños, cuerpos de agua, escorrentías intermitentes, o donde se pueda afectar la vegetación o pueda ser arrastrado por acción del agua y/o viento.
- Se evitará abrir caminos de acceso innecesarios y trabajar sobre las áreas desmontadas, limitando el área de maniobras preferentemente sobre las mismas.
- Se proveerá a los trabajadores de infraestructura sanitaria necesaria, colocada estratégicamente cerca de los frentes de trabajo. Los contenedores de residuos sólidos se mantendrán cerrados e impedirán dispersión de residuos generados y daños a la vegetación de las áreas aledañas.

- Se minimizarán las áreas de almacenamiento, manejo y de manera preferencial se ubicarán en áreas perturbadas.
- Se evitará o intentará disminuir la generación de partículas suspendidas y polvos que puedan depositarse en la vegetación aledaña y afectar sus procesos fisiológicos y fotosintéticos.
- Se utilizará el material producto del despalme para el arrope de taludes y areas desprovistas de vegetación.
- La remoción de la vegetación se realizará con el permiso de la autoridad correspondiente, llevando a cabo esta actividad de forma mecánica.
- Para la compensación de la vegetación eliminada del terreno, se utilizarán las especies removidas y especies nativas evitando la introducción de especies exóticas.
- La remoción de la vegetación se hará paulatinamente a fin de minimizar la afectación al hábitat de algunas especies de la fauna existente en el predio. Por ningún motivo se utilizará fuego y/o productos químicos. Se llevará a cabo la remoción de la capa vegetal de manera gradual, de acuerdo al avance del Proyecto y evitando en lo posible mantener áreas desmontadas sin el desarrollo de obras.
- Se mantendrá un plan de control y cuidado de la vegetación existente en el area, específicamente en las áreas del Proyecto y durante todas las etapas en las que se realice la construcción.
- Se desarrollará un **Programa de Reforestación** que se ejecutara una vez que concluya la vida útil del Proyecto, mismo que se realizará de acuerdo a la normatividad aplicable y a las recomendaciones que las autoridades ambientales competentes consideren –previa autorización del Programa Propuesto-.
- La reforestación se realizará con especies nativas, garantizando además los cuidados y atenciones necesarios post plantación a fin de asegurar una mayor sobrevivencia de individuos y en su caso, reemplazar aquellos que no sobrevivan. Por tanto, dicha reforestación será supervisada por personal capacitado.
- Así mismo, la selección de especies y diseño paisajístico se buscará que corresponda a la composición florística original y en armonía con el paisaje

circundante, es decir, se buscara caracterizar el sitio para reforestar con las especies correspondientes a los tipos de vegetación original.

- En suma, el Programa de Reforestación considerara al menos los siguientes puntos: la designación de una persona responsable y capacitada que vigile el desarrollo del programa en cuestión, zonificación de las áreas de acuerdo a la composición florística y diseño de paisaje correspondiente, la técnica de plantación mas adecuada considerando pendientes, condiciones del suelo, precipitación, etc., densidad de plantación acorde a la mezcla de especies, y cuidados post-plantación hasta que se asegure el establecimiento de las especies y el éxito de la reforestación. Los puntos anteriores serán específicos para cada zona en particular.
- Se buscará el restablecimiento de los servicios ambientales que la cubierta vegetal provee, como captura de carbono, generación de oxígeno, protección y mantenimiento de cuencas, conservación y protección de especies, restablecimiento de microclimas, recreación y esparcimiento, etc. por las áreas reforestadas.
- Se desarrollará un **Programa de Educación Ambiental**, para los propietarios de los predios contiguos al Proyecto, en coordinación con autoridades ambientales Estatales y Federales competentes. Considerando medidas especiales para disminuir riesgos de incendio, establecer barreras rompe fuegos y mantenerlas siempre en condiciones adecuadas para cumplir su función (deshierbe).
- Para la operación del Proyecto, se colocarán estratégica y previamente señalados contenedores de basura (preferentemente con trampas anti-fauna), evitando que los desechos se propaguen al ambiente y evitando generación de fauna nociva y posible dispersión de especies introducidas de flora.
- Se promoverá el manejo de vegetación a los lados del camino, removiendo vegetación exótica e invasora y recolección de residuos.
- Se implementará una señalización adicional para proteger el entorno en general, que indiquen cruce de especies particularmente vulnerables, medidas para prevenir incendios forestales, números telefónicos para reportarlos, de no tirar basura ni contaminar acuíferos, prohibiciones de captura y caza de fauna, colecta o extracción plantas y demás recursos naturales.

VI.4.4 Fauna

VI.4.4.1 Medidas de mitigación y/o compensación

- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, el Proyecto La Ventana se ajustará al **Programa de Vigilancia Ambiental**, el cual se ejecutará puntualmente, orientado a garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en los estudios y en su caso aquellas que la autoridad considere en el correspondiente resolutivo.
- Se designará a una persona responsable y capacitada como supervisor ambiental, quién deberá estar presente en el sitio durante la realización de las actividades de cambio de uso de suelo, vigilando el cumplimiento de los lineamientos considerados en el Programa de vigilancia ambiental y estará facultado para detectar aspectos críticos que precisen ajustes encaminados a evitar que se generen mayores daños al entorno por las acciones a realizar.
- Se desarrollará un **Manual o Guía de Campo con las Especies de Fauna en el Sitio Sujetas a Protección** presentes en el área y zonas adyacentes, subrayando las especies con mayor posibilidad de ocurrencia dentro de las áreas a afectar, adicionalmente se informará sobre las demás especies de fauna que se distribuyen en el área, aquellas de lento movimiento y aquellas más vulnerables y con mayores riesgos de sufrir daño por las actividades propias del Proyecto. Dicho manual de campo será dado a conocer y distribuido a los trabajadores y personal involucrado en el Proyecto.
- Se prohibirá a los trabajadores la cacería, daño, captura y/o apropiación de especies de fauna.
- Se limitará el acceso de los trabajadores y personal involucrado sólo a la superficie autorizada, prohibiendo el ingreso a predios aledaños al área del Proyecto
- Como parte del sistema que el Proyecto La Ventana tiene implementado, el Proyecto La Ventana ejecutará el **Programa de Rescate y Protección de Especies** bajo la supervisión de personal capacitado para el manejo de fauna silvestre.
- Se evitará la caza furtiva por parte del personal que interviene tanto en los estudios técnicos como en la ejecución de la obra civil y durante la operación, mantenimiento y cierre de la mina subterránea.

- Se fomentará en los trabajadores y personal involucrado en el Proyecto, la conciencia ecológica y valores para la protección y conservación de la flora y fauna del lugar, sensibilizando al personal sobre los beneficios que las distintas especies proveen.
- Se advertirá a los trabajadores sobre la fauna potencialmente nociva presente en el área. La vigilancia y el control de acceso solo a las áreas autorizadas evitará o disminuirá el riesgo de encuentros no deseados.
- Se evitarán los trabajos de rescate en época de reproducción de las especies de vida silvestre, sobre todo en casos de especies en peligro de extinción o de alto valor para la región.
- Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo se ahuyentará a la fauna que pueda encontrarse en las áreas afectar hacia áreas aledañas, esto a través de un desmonte direccionado.
- Inicialmente se realizará un recorrido por parte del personal que intervendrá tanto en los estudios técnicos como en la ejecución de la obra civil.
- Se permitirá que las especies se desplacen libremente hacia áreas más seguras y alejadas del proyecto.
- Se retirarán madrigueras para ahuyentar a los individuos que ahí habiten. Algunas madrigueras construidas sobre la superficie podrían ser reubicadas, en otros sitios cercanos con condiciones similares a las originales. Esto se aplicará principalmente para nidos, en caso de los cuales, se procurará el rescate y su reubicación a sitios contiguos y seguros con condiciones semejantes.
- Se establecerá un sitio para la reubicación antes de proceder con las acciones propias del rescate.
- Se rescatarán sólo especies que así lo requieran, es decir aquellas especies de fauna que después de intentar ahuyentarlas de las áreas a afectar, no puedan ponerse a salvo por sí mismas, tales como aquellas de lento movimiento, sin que el personal arriesgue su integridad física.
- El rescate consistirá exclusivamente en colocar a los individuos en área segura inmediata a la de afectación y permitir que se resguarden.
- Con la finalidad de evitar mayores daños a las aves del área y migratorias, preferentemente se calendarizará la construcción del Proyecto evitando épocas importantes de anidamiento y cría.

- Se realizará el desmonte en etapas, permitiendo así que la fauna silvestre con distintos hábitos se desplace hacia sitios aledaños que no serán alterados.
- Durante las etapas de preparación del sitio y constructivas, se evitará en todo momento la muerte accidental de especies.
- Se restringirá la velocidad de conducción vehicular para evitar los accidentes y muertes de fauna que circule por los caminos.
- Se instruirá al personal para que reporte inmediatamente el avistamiento de fauna que requiera ser reubicada, previo al desarrollo de actividades o circulación que pueda afectar a los organismos.
- Se utilizarán vehículos, equipo y maquinaria en buen estado, de reciente modelo y en condiciones óptimas de funcionamiento, sujetos además a un programa de mantenimiento regular por parte del contratista para el control de ruidos, vibraciones y emisiones, disminuyendo el impacto negativo sobre la fauna silvestre de áreas aledañas.
- El material generado por el desmonte, podrá ser utilizado para mejorar el hábitat para fauna, para establecimiento de cobertura de protección, hábitat para refugio. Así mismo, el enriquecimiento del suelo con este material beneficiará la producción de alimento, en las áreas donde éste se incorpore, tales como camellones centrales, y demás áreas a reforestar mencionadas anteriormente.
- El proveer a trabajadores de infraestructura sanitaria, evita que las personas, animales y vectores, estén en contacto con los residuos domésticos y desechos humanos y evita que éstos contaminen el ambiente, evitando también la dispersión de enfermedades.
- Adicionalmente, con la adecuada disposición y recolección de residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores se disminuirá la presencia y proliferación de fauna nociva.
- Para la operación y manejo del Proyecto se establecerán estratégicamente contenedores de basura con trampas anti-fauna evitando que los desechos se propaguen al ambiente y evitando la generación de fauna nociva y de vectores de enfermedades por malas prácticas. Se indicará previamente la ubicación de los mismos.
- Con la reforestación de especies nativas se proveerá de hábitats para la fauna. Se calendarizará el mantenimiento de los mismos fuera de las épocas de anidación de las aves que ahí se establezcan.

- Se modificarán y adecuarán los diseños de algunas instalaciones para que estos sean amigables a las especies de fauna.
- Con la finalidad de compensar y mitigar el efecto de fragmentación de hábitats generado por la construcción del Proyecto se procurará la conectividad de hábitats mediante la construcción de corredores para fauna silvestre en el área del Proyecto.
- Se procurará la construcción y adecuación de obras e infraestructura amigable para la fauna de tal suerte que provea corredores y hábitats.
- El cercado direccional frecuentemente es necesario para dirigir a la fauna hacia los cruces construidos.

VI.4.5 Paisaje

VI.4.5.1 Medidas de mitigación y/o compensación

- Se implementarán acciones encaminadas a reducir la generación de polvos y partículas.
- Se mantendrán en buen estado vehículos y maquinaria para disminuir las emisiones y el impacto sonoro y visual.
- Se procurará tener un adecuado manejo y disposición de residuos domésticos generados por los trabajadores.
- El servicio sanitario proveerá al vigilante y/o personal involucrado de una infraestructura especial evitando la defecación al aire libre y mayor afectación de este componente ambiental.
- Conforme a la metodología estandarizada para el Proyecto, se incluirán acciones de limpieza de tiraderos irregulares de basura a orilla de caminos, riveras, etc.
- Se colocarán de manera estratégica contenedores de basura previamente señalizados con un adecuado Programa de Recolección y se evitará en lo posible la proliferación de botaderos irregulares pare permitir recuperar áreas de botaderos en uso, que impactarían negativamente el paisaje.
- Se concluirá la obra con la reforestación con especies nativas de las áreas antes mencionadas. Con lo anterior se intentará restablecer en esas áreas la armonía paisajística original.
- Los residuos de construcción, serán removidos al momento de finalizar el trabajo y/o uso en la superficie, deberán ser transportados en camiones tapados y

depositados en los centros de acopio de cascajo, bancos de tiro o tiraderos autorizados para tal fin. La limpieza general de áreas es un requisito entre contratistas considerados para estos trabajos.

VI.5 Medidas adicionales

En el contrato con la/las empresas(s) que resulte seleccionada para la construcción de las obras, se incluirá la responsabilidad de esta para ejecutar puntualmente las medidas de mitigación y prevención de impactos propuestas en el presente estudio, y en su caso, aquellas que la autoridad competente considere necesarias.

Lo anterior a fin de garantizar el cumplimiento real de las medidas propuestas y el compromiso de cumplir con las obligaciones de los trabajadores y personal involucrado.

Se establecerá un Programa Permanente de Recolección de Desechos Sólidos en las instalaciones, y además un Programa de Vigilancia Ambiental y se designará a una persona responsable y capacitada que supervise todas las acciones a realizar, lo anterior con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio.

VI.5.1 Señalización

Se instalarán señalamientos viales adicionales a los que ya se encuentran instalados. Entre ellos, los que indiquen la prohibición de tirar residuos, la existencia de contenedores para residuos sólidos urbanos y la presencia de fauna silvestre presente en el área.

Alguna de la señalización más importante a instalar en el Proyecto es la que se muestra a continuación:

Figura VI.1 Señalización a instalar en el Proyecto La Ventana.

VI.6 Impactos Residuales

Los impactos residuales son aquellos en los cuales el efecto permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación. Muchos de estos impactos carecen de medidas de mitigación, mientras que en otros su efecto adverso puede ser reducido con la aplicación de las medidas propuestas, aunque en la mayoría de los casos los impactos quedan reducidos únicamente en su magnitud.

El ruido durante todo el tiempo que duren las obras de preparación del sitio y construcción se verán minimizado dado que se pretende que los vehículos y maquinaria efectivamente se encuentren en óptimas condiciones de operación, sin embargo y en general existirá emisión de ruidos. En el caso de las voladuras; la emisión sonora de cargas explosivas se ve reducida significativamente a partir de los 200-250 metros.

Al retirar la vegetación, no se puede estar totalmente exento de las inclemencias del clima por lo que no se puede asegurar que no exista el arrastre de suelo, o la erosión ya que el proceso de construcción se va a realizando por etapas.

Las areas colindantes al Proyecto, estarán relativamente expuestas, mientras que se lleve a cabo la construcción del Proyecto, ya que posteriormente a esto, los caminos serán transitados y el mantenimiento y las condiciones de los caminos dependerán del mantenimiento y limpieza que se les provea.

Las modificaciones de la topografía permanecerán aun cuando esté funcionando el Proyecto y en la mayoría de los casos en este tipo de proyectos, aún después del cierre y la restauración de las áreas. Solo se podrán minimizar los impactos con la reforestación de los taludes, la disminución de las pendientes o la colocación de las terrazas, pero el impacto visual se considera residual.

La modificación del paisaje solo se podrá disminuir con la reforestación sin llegar a mitigar completamente el efecto, ya que el Proyecto permanecerá así durante operación y vida útil estimada del mismo, lo que implica la incorporación de elementos ajenos al ambiente natural como son las instalaciones, maquinaria, etc. y al cierre del proyecto, este impacto aún en magnitud reducida, tras restauración y reforestación se considera un impacto residual.

Las modificaciones en las tasas de infiltración del agua no podrán restablecerse por completo aun y cuando se apliquen medidas de mitigación recomendadas.

La flora y fauna local se recuperará hacia el cierre y abandono del proyecto, pero no podrían llegar a tener el aspecto original ya que se dañará el hábitat y solamente con un plan de cierre adecuado, se podrá minimizar el efecto del impacto en estos factores.

VII. PRONÓSTICOS DEL ESCENARIO

Tomando en cuenta el escenario actual del sitio, descrito en el capítulo IV, que ocupará el Proyecto y considerando las medidas de mitigación y compensación aplicadas, descritas en el capítulo VI, se prevé el escenario futuro acorde a las acciones a realizar en las etapas de construcción y operación del Proyecto La Ventana. De igual manera, se contempla el escenario una vez que el Proyecto haya concluido.

VII.1 Caso 1. No realización del Proyecto

Económicamente la región se encuentra deprimida por falta de fuentes de empleo formal. La falta de fuentes adicionales de ingresos y empleo en los municipios de Bacadehuachi, Nacori Chico, Huasabas y granados no permitirán el crecimiento económico de dichos municipios. La inserción del Proyecto La Ventana en la región, permitirá que se revierta la tasa de migración hacia la ciudad del Municipio de Bacadehuachi, al incrementarse la oferta de empleo y comercio en la cabecera municipal, lo que se traduce en el incremento en el nivel de vida de la comunidad.

La no realización del Proyecto traerá como consecuencia la fuga de inversión a la región, al estado y al país ya que el carbonato de litio grado batería presenta actualmente un defisit de producción a nivel mundial, por lo que este proyecto contribuiría a mejorar la oferta y disminuir los precios del producto.

VII.2 Caso 2. Realización del Proyecto

Con la realización del Proyecto se promoverá el desarrollo urbano y se impulsará una intensa vinculación entre los sectores comerciales público y privado, que permitirán garantizar dentro de un marco de sustentabilidad el desarrollo económico de las familias que habitan en la región, significando mayores posibilidades de mejoras en infraestructura, viviendas y economía en general.

A nivel regional colocará a Sonora en uno de los proveedores de Carbonato de Litio Grado Bateria, detonando la exploración de nuevos yacimientos en áreas cercanas al actual deposito, la totalidad de industrias paralelas a la fabricación de baterías y el fortalecimiento de la proveduría de Sulfato de Sodio y Sulfato de Potasio.

VII.3 Caso 3. Realización del Proyecto con Medidas de Mitigación

Como se menciono anteriormente, al realizar la construcción del Proyecto La Ventana, se promoverá el desarrollo económico de la región dentro de un marco sustentable y ambientalmente amigable, lo que implica la promoción de una nueva conciencia ecológica en los habitantes de la región.

Por lo demás:

Durante la construcción del Proyecto se implementarán diferentes medidas de mitigación para evitar o disminuir el impacto sobre los diferentes componentes ambientales, agua, aire, suelo, flora y fauna (Ver Capítulo VI Medidas de Mitigación).

VII.4 Caso 4. Al finalizar el Proyecto

Una vez completada la construcción del Proyecto La Ventana se implementará una Programa de Vigilancia Ambiental además de llevar a cabo el Plan de Restauración del Sitio para todas las áreas intervenidas. Así se tratará de integrar paisajística y funcionalmente el Proyecto al ecosistema natural.

Se contarán con campañas de limpieza en las instalaciones del Proyecto, asegurando el bienestar de la flora y fauna existente en el área.

Para evitar la erosión se mantendrá vigilancia continua para asegurar el bienestar de las especies de flora del área del proyecto.

VII.5 Programa de Vigilancia Ambiental

Este Programa, que se apegará a los lineamientos del Programa de Vigilancia desarrollado para el Proyecto La Ventana, considerará la etapa de elaboración del Proyecto, su estructuración y operación. Para la primera y segunda etapa, se tomará la información derivada de los análisis de impacto en relación a las alteraciones del medio natural y sus componentes abióticos. En la segunda etapa se identificarán las tendencias de los impactos, durante el desarrollo del Proyecto para implementar las medidas correctivas que respondan en tiempo y forma contra el impacto.

A continuación, se describe el Programa que vigilará el cumplimiento de las acciones de prevención y mitigación contenidas en el presente estudio.

a) Objetivo

- Verificar el cumplimiento de las acciones de prevención y mitigación durante las actividades previas a la construcción y durante el proceso constructivo.
- Vigilar el cumplimiento de las acciones de prevención y mitigación de impactos ambientales contempladas para el Proyecto.
- Mantener la vigilancia y supervisión periódica de las actividades operativas.

Se deberá respetar toda la vegetación que no se incluya en la superficie requerida para la elaboración del Proyecto. Así mismo, dentro de esta superficie se dejarán en pie siempre que sea posible, aquellos individuos de mayores diámetros que no interfieran con las actividades programadas. En este sentido, deberán aplicarse todas las medidas preventivas indicadas y de manera correcta, para garantizar que la vegetación natural sea protegida y en caso de afectarse sea de manera poco significativa. Se ejecutará un Programa de Rescate de Especies de Flora y Fauna, antes de iniciar con las operaciones de desmonte. Para el caso de las especies arbóreas cuyo tamaño comprometa el éxito del rescate, estas podrían reponerse por otros individuos de la misma especie que al igual que las cactáceas deberán ser trasplantados en áreas que no serán intervenidas, en sitios seguros previamente definidos y bajo la supervisión de personal calificado.

En la superficie requerida para llevar a cabo el Proyecto se pondrá especial atención en no afectar ni obstruir escurrimientos de agua superficial ni la vegetación asociada a estas áreas, que provee protección a los cuerpos de agua y amortigua los impactos generados en su entorno. En consecuencia, deberán considerarse todas las medidas y previsiones necesarias para alterar en lo mínimo posible estas áreas, particularmente en las superficies donde se proyecta la construcción de las plataformas. Durante la construcción, es necesario enfatizar la vigilancia y supervisión de las obras para dar puntual cumplimiento a las medidas necesarias para evitar el aporte de sedimentos a los cauces, y concluir las actividades constructivas con obras de limpieza, desazolve y retiro de materiales y residuos.

Será necesario restablecer la vegetación y protección del suelo, con la reforestación y arrope de laderas, terraplenes y taludes, se recomienda establecer una barrera rompe vientos perimetrales en las áreas de afectación, lo anterior utilizando especies nativas de rápido crecimiento. Esta barrera protegerá la vegetación aledaña y amortiguará los efectos adversos producidos por la operación de la obra. Una vez finalizada la

construcción del Proyecto, y posterior a la limpieza del área, se recomienda descompactar y acondicionar la superficie para promover el desarrollo de vegetación y la captación de humedad hacia el subsuelo en las áreas donde esta medida no interfiera con la actividad productiva que se desarrolla.

Hacia el cierre de las áreas productivas y con el fin último de restaurar y devolver productividad a las áreas ocupadas, Minera Sonora Borax SA de CV desarrollará un Programa de Reforestación, mismo que deberá realizarse de acuerdo a la normatividad aplicable y a las recomendaciones que las autoridades ambientales competentes consideren. Esta reforestación deberá realizarse con especies nativas, garantizando además los cuidados y atenciones necesarios post plantación, a fin de asegurar la mayor sobrevivencia de individuos posible y en su caso, reemplazar aquellos que no sobrevivan. Por tanto, dicha reforestación deberá ser supervisada por personal capacitado. Así mismo, la selección de especies y diseño paisajístico deberán corresponder a la composición florística original y en armonía con el paisaje circundante, es decir caracterizar sitios para reforestar con las especies correspondientes a los tipos de vegetación original, utilizar la técnica de plantación más adecuada considerando pendientes, condiciones del suelo, densidad de plantación acorde a la mezcla de especies, precipitaciones, etc.

Por otra parte, es de suma importancia tratar de no afectar especies de lento crecimiento que se encuentren dentro de las áreas de afectación. Estas especies deberán ser rescatadas y reubicadas a un área previamente designada y segura, previo a la realización de las actividades de desmonte.

b) Levantamiento de la información

Se vigilará el programa diariamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, por personal técnico que el promovente convenga. Y se mantendrá actualizado de manera semanal durante la fase operativa del proyecto.

c) Retroalimentación de resultados

Se identificarán plenamente los niveles de impacto que resulten de las actividades del Proyecto, sí con las medidas de prevención, mitigación y compensación es suficiente para mitigar el daño, se implementa la medida señalada y en caso contrario se hará un replanteamiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación requeridas,

hasta asegurar la mínima afectación posible durante el desarrollo de las fases del Proyecto La Venatana.

VII.6 Evaluación de alternativas y conclusiones

En el rubro minero, siempre se ha considerado una complicación la selección de alternativas para el desarrollo de un proyecto, y lo anterior se sustenta en el hecho de que el mineral se encuentra confinado geográficamente, lo que permite un ligero margen entre rentabilidad y movilidad para la instalación de infraestructura de extracción y procesamiento. Dicho lo anterior, y en el particular caso del Proyecto La Ventana, se ha diseñado un sistema de explotación con los requisitos mínimos indispensables de invasión de área en superficie.

De los resultados del análisis del sistema ambiental descrito en el Capítulo IV y de la identificación de los impactos que el establecimiento del Proyecto generará, se tiene la siguiente conclusión: *Se estima que el Proyecto, generara un total de* 361 *interacciones con efecto en el sistema ambiental, de las cuales 169 serán impactos negativos, y 192 serán positivos.*

En este sentido se considera el hecho de que algunos impactos son inevitables, dado el tipo de obra que nos ocupa; tal es el caso de las alteraciones ocasionadas en la vegetación que se distribuye en el área considerada para la construcción del Proyecto, y por ende al hábitat de la fauna silvestre, así como a las alteraciones en las características y estabilidad del suelo, los impactos negativos a la atmosfera por la generación de ruidos, polvos y destrucción de microclimas, el deterioro del paisaje original y los demás impactos referidos anteriormente.

Los impactos anteriores, y que por su origen y naturaleza no pueden ser mitigados en su totalidad, contarán con medidas de prevención, reducción y/o compensación. La mayoría de los impactos inevitables ocurrirán de manera no significativa, aunque se consideran también algunos significativos en la superficie donde se pretende instalar el Proyecto.

En lo referente a la fisonomía de la zona por la remoción de la vegetación y las actividades constructivas, las medidas contempladas, están encaminadas a proteger la vegetación aledaña, respetando en lo posible individuos dentro del área, y finalmente tratar de reintegrar el área afectada al paisaje natural y restablecer su funcionalidad en el ambiente.

Dentro de las afectaciones al suelo destacan la modificación de sus características físicas y químicas, así como la perdida de perfil natural, por la remoción de la capa vegetal y demás actividades constructivas.

Finalmente, aún cuando los efectos negativos mencionados son de carácter ineludible, si se implementan de manera correcta las medidas mitigatorias, que se establecen en la presente Manifestación, muchos de los impactos adversos pueden ser reducidos. Las medidas se orientan en ayudar al cuidado y protección del ambiente e impedir que, tanto el suelo como el agua, aire, flora y fauna, puedan ser contaminados o dañados de manera severa.

Por otra parte, las acciones requeridas para el desarrollo del Proyecto, también conllevan impactos ambientales positivos. Los factores sociales y económicos serán beneficiados durante el tiempo que duren las obras, dado que se generarán empleos directos e indirectos, mismos que junto con la demanda de servicios representarán importante derrama económica.

En suma, de acuerdo a lo anterior se considera que el desarrollo del Proyecto generará beneficios significativos en los aspectos socioeconómicos, en los municipios de Bacadehuachi, Nacori Chico, Huasabas y Granados principalmente y beneficios secundarios en las poblaciones vecinas a la carretera de acceso al proyecto. De tal manera, que el desarrollo de la obra se considera Técnica y económicamente viable.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Alden P., 1969. Finding the Birds in Western Mexico. A guide to the states of Sonora, Sinaloa, & Nayarit, The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 138 pp. 138.

Alderfer, J. 2006. Complete Birds of North America. Field guide to the birds of North America. National Geographic SocietyWashington, D. C., U.S.A. 663.

Allen, M. J. 1933. Report on a Collection of Amphibians and Reptiles from Sonora, Mexico, with the Description of a New Species. Occasional Papers of the Museum of Zoology 259, University of Michigan Press, Ann Arbor

Anuario Estadístico de la Producción Forestal. 2013. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. http://www.semarnat.gob.mx/ sites/default/files/ documentos/ forestal/anuarios/anuario_2013.pdf

Aranda M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. CONABIO. A. C. 255 pp.

Aranda Sánchez, Jaime Marcelo, 1981. Rastros de los Mamíferos Silvestres de México (manual de campo), primera edición. Edit. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver., México, 198 pp.

Aranda-Sánchez, J. M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Arispe, R., Venegas, C. y Rumiz, D. (2008). Abundancia y patrones de actividad del mapache (Procyon cancrivorus) en un bosque chiquitano de Bolivia. Mastozoología Neotropical, 15(2):323-333

Arita, H.T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de Mexico. Pp. 109-128. In: R.A. Medellín y G. Ceballos (eds.) Avances en el estudio de los mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología. A.C. México.

Arita, H.T. 2001. Informe final* del Proyecto Q068 CONABIO. Patrones geográficos de diversidad de los mamíferos terrestres de América del Norte. Reporte técnico final.

Arita, H. T. y G. Rodríguez. 2004. Patrones geográfico de la diversidad de los mamíferos terrestres de América del Norte. Instituto de Ecología, UNAM. Bases de datos SNIB-Conabio Proyecto Q068 México D.F

Atlas Nacional de Riesgos. 2008. Riesgos Químicos. Sistema Integral de Información sobre Riesgo de Desastre en México. http://atl.cenapred.unam.mx y http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/metadataexplorer/index.html

Ayala, C., Manual de Taludes, Instituto Geológico y Minero de España, Serie Geotecnia.

Balduzzi, A. y R. Tomaseli. (1978-1979). Carta Fisonómica-Estructural de la Vegetación de México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM.

Biotic communities of North America, with community (series) and association examples for the Southwest. Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science 14, Suppl. 1: 1-16.

Bogert & Oliver, 1945. Herpetofauna of Sonora, Bulletin of the American Museums of Natural History, Vol. 83, pp. 297-426.

Bogert, C. M. and J. A. Oliver. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 83: 297-426.

Bosque S.J., Gómez D., Montserrat, Rodríguez D., Ana E., Rodríguez E., Víctor M., Vela G., Antonia., Valoración de Aspectos Visuales del Paisaje Mediante la Utilización de SIG, Documents d'Anàlisi Geogràfica, 1997, nº 30, p. 19-38

Botello, F., Monroy, G., Illoldi, R.P., Trujillo, B.I., Sanchez, C.V. 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. Nota científica. Revista Mexicana de Biodiversisdad. 78: 207-210.

Bradley, L. C, & Fagre, B. D. (1988). Coyote and bobcat responses to integrated ranch management practices in south Texas. Journal of Range Management 41:322–327

Brown D. E. 1982. Biotic Communities of the American Southwest, United States and México. Desert Plants, Vol. 4 (1-4) 315 pp.

Buroz, E. 1994. Métodos de evaluación de impactos. En: II Curso de Postgrado sobre Evaluación de Impactos Ambientales. FLACAM. La Plata. 63 p.

Burt, W.H., y R.P. Grossenheider, 1980. A field guide to the mammals of North America north Mexico, Third Edition, National Audubon Society, 289pp.

Caire W., 1978. The Distribution and Zoogeography of the Mammals of Sonora Mexico, Disertation Tessis, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico.

Canter, L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental.

Casas Andreu, G., Reyna Trujillo, T., (1990)., "Provincias herpetofaunísticas". En: Herpetofauna (Anfibios y reptiles). IV.8.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:8000000. Instituto de Geografía, UNAM., México

Castillo-Gámez, R.A., J.P. Gallo-Reynoso, J. Egido-Villarreal y W. Caire. 2010. Mamíferos. En: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México, pp. 421-436.

Ceballos G. 2014. Mammals of Mexico. Eds. Gerardo Ceballos y Gisselle Oliva. Jhons Hopkins University Press. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica.

Chávez, G., Rubén, Agua y Minería., Taller sobre Cierre de minas, CNA., Junio 2009.Ceballos, G. y G. Oliva, eds. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Conabio-Fondo de Cultura Económica, México, 988 p.

CITES, 2009. Apéndices I, II, III to the Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, U.S. Fish and Wildlife Service, Interior.

Comisión Nacional del Agua (CNA), (1998). “Cuencas Hidrológicas”. Escala 1:250000. México.

Comisión Nacional del Agua CNA. 2015. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Bacadehuachi, Estado de Sonora. Gerencia de aguas subterráneas. Subgerencia de evaluación y Modelación Hidrogeológica. México, D.F

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 1999. Mapas de Vegetación Potencial y Provincias Biogeográficas. Regiones terrestres prioritarias de México. Mapa. Regiones Hidrológicas prioritarias. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).Escala 1:1000000. México

CONABIO. 1999. Mapas de Vegetación Potencial y Provincias Biogeográficas. Regiones terrestres prioritarias de México. Mapa. Regiones Hidrológicas prioritarias. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).Escala 1:1000000. México http://www.conabio.gob.mx/

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1999). “Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO”. Escala 1: 1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1997). “Provincias biogeográficas de México”. Escala 1:4 000 000. México.CITES, 2008. Apéndices I, II, III to the Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, U.S. Fish and Wildlife Service, Interior.

CONABIO, 2009. SIIT*mx Sistema Integrado de información Taxonómica-México (http://siit.conabio.gob.mx/)

CONAFOR. 2004. Protección, Conservación y Restauración de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. México D.F.

CONAFOR. 2001. Programa Nacional Forestal 2001-2006. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal. México.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). www.conanp.gob.mx

CONANP. 2008. Acciones y Programas Prioritarios. Mapa FANP.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2001. Índices de marginación 2000. México en cifras. Anexo B. Índices de marginación por municipio, 2000.

Conesa, V. 1993. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

COTECOCA, 1974. Flora del Estado de Sonora. COTECOCA, Sonora

COTECOCA. 1986. Coeficientes de Agostaderos de la República Mexicana. Estado de Sonora. COTECOCA-SARH. México. D.F.

Damon, P. E., Shafi qullah, M., Clark K., 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization in Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, 20, 1052-1071.

Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. México, Diciembre de 2010. (Primera Sección).

Diario Oficial de la Federación. 25/02/2011. ACUERDO mediante el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.

Diario Oficial de la Federación. 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. SEMARNAT.

Dirección general de geografía del territorio nacional, INEGI Carta Geológica Madera H12-9 1:250,000, 1982.

Dos Santos, F.M., da Silva, J.D., Sanaiotti, M.T. 2006. Efficiency of four trap types in sampling small mammals on forest fragments, Mato Grosso, Brazil. Mastozoología Neotropical. Vol. 13 (2): 217-225.

Elbroch M. 2003. Mammal Tracks & Sign: A Guide to North American Species. Stackpole Books. 781 pp.

Enderson E. & otros, 2009. The herpetofauna of Sonora, México, with comparisons to adjoining status. In: Check list. 5(3): 632-672, 2009. ISSN: 1809-127X.

Escalante, T., G. Rodríguez y J.J. Morrone. 2005. Las provincias biogeográficas del componente mexicano de montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. Revista Mexicana de Biodiversidad, 76:199-205.

Espinoza, Guillermo, Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Edición del Banco Interamericano de Desarrollo, Centro de Estudios de Desarrollo, Santiago –Chile, 2001.

FA, J.E., y L.M. Morales, 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México, pp. 315-354. En: Diversidad Biológica de México, Orígenes y Distribución, Ramamoorthy T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.), Instituto de Biología, UNAM. 792 pp.

FAO/UNESCO. 1988. Leyenda del mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. http://www.fao.org/geonetwork/srv/es/metadata.show?id=1111&currTab=simple

O´Farrell, M. J., y W. L. Gannon. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. Journal of Mammalogy 80:24-30.

Farje, V., I., Perforación y Voladura a Cielo Abierto, Informe Profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica, y Geográfica, Lima-Perú, 2006Ferrusquía-Villafranca, I. (1990). "Provincias Bióticas (con énfasis en criterios morfotectónicos)" en Regionalización Biogeográfica, IV.8.10. Atlas Nacional de México. Vol. II. Esacal 1. 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Felger, S. R., M. Brian Johnson y M.F. Wilson. 2001. The Trees of Sonora, Mexico. Oxford University Press. Nueva York. Estados Unidos

Figueroa T., Alvarado A., Luis C., Cierre de Minas Peñoles, Junio 26, 2006.

Fimbres M., F.J., Seguridad en el Manejo, Uso y Almacenamiento de Explosivos, Tesis de Ingeniero Universidad de Sonora, Minero. Hermosillo Sonora, Octubre 1982.

Findley, J.S., A.H. Harris, D.E. Wilson y C. Jones. 1975. Mammals of New Mexico. University of New Mexico Press, Albuquerque, 360 pp.

Fitzpatrick J. W., 2002. Bird of North America Field Guide, National Geographic Society, 4th Edition, Washington, D.C.

Flores-Villela A O., 1993. Herpetofauna Mexicana, Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Carnegie Museum of Natural History.

Franco. J. 1991. Manual de Ecología. Ed. Trillas, México. 266 pp.

Gallina, S. & López-González, C. (eds) (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volúmen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, México. Pp. 377

García, E. – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). "Climas" (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.

García, E. (1990), “Rangos de humedad”. Extraido de Climas. IV.4.10. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografia UNAM. México.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios, S.A. 4a edición. México, D.F. 217 pp.

García, E., Reyna-Trujillo, T. y Hernández, Ma. E. (1990). “Regímenes pluviométricos y Distribución de la precipitación”. Extraido de Canícula, sequía intraestival o de medio verano. IV.5.1.Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:8000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Gobierno del estado de Sonora, Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021. México

Gómez, O.D., Gómez V.Ma. T, 2013. Evaluación de Impacto Ambiental. Ed Mundi-Prensa, España.

Gómez, A. R., Burquez C., B., Criterios de Evaluación Ambiental para la Toma de Decisiones en Proyectos de Inversión.

González-García, F. y H. Gómez de Silva Garza. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. Editores. Conservación de aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Foundation. Cipamex. Conabio.

Grinding Solutions Ltd, 2014: 14-1076: Investigation of Clays in Bacanora Mineral Deposits, report dated April 2, 2014 for Bacanora Minerals Ltd.

Grossenheider R. P. And Burt W., 1976. Mammals Peterson Field Guides, 3th. ed., Houhton Mifflin Co.

H. Ayuntamiento de Bacadehuachi, Sonora. 2016. Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de bacadehuachi, Sonora, para el período 2016-2018.

H. Ayuntamiento de Granados, Sonora. 2016. Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Granados, Sonora, para el período 2016-2018.

H. Ayuntamiento de Huasabas, Sonora. 2016. Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Huasabas, Sonora, para el período 2016-2018.

H. Ayuntamiento de Nacori Chico, Sonora. 2016. Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Nacori Chico, Sonora, para el período 2016-2018.

Hall, E.R. 1981. The mammals of North America. 2 Vols. John Wiley & Sons. New York.

Hoffmeister, D.F. 1986. The Mammals of Arizona. University of Arizona Press, Tucsón.

Howell S.N. and Webb, 1995. Mexico and Northern Central America, A Guide to the Birds, 1st. Pub, Oxford University Press.

http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_3.html

http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/sismos/sismologia-de-mexico

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/411/cap3.pdf

Huillcañahui T., Ramiro, Caracterización de los Residuos Mineros Metalúrgicos y su Posible Uso en Barreras de Ingeniería, Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG., Vol. 10, No. 19, pp. 87-97, 2007.

INEGI, 1982. Carta temática “Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000.

INEGI, 1993. Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, 186 pp.

INEGI. 1992. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso Potencial del Suelo. en: http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/ contenidos/espanol/bvinegi/ productos/ geografia/ publicaciones/guias-carto/sueloyveg/USOSUEVEGSerie III.pdf

INEGI. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora. México. Aguascalientes. México. www.inegi.gob.mx

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1982a. Uso Potencial Forestería, Tijuana. Carta, escala 1:1, 000,000. Publicada por la entonces SPP, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1982b. Uso Potencial Agricultura, Tijuana. Carta, escala 1:1, 000,000. Publicada por la entonces SPP, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1982c. Uso Potencial Ganadería, Tijuana. Carta, escala 1:1, 000,000. Publicada por la entonces SPP, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) -Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto Nacional de Ecología (INE). (2008). Ecorregiones terrestres de México (2008) Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). “Edafología”. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.

Jiménez C., Huante P, Rincón E., Restauración de Minas Superficiales en México, SEMARNAT, Octubre 2006.

Jiménez R., A. y Maderey R., L. E. (1992). "Escurrimiento medio anual". En: Hidrogeografía IV.6.4. Atlas Nacional de México. Vol. II, Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Jones L.L.C. y R.E. Lovich. 2009. Lizards of the American Southwest. A photographic field guide. Rion Nuevo Publishers, Tucson, Arizona. 567.

Kays, R.W. y D.E. Wilson. 2009. Mammals of North America. Second edition. Princeton University Press. Princeton and Oxford.

Lastra, R.A.; Bayona, A.; 1977Modificaciones al Sistema de Clasificacion FAO-UNESCO: una Opción ante el Problema de Clasificación de Suelos para México.

Lemos Espinal, J. A., 2006. Anfibios y reptiles del este/noreste del estado de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BE002. México D. F.

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

Leyenda del Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. FAO/UNESCO, 1988. En: http: //www.miliarium.com/ Proyectos/ Suelos Contaminados /Manuales/ clasificacion suelos2. asp

López–Estudillo, R. y A. Hinojosa García. 1988. Catálogo de Plantas Medicinales Sonorenses. Universidad de Sonora. México. 129 pp.

Lowe, C.H. and D. Frost, 1992. A Checklist of the Herpetofauna of Sonora, México including Sonoran Islands in the Gulf of California, University of Arizona.

Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwel Science. Reino Unido.

Mammals of North America, Roland W. Kays y Don E. Wilson (Princeton University Press, 2002).

Maples - Vermeersch M. (1992) "Regímenes de humedad del suelo" en Hidrogeografía IV.6.2 Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México

Martínez M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas mexicanas, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1247 pp.

Medellín, R. A., Arita, H.T. y Sánchez, O. (2008). Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manual y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 24-86p.

Mostacedo, Bonifacio y Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR (Proyecto de manejo forestal sostenible). Santa Cruz, Bolivia.

Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology, John Wiley and Sons, Nueva York, USA.

Munasinghe, M. Editor. 1993. Environmental Economics and Natural Resource Management in Developing Countries, Committee of International Development Institutions on the Environment. World Bank.

National Geographic, 1987. Field Guide to the birds of North América, Washington.

Orozco S., Raúl V., “Taller Cierre de Minas” Aspectos Geotécnicos., Junio 26, 2006

Perrings, C. et al. 1995. The Economic Value of Biodiversity. Chapter 12 of Global Biodiversity Assesment, Heywood V.H. Cambridge University Press.

Petterson, R. T. E. L. Chalif, 1989. Aves de México, Guía de Campo de Identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y el Salvador, Ed. Diana, México, 473 pp.

Poder Ejecutivo Federal. 2013. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 20013-2018. México

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Bacadéhuachi, Sonora, 2009.

Ramamoorthy R. 1993. Biological Diversity of Mexico, Origins and distribution, Oxford University Press, New York, 812 pp.

Ramírez-Pulido, J., y Castro-Campillo, A., (1990). "Regiones y Provincias Mastogeográficas". Extraido de Regionalización Mastofaunística, IV.8.8. Atlas Nacional de México. Vol. III. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM., México.

Romero, A., A., Medina, R., Puente, L., L. Flores, S., Guadalupe, E., de la Cruz, E., Ramírez, V., Los Residuos Sólidos Mineros del Proceso de Flotación de Minerales en la Cuenca del Rio Santa- Ancash. Revista del Instituto de Investigaciones, Vol. 11, No. 21, pp. 14-18, 2008.

Romero-Almaraz, M.L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada y R. D. Owen. 2007. Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Las prensas de ciencias. Facultad de Ciencias. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México

Russell S. and Monson, 1998. The Birds of Sonora, 1st. Ed., The University of Arizona Press.

Rzedowski, J. (1990). "Vegetación Potencial". IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rzedowski, J. (1994). "Vegetación Potencial". IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rzedowski, J. 1966. Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica. Acta Botánica Mexicana. 14:3-12.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. 432.pp.

Rzedowski, J. y Reyna-Trujillo, T (1990), “Divisiones florísticas” en Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas. IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:8000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rzedowski, J. y Reyna-Trujillo, T (1990), “Divisiones florísticas” en Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas. IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:8000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Rzedowsky, J, 2006. Vegetación de México. 1ª. Edición digital. CONABIO, México. 504 pp.

Saldaña-Vázquez, R.A. y M.A. Munguía-Rosas. 2012. Lunar phobia in bats and its ecological correlates: a meta-analysis. Mammalian Biology online. DOI: 10.1016/j.mambio.2012. 08.004.Servicio Geológico Mexicano, carta Geológico-Minera, Madera H12-9 1:250,000 Sonora-Chihuahua, 1999.

Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves CIPAMEX – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO, 1999. “Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves”. Escala 1:250000. México. Financiado por CONABIO–FMCN–CCA.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana 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. Diario Oficial de la Federación México. Segunda sección 1 – 78 pp.

SEGOB (Secretaría de Gobernación) y CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2001. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Coyoacán, México. D.F. www.cenapred.unam.mx.

SEMARNAT. 2002. Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental. MINERO. Modalidad: Particular. México, D.F.

Serna, C., Mar, Manual Para la Identificación y Evaluación de Riesgos Laborales, Barcelona, 2006.

Soto Esperanza Margarita, Chiappy Jhones Carlos, Gama Lily y Giddings Lorrain. (1998- 1999). “Antropización del noroeste del país”. Instituto de Ecología A.C. México. Extraído del proyecto K032: Preparación del mapa de antropización del noroeste del país. El proyecto fue financiado por la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO).

SRK Consulting: NI 43-101 Mineral Resource estimate for the Sonora Lithium Project, México, May 2015.

Stebbins R. C., 1985, Western Reptiles and Amphibians, Peterson Field Guides Series, Houghton Mifflin Co.

Tapia T, E. C.; R. Reyes C. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. Madera y Bosques. 14: 95-112.

Taylor, E. H. 1938. Notes on the herpetological fauna of the Mexican state of Sonora. Univ. Kansas Sci. Bull., vol. 24, pp. 475-503, pl. 43.

Tirado, 2008. Evaluación de erosión natural de la cuenca media y alta del rio sonora. Tesis de maestría. Universidad de Sonora. Departamento de Geología

Toledo, Victor Manuel y María de Jesús Ordóñez. (2009). Zonas ecológicas de México Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Trolle, M & Kéry, M.(2005). Camera trap study of ocelots and other secretive mammals in the northern Pantanal. Mammalia 69(3-4):405-412

UAES.1997. Valuación económica de la diversidad biológica. Documento elaborado por la Unidad de Análisis Económico y Social de la SEMARNAT para la CONABIO

Van Perlo, B. 2006. Birds of México and Central America. Princeton University Press.

Vazquez-Yanes C,, A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM.

Verley, C.G., and M.F. Vidal, 2013: Preliminary Economic Assessment of the La Ventana Lithium Deposit, Sonora, Mexico: SEDAR filed NI 43-101 technical report for Bacanora Minerals Ltd: Dated effective January 24, 2013.

Verley, C.G., 2013: Initial Lithium Resource Estimate El Sauz & Fleur Concessions, Sonora Lithium Project: SEDAR filed NI 43-101 technical report for Bacanora Minerals Ltd and Rare Earth Minerals PLC: Dated effective October 11, 2013.

Villa, R.B. & F.A. Cervantes. 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamericana e Instituto de Biologia, UNAM, México, 140 pp.

Watanabe T.A. H. 2002. Proyecto P075 , "Escalas y la diversidad de mamíferos de México" y CONABIO (sobreposición con información cartográfica, nombre comunes y liga con la Guía de identificación para las aves y mamíferos silvestres de mayor comercio en México protegidos por la CITES), Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, Departamento de Ecología Aplicada, Laboratorio de ecología de mamíferos, en convenio con la CONABIO.

Wemmer, C., T. H. Kunz, G. Lundie-Jenkins y W. J McShea. 1996. Mammalian sign. En: Wilson, D.E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds). Measuring and monitoring biological diversity. Standar Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington y London.

Whitaker, J.O. 1980. The Audubon Society Field Guide to North American Mammals, 742 pp. Wilson, D.E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (eds). 1996 Measuring and

monitoring biological diversity. Standar Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington y London. Verley, C.G., E. McNeill and M.F. Vidal, 2012: Report on the Sonora Lithium Project: SEDAR filed NI 43-101 technical report for Bacanora Minerals Ltd.

Yelamo L. Y, Franco P, O., El Rol de la Información Socioeconómica en la Definición de Grupos Vulnerables, Plan de Compensación asociado al Proyecto Hidroeléctrico Tacoma, Mayo 2005. Venezuela.