Área que clasifica. -Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental

Identificación del documento. -Versión pública del presente estudio en materia de impacto ambiental.

Partes clasificadas.- Nombre, correo electrónico, teléfono(s), domicilio, RFC, CURP, fotografías, firmas concernientes a las personas físicas identificadas e identificables, diversas al promovente o su representante legal.

Fundamento Legal. - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 115 segundo párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Razones. - Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada o identificable.

Firma del titular.- Julio César García Vergara

Fecha y número del acta de la sesión del Comité donde se aprobó la versión pública.– Resolución **ACTA_15_2026_SIPOT_2T_2026_ART 67_FVI,** en la sesión celebrada el 17 de Julio del 2026.

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

DIRECCIÓN CORPORATIVA DE OPERACIONES
GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS
CAMPO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Modalidad Particular

Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.

CONSULTA AL PÚBLICO

VERSIÓN PÚBLICA

CONTENIDO

SÍNTESIS DEL PROYECTO (RESUMEN EJECUTIVO)

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

1.1. **PROYECTO**
1.1.1. Nombre del proyecto
1.1.2. Ubicación del proyecto
1.1.3. Tiempo de vida útil del Proyecto
1.1.4 Presentación de la documentación legal

1.2. PROMOVENTE
1.2.1. Nombre o Razón Social
1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes
1.2.3. Nombre y Cargo del Representante Legal
1.2.4. Dirección del Promovente o de su Representante Legal

1.3. RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
1.3.1. Nombre o Razón Social
1.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP
1.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio
1.3.4 Dirección del responsable Técnico del Estudio.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO
2.1.1. Naturaleza del proyecto
2.1.2. Selección del sitio
2.1.3. Ubicación Física del Proyecto y planos de localización
2.1.4. Inversión requerida
2.1.5. Dimensiones del Proyecto
2.1.6. Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias
2.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

2.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO
2.2.1. Programa general de trabajo
2.2.2. Preparación del sitio
2.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto
2.2.4. Etapa de perforación
2.2.5. Etapa de Operación y Mantenimiento
2.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto
2.2.7. Etapa de abandono del sitio
2.2.8. Utilización de explosivos
2.2.9. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

VERSIÓN PÚBLICA

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

3.1. ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES
3.2. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)
3.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
3.2.2. Programas de Ordenamiento Ecológico en Baja California Sur
3.3. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
3.3.1. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno
3.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS
3.5. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)
3.5.1. Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027
3.5.2 Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Mulegé (2021-2024)
3.6. OTROS INSTRUMENTOS
3.6.1. Áreas de Importancia Ambiental
3.6.2. Convenio 169 de la OIT sobre pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes

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

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
4.1.1. Ubicación del predio en el contexto de la región hidrológica, cuenca y subcuenca hidrográfica
4.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA)
4.2.1. **Aspectos Abióticos**
Clima
Geología y Geomorfología
Suelos
Hidrología superficial y subterránea
4.2.2. **Aspectos bióticos**
Vegetación
Fauna
Medio socioeconómico
Paisaje
4.3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5. IDENTIFICACION, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
5.2. ACTIVIDADES Y/O ASPECTOS MÁS RELEVANTES DEL PROYECTO
5.3. FACTORES Y COMPONENTES AMBIENTALES
5.4. IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DE IMPACTOS AMBIENTALES
5.5. DESCRIPCIÓN DE LAS INTERACCIONES IDENTIFICADAS
5.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS INTERACCIONES IDENTIFICADAS
5.6.1 Análisis de los impactos ambientales identificados sobre los factores físicos y bióticos por etapa del proyecto.
5.7. EVALUACIÓN DE LAS INTERACCIONES DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADAS
5.7.1 Resultados de la evaluación de las interacciones de impactos ambientales

VERSIÓN PÚBLICA

5.7.1 Análisis de la significancia de los impactos ambientales del proyecto
5.8 IMPACTOS ACUMULATIVOS
5.9 IMPACTOS RESIDUALES
5.10 CONCLUSIONES
6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR FACTOR Y COMPONENTE AMBIENTAL
6.2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL
6.2.1. Programa Integral de Manejo de Residuos
6.2.2. Programa de monitoreo de manantiales
6.2.3. Programa de medición de los niveles de ruido emitido por fuentes fijas en el campo geotérmico
6.2.4. Programa de abandono
6.3 IMPACTOS RESIDUALES
7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS
7.1. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO
7.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL
7.3. CONCLUSIONES
8. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES
8.1.1. Anexo cartográfico
8.1.2. Listados florístico y faunístico
8.1.3 Anexo fotográfico
8.1.4 Decreto expropiatorio
8.1.5 Poder del representante Legal
8.1.6

VERSIÓN PÚBLICA

Comisión Federal de Electricidad



RESUMEN EJECUTIVO

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Modalidad Particular

Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.

VERSIÓN PÚBLICA

Comisión Federal de Electricidad

RESUMEN EJECUTIVO

Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.

1. Descripción del proyecto

El proyecto corresponde al Sector Eléctrico; las obras que lo constituyen contribuirán a la ampliación de la y operación de infraestructura geotérmica en el campo de Las Tres Vírgenes.

Las obras y actividades que integran este proyecto son las siguientes:

a) Construcción y perforación del pozo geotérmico LV-4B en la plataforma existente del pozo LV-4A.
b) Operación y mantenimiento de los pozos LV-6, LV-10 y LV-4B una vez perforado.
c) Operación del almacén, taller electromecánico y oficinas administrativas que se encuentran dentro de la plataforma donde opera U-1 de 5 MW.

En la **Tabla 1** se presenta las dimensiones de las plataformas donde se llevarán a cabo las obras del Proyecto.

Tabla 1. Dimensiones de la infraestructura del proyecto

Pozo/edificio administrativo	Dimensiones de las plataformas donde se perforará y opera la infraestructura geotérmica (m^2)	Observaciones
LV-4B	5,173.29	Se perforará en una plataforma existente. No requiere de áreas adicionales ni para la plataforma ni caminos de acceso.
LV-6	2, 173.36	Pozo construido y en operación, no requiere de infraestructura adicional.
LV-10	5,050.96	Pozo construido y en operación, no requiere de infraestructura adicional.
Edificio técnico-administrativo	149.28	Infraestructura construida y en operación.
Total, de superficie	**10,373.53**	

VERSIÓN PÚBLICA

2. Objetivos del proyecto

El objetivo del Proyecto es continuar con el suministro de vapor geotérmico a las unidades de generación y mantener la generación de energía geotérmica en el Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes, BCS., y con ello contribuir a satisfacer la demanda de energía eléctrica requerida en el sistema aislado de Santa Rosalía.

3. Ubicación física

El campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., se ubica en la parte norte del estado de Baja California Sur, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en la falda oriente del volcán denominado El Azufre. Este campo está situado sobre un complejo hidrotermal volcánico a una elevación de alrededor de los 720 msnm. Al sitio se llega partiendo por la carretera Federal No. 1 Transpeninsular, en su tramo Santa Rosalía – San Ignacio; en el km 32 de esta carretera entronca con el camino pavimentado que conduce hasta el campo geotérmico Las Tres Vírgenes administrado por la Comisión Federal de Electricidad, de aproximadamente 18 km; el campo geotérmico y el proyecto se ubican dentro del Ejido Lic. Alfredo V. Bonfil, en el municipio de Mulegé. (**Figura 1**).

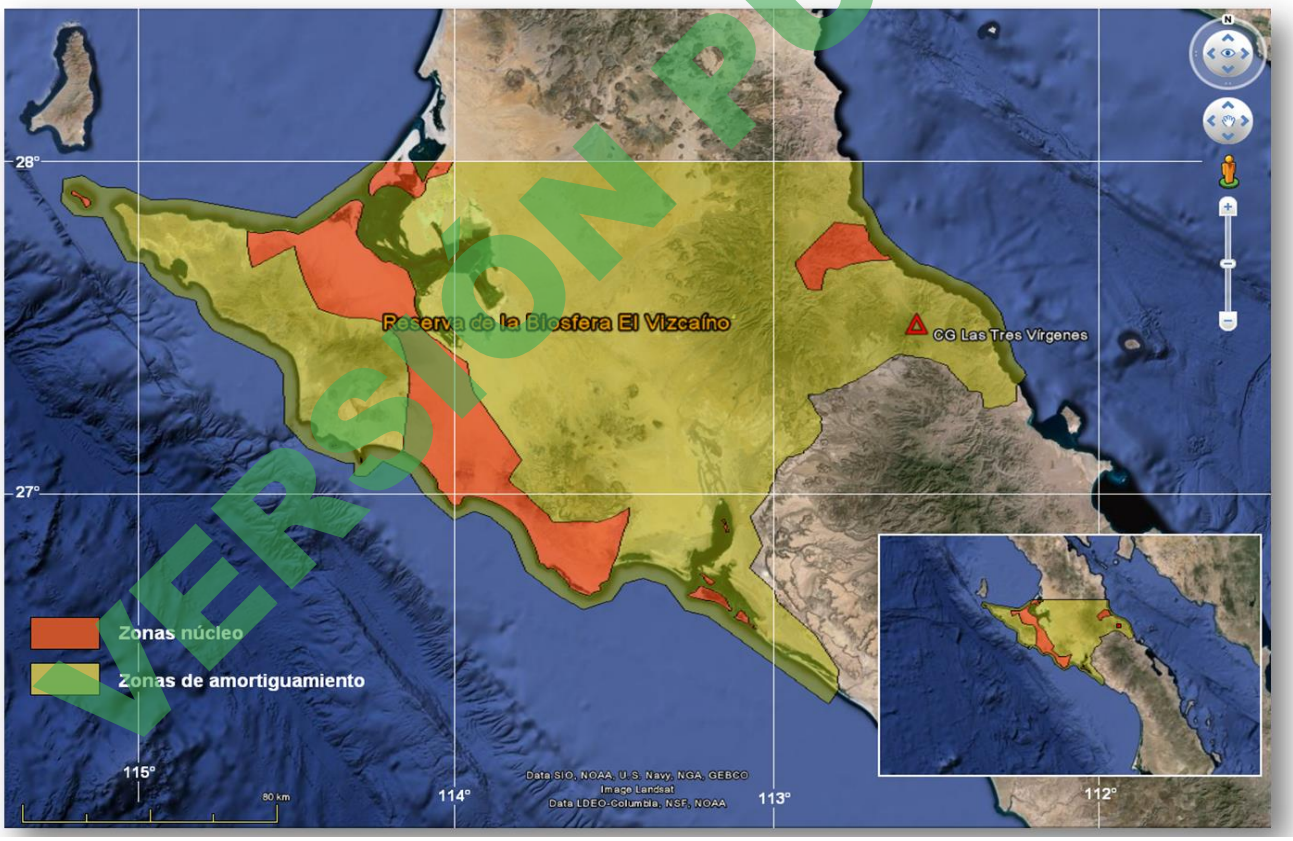


Figura 1. Localización del campo geotérmico Las Tres Vírgenes dentro de la Reserva de la Biósfera El Vizcaino.

VERSIÓN PÚBLICA

Es importante señalar que todas las obras y actividades que conforman el Proyecto se encuentran ubicadas dentro del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, cuyas coordenadas geográficas extremas son: 27° 29' 52" y 27° 32' 52" latitud norte y 112° 32' 00" y 112° 34' 00" longitud oeste.

4. Inversión requerida

Dado que el alcance del proyecto es para construcción y perforación; operación y mantenimiento de un nuevo pozo geotérmico el cual se construirá en una plataforma existente (LV-4B), así como la operación y mantenimiento de infraestructura existente de los (pozo LV-6 y LV-10), y la operación del edificio técnico-administrativo que incluye un almacén de insumos, un taller electromecánico y una oficina administrativas; en la siguiente tabla se incluye la inversión para cada etapa del proyecto:

Tabla 2. Monto de inversión requerida para el proyecto

Concepto	Costo de inversión ($)
Construcción y perforación del pozo LV-4B	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo geotérmico LV-6	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo geotérmico LV-10.	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo LV-4B	[redacted]
Operación y mantenimiento del edificio	[redacted]
Costos necesarios para aplicar medidas de prevención y mitigación	[redacted]

Fuente: Se consideró la producción de los pozos LV-6 y LV-10, así como los unitarios de referencia del CG Las Tres Vírgenes utilizados en el Caso de Negocios de la Zona Norte del campo geotérmico.

Con respecto al impacto social, conviene referir el desempeño de las centrales geotermoeléctricas de 5 MW c/u, las cuales operan desde julio de 2001, generando alrededor de 59.57 GWh anuales, equivalente a un ahorro en combustible diésel de 23 Millones de litros (el cálculo se hace considerando que esta energía desplazó en su totalidad la generación por medio de diésel), y evitar la emisión de CO_2 del orden de las 22 000 toneladas/año.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

VERSIÓN PÚBLICA

Comisión Federal de Electricidad

Programa general de trabajo:

Tabla 3. Programa general de trabajo para la construcción, perforación, operación y mantenimiento del pozo LV-4B.

| Obra o actividad | Meses | | |

Tabla 4. Programa general de trabajo para operación y mantenimiento de la infraestructura existente (LV-6, LV-10 y edificio técnico-administrativo).

Obra o actividad	Años																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	n
Operación y mantenimiento de pozos geotérmicos																					
- Operación y mantto. del LV-6 y LV-10.																					
Operación y mantenimiento del edificio técnico-administrativo																					
- Operación y mantto. del edificio.																					
Abandono del sitio																					
- Programa de abandono (**).																					→

La operación y mantenimiento de los pozos geotérmicos LV-6, LV-10, y LV-4B (una vez perforado) se llevará a cabo durante su vida útil, aproximadamente 20 años continuos. Así como el edificio técnico administrativo.

VERSIÓN PÚBLICA

5. Ordenamientos Jurídicos Federales

La Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular del "Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.", obedece al interés por parte de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la ampliación y operación de la infraestructura relacionadas con el aprovechamiento del recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica limpia y renovable en el Municipio de Mulegé, B.C.S. (Sistema eléctrico aislado Santa Rosalía).

En este sentido, las diferentes obras y/o actividades que se pretenden llevar cabo con este proyecto (construcción y perforación del pozo LV-4B (en una plataforma existente); operación y mantenimiento de los pozos LV-4B, LV-6 y LV-10, así como la operación del edificio técnico-administrativo dentro del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., en operación comercial desde julio de 2001, y en cumplimiento a la legislación ambiental vigente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) bajo los siguientes supuestos:

I. Para desarrollarse el proyecto referido se requiere tanto de autorización en materia de evaluación del impacto ambiental (EIA), cuyas obras y actividades corresponden a la Industria eléctrica (Artículo 28, **fracción II**, de la LGEEPA);

II. El campo geotérmico Las Tres Vírgenes se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S., decretada como tal en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 1988; el cual cuenta con un Programa de Manejo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de septiembre de 2000. (Artículo 28, **fracción XI**, de la LGEEPA).

Por lo anterior, se presenta la manifestación de impacto ambiental en su modalidad particular conforme a lo dispuesto en los Artículos; 30 de la LGEEPA.

6. Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio

Derivado del análisis realizado de fuentes bibliográficas y consultas llevadas a cabo tanto en las páginas web de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la SEMARNAT (http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/ordenamientos.shtml), se encontró que en el estado de Baja California Sur no se cuenta aún con un ordenamiento ecológico de su territorio. En la **Tabla 3** se presenta la lista de los ordenamientos ecológicos del territorio decretados para el estado de Baja California Sur.

Tabla 5. Ordenamientos Ecológicos del Territorio decretados para el Estado de Baja California Sur

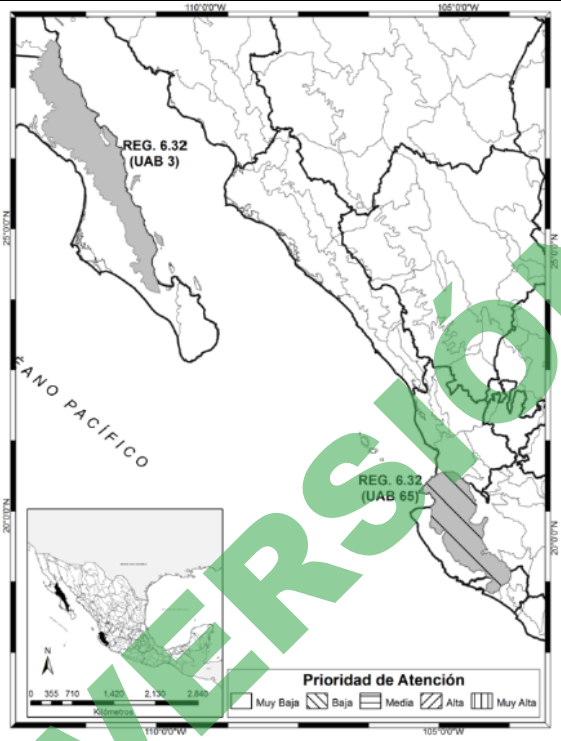
Ordenamiento	Fecha de decreto	Observaciones
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	07 de septiembre del 2012	
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.	29 de noviembre del 2006	

VERSIÓN PÚBLICA

Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Los Cabos, BCS.	31 de agosto de 1995	El proyecto no incide en los espacios territoriales de estos ordenamientos.

Respecto al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, este actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la administración pública federal, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; social y económicamente, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable. En virtud de lo antes expuesto se identificó que los predios donde se pretende construir el pozo LV-4B y donde actualmente opera la infraestructura del campo geotérmico Las Tres Vírgenes (LV-6, LV-10 y edificio técnico-administrativo) se localizan en la **Unidad Ambiental Biofísica 3 (UAB 3) denominada Sierra La Giganta.**

Tabla 6 Ficha Técnica de la Región Ecológica 6.32



REGION ECOLOGICA: 6.32
Unidades Ambientales Biofísica que la componen:

3. Sierra La Giganta; y
65. Sierras de la Costa de Jalisco y Colima

Localización:

3. Sureste de Baja California. Noreste, centro y sureste de Baja California Sur
65. Parte norte y oeste de Colima y oeste del estado de Jalisco

Superficie en km^2:	Población UAB:	Población Indígena:
3. 29,308.07 65. 16,531.15 Superficie total: 45,839.22 km^2	3. 41,532 hab. 65. 565,328 hab. Población total: 606,860 hab.	3. Sin presencia 65. Sin presencia

Estado actual del medio ambiente 2008:	3. Estable a Medianamente estable. Conflicto Sectorial Medio. Baja superficie de ANP's. Muy baja o nula degradación de los Suelos. Sin degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km^2): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 54.4. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Alto índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6 Ficha Técnica de la Región Ecológica 6.32						
	dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Media importancia de la actividad minera. Baja importancia de la actividad ganadera.					
Escenario al 2033:	3. Inestable					
Política Ambiental:	3. Protección, preservación y aprovechamiento sustentable					
Prioridad de Atención:	3. Muy baja					
UAB	**Rectores del desarrollo**	**Coadyuvantes del desarrollo**	**Asociados del desarrollo**	**Otros sectores de interés**	**Política ambiental**	**Estrategias sectoriales**
3	Preservación de Flora y Fauna	Forestal	Minería-Turismo	SCT	Protección, Preservación y Aprovechamiento sustentable	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 33, 37, 44
Estrategias UAB 3						
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio						
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 al equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotado. 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 la Comisión Nacional del Agua (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 y 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. 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista)–beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).					
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana						
C) Agua y Saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.					

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6 Ficha Técnica de la Región Ecológica 6.32	
	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	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.
E) Desarrollo Social	37. 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	
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

Del análisis realizado, se concluye que el proyecto no interfiere ni contraviene con los lineamientos y estrategias ecológicas dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y al fortalecimiento de la gestión y la coordinación, establecidas para la UAB 3 (Sierra La Giganta) del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio.

7.DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El ***Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS***., se ubica dentro del área natural protegida denominada Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, específicamente en la "***Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (ZASRN)"***, establecida así en el "Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 1988.

De acuerdo con el Programa de Manejo de esta Reserva, en la ZASRN se permite el desarrollo de actividades que consideren el **aprovechamiento sustentable de los recursos naturales** e incluso la modificación de los ecosistemas cuando técnica y legalmente sea la mejor opción para su uso, considerando las leyes y las normas que permitan la conservación y preservación de los recursos naturales y su hábitat.

En virtud de lo anterior, se identificó que para el desarrollo de cualquier obra y/o actividad que promueva cualquier ente público o privado en la REBIVI se debe dar cumplimiento a lo que establece la Componente Marco Legal, el cual contiene 109 Reglas Administrativas, las cuales fueron, concluyendo que el desarrollo del proyecto, es compatible con los objetivos, criterios y programas de aprovechamiento sustentable en términos del Decreto por el que se establece la Reserva de la Biosfera y de su Programa de Manejo.

VERSIÓN PÚBLICA

8.PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)

El municipio de Mulegé, BCS, tiene publicado un Plan de Desarrollo Urbano 2021-2027, este contempla fortalecer la gobernanza bajo los principios de una política de cero tolerancia a la corrupción, de tener un gobierno honesto, cercano a su gente, confiable, efectivo, abierto y de acceso al mismo trato y oportunidades, que incluye el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos humanos y las libertades fundamentales.

El Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 está conformado por cinco ejes generales donde se abordan temas de gran trascendencia para la sociedad.

Eje I. Bienestar e inclusión.
Eje II. Política de paz y seguridad.
Eje III. Reactivación económica y empleo incluyente.
Eje IV. Infraestructura para todos, medio ambiente y sustentabilidad.
Eje V. Transparencia y rendición de cuentas.

Así mismo, se establecieron cinco ejes transversales para lograr la transversalidad: **Igualdad de género; II. Derechos humanos; III. Protección de los derechos de niñas, niños y adolescentes; IV. Democracia participativa para la gobernanza, y V. Sustentabilidad y cambio climático**, que buscan articular acciones para contribuir a reducir problemáticas y alcanzar los objetivos definidos desde una visión integral.

El Proyecto no contraviene con los ejes establecidos en el Plan, al contrario, el continuar con el desarrollo y operación del Proyecto geotérmico suma a alcanzar las metas propuestas en el mismo.

9.BREVE DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Clima

El clima prevaleciente en el área de la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno es muy seco, la precipitación es escasa durante todo el año, ésta se puede subdividir, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García (1988), en cuatro subregiones climáticas, todas comprendidas dentro del grupo BW que agrupa a las zonas más secas o áridas, predominando el subtipo BWhs(X'), que se define como muy seco, semicálido, con temperatura media anual entre 18,0 y 22,0 °C, con régimen de lluvia intermedio, porcentaje de lluvia invernal menor de 36. (Tomado de SEMARNAP, 2000a).

El tipo climático **BWhw(x')** es el que predomina en la Microcuenca Hidrológica Forestal "**Portezuelo**", es un clima muy árido, semicálido, con una temperatura media anual que oscila entre 18° y 22°C, en lo que concierne a la temperatura del mes más frio menor de 18°C, mientras que, la temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Las lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

VERSIÓN PÚBLICA

Geología y geomorfología

El área de estudio está constituida por rocas del Cretácico Superior, que pertenece al Cinturón Batolítico de California que es un conjunto de grandes cuerpos intrusivos cuyas edades varían de 84-91 Ma. Sobreyaciendo al intrusivo se encuentra un potente paquete de rocas volcánicas llamado Formación Comondú de 26-19 Ma del Mioceno medio. A la Formación Comondú, está sobreyaciendo la Formación Santa Lucía (13-5 Ma, Mioceno superior). En discordancia angular con esas rocas volcánicas Miocénicas, se encuentran sedimentos marinos Pliocénicos que son cubiertos a la vez por productos volcánicos cuaternarios provenientes del grupo volcánico El Aguajito y Las Tres Vírgenes.

Las Rocas Cretácicas, en el área se encuentra aflorando un Granito K (Gr), a 21 Km al ESE del volcán Las Tres Vírgenes, sobre el arroyo El Yaqui con edad cretácica y constituye el basamento regional. También constituye el basamento del yacimiento geotérmico, de acuerdo con las edades de 81-84 ± 4 Ma, que se obtuvieron en una granodiorita de biotita en el pozo LV-2 a la profundidad de 1 145 y 1 248 m, en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes.

Rocas Terciarias (volcánicas). Las rocas volcánicas del área están asociadas a los centros eruptivos de La Caldera de Reforma, Sierras El Aguajito y Las Tres Vírgenes con edad Plio-Cuaternaria. En el área de estudio se distinguen dos fases volcánicas, una a partir del Mioceno Superior y la otra en el Plio-Cuaternario (Demant 1975). El evento volcánico más antiguo se originó a fines del Mioceno e inicios del Plioceno y está constituida por Andesitas Ts(A), Basaltos Ts(B), y Brecha volcánica intermedia Ts(Bvi).

Rocas Cuaternarias (volcánicas). El otro evento volcánico se originó durante el Cuaternario y está constituido por: Andesita Q(A), Basalto Q(B), Basalto-Brecha volcánica básica Q(B-Bvb), Toba ácida Q(Ta), y Toba básica Q(Tb).

Rocas Cuaternarias (sedimentarias). La secuencia sedimentaria está formada por las formaciones; El Boleo, La Gloria, Infierno y Santa Rosalía, con edades del Plioceno Inferior-Plioceno Superior. Las rocas sedimentarias están representadas regionalmente por: Arenisca-toba ácida Q(ar-Ta), Conglomerado Q(cg), Arenisca-conglomerado Q(ar-cg), Arenisca Tpl(ar), Arenisca-Yeso Tpl(ar-y), y Limolita-Arenisca Tpl(lm-ar).

Por último, se tienen los materiales no consolidados, generados por los agentes del intemperismo y la erosión, que constituyen los valles y planicies que bordean las prominencias topográficas de la zona, constituidos por Aluvial Q(al).

VERSIÓN PÚBLICA

Geomorfología

La geomorfología de la microcuenca Portezuelo, es el resultado de eventos tectónicos, volcánicos y erosivos ocurridos desde mediados del Mioceno hasta el Holoceno. Se definen cuatro sierras principales si se incluye al complejo de Las Tres Vírgenes, que fisiográficamente constituye también una sierra, pero que geomorfológicamente es una pequeña cadena volcánica en el área.

Topografía.

En la Microcuenca Portezuelo encontramos una gran variedad de paisajes, en los que se observa una estrecha relación entre la topografía, el clima, el suelo y la vegetación. La topografía está representada principalmente por una extensa planicie con pendientes suaves que van desde los 0° hasta los 15° de inclinación, limitadas en el extremo norte por las laderas de los volcanes Las Tres Vírgenes, El Azufre y El Viejo, donde las pendientes oscilan entre los 25 – 45°. Finalmente, en las calderas volcánicas se pueden observar pendientes entre 45-65°, estos terrenos se clasifican como fuertemente inclinados.

Suelos

Tipos de suelo y distribución.

Los tipos de suelo dominantes en la Microcuenca Hidrológica Forestal “Portezuelo” son: los litosoles, denominados actualmente en las zonas montañosas, los regosoles que se localizan en las llanuras y los leptosoles que se distribuyen principalmente en las laderas de las elevaciones montañosas de la Microcuenca. Los fluvisoles, yermosoles y solonchaks, todos ellos localizados en el valle de la Microcuenca.

Hidrología

La Microcuenca se encuentra dentro de la Región Hidrologica RH-05 Baja California Centro-Este, los escurrimientos de las cuencas de la RH-05 drenan hacia el Golfo de California y se limitan a la vertiente oriental de la unidad geomorfológica de sierras altas, por lo que sus cuencas y subcuencas son de menor amplitud y extensión.

Los escurrimientos son poco significativos debido a la escasa precipitación, la cual, en la región varia de 300 mm en las sierras, y disminuye a 50 mm conforme se deciende hacia la costa (INEGI,1996).

Hidrología Subterránea

Los acuíferos que pertenecen a las unidades geohidrológicas de la biosfera del Vizcaíno están incluidos en secuencias granulares no consolidadas cuyas edades van del Terciario al Reciente. La permeabilidad de estos depósitos varía de alta a media y los acuíferos manifiestan un comportamiento geohidrológico de tipo

VERSIÓN PÚBLICA

libre, aunque por las características estructurales de la región, existen depósitos de tipo confinado y semiconfinado. El manantialismo se presenta en zonas de montaña, en formaciones rocosas donde la permeabilidad secundaria permite la filtración del agua precipitada, que posteriormente es liberada en volumen muy poco significativos de manera gradual hacia zonas topográficas bajas, en donde constituye un aliciente importante en aquellas comunidades que no cuentan con obras hidráulicas.

Acuífero somero

Son del tipo libre y confinado. Hacia la subcuenca el Yaqui y San Alberto son confinados y se transforman a libres cuando no están cubiertos por capas de Ignimbritas y cuando afloran como manantiales. En la cuenca de San Ignacio es libre, ya que no hay una capa sello o impermeable que las cubra. En el campo geotérmico el acuífero es semiconfinado. En general en esta zona se le encuentra a una profundidad de 36 a 100 metros en promedio. La zona acuífera en el Yaqui, San Alberto y San Ignacio está restringida a zonas sobre los cauces de los arroyos principales, a zonas donde existen rocas con buena permeabilidad primaria y secundaria, y en contacto con material granular aluvial potente. La geometría de la zona acuífera somera es irregular debido a las variaciones de permeabilidad de las rocas donde se alojan (Formación Santa Lucía - Aluvión), probablemente los acuíferos se presentan ocasionalmente como lentes aislados.

Vegetación

El área de estudio de este proyecto forma parte del Desierto Sonorense (Shreve y Wiggins, 1964). A esta zona, Nelson (1922) la llamó Desierto del Vizcaíno por su cercanía con la bahía del mismo nombre. De acuerdo con Rzedowski (1988), el área de estudio se ubica en la provincia fisiográfica del Sistema Montañoso de Baja California y, con base en la propuesta de clasificación fitogeográfica de la Península de Baja California –apoyada tanto en datos bibliográficos como en la experiencia-, la flora y la vegetación del territorio del Vizcaíno presentan condiciones ambientales muy particulares, lo cual se refleja en el predominio de las comunidades vegetales y formas biológicas muy características (Bravo-Hollis, 1978). La vegetación corresponde al matorral xerófilo (Rzedowski, 1988), representado por diferentes comunidades clasificadas de acuerdo con las adaptaciones al ambiente adverso en el que habitan.

De acuerdo con León De La Luz *et al.* (1992), se han reconocido tres distintos tipos de variantes del matorral xerófilo o comunidades vegetales, que de acuerdo con sus rasgos particulares se reconocen como: *matorral sarcocaule, matorral sarcocrasicaule y matorral desértico micrófilo*. Son notables los diferentes tipos de plantas suculentas, los de hojas arrosetadas o concentradas hacia los extremos de los tallos, los de plantas áfilas, los tipos gregarios y coloniales, los provistos de tomentos blancos, etc. La microfilia, la pérdida de hojas durante la época desfavorable y la presencia de espinas son caracteres comunes. A grandes rasgos, la flora vascular de la zona de estudio se desarrolla dentro de tres topoformas (León De La Luz *et al.,* 1995):

1) Las serranías que corresponden al complejo Las Tres Vírgenes al oeste, cuyo volcán es el de mayor altitud de la zona; la sierra de El Aguajito; la caldera La Reforma y la sierra Santa Lucía.
2) Los pies de montes de dichas serranías, dominados por diferentes especies de cactus y leguminosas arbustivas; y

VERSIÓN PÚBLICA

3) La planicie central o valle, dominado por matorrales de baja estatura.

Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas de México adquieren según el predominio de las formas biológicas que están en su composición, rasgos particulares determinados por las condiciones ambientales en que crecen, tales como la aridez, temperatura, tipos de suelos y variaciones topográficas. De acuerdo con (León De La Luz, J. et al., 2000) la superficie de la microcuenca hidrológica forestal "El Portezuelo" delimitada como área de estudio del proyecto, representa un claro ejemplo de las combinaciones de estas condiciones ambientales, las cuales han originado cuatro tipos de vegetación que corresponden a:

1) Matorral sarcocaule
2) Matorral sarcocrasicaule
3) Matorral desértico micrófilo y
4) Vegetación halófila xerófila.

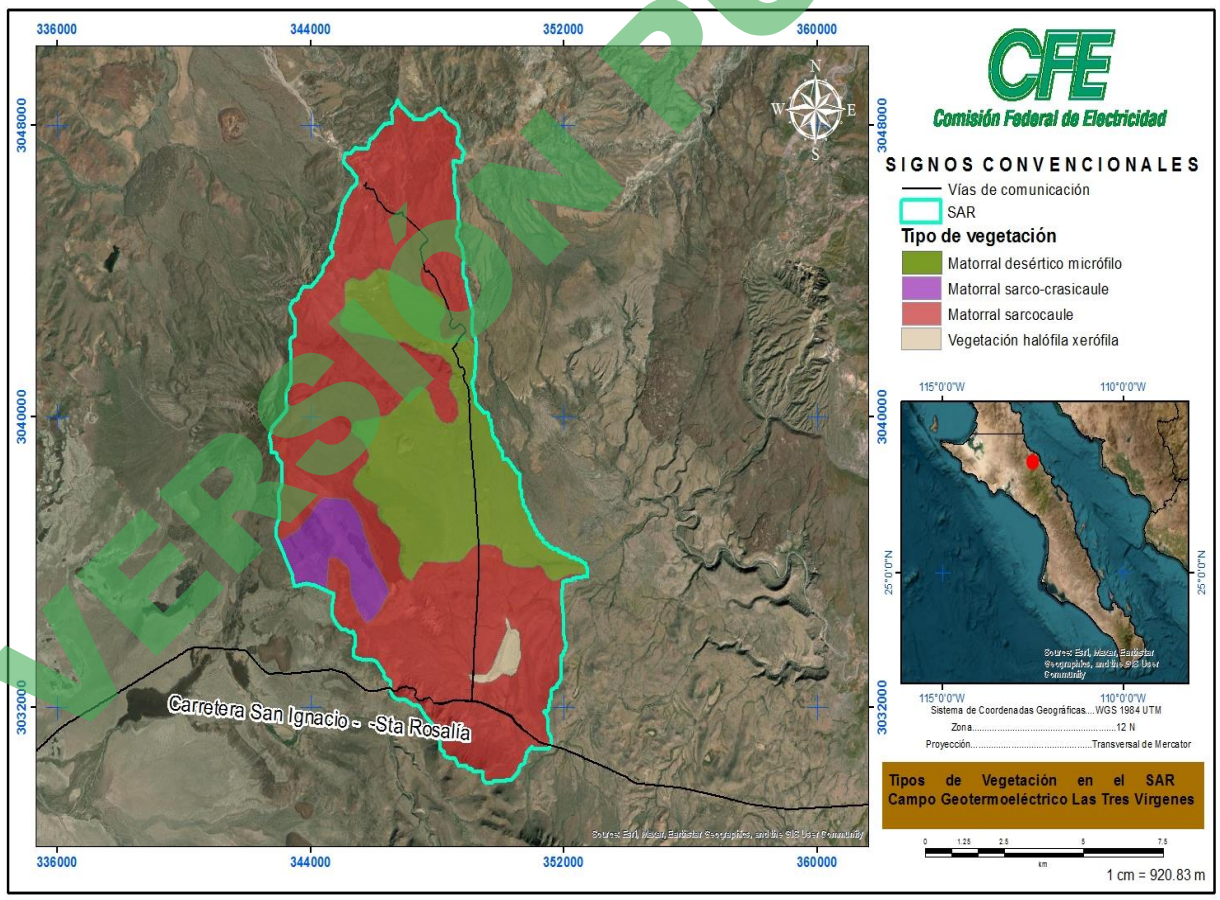


Figura 4. Distribución de los tipos de vegetación en la microcuenca.

VERSIÓN PÚBLICA

1) Matorral sarcocaule

Este tipo de vegetación se distribuye en la mayor parte del SA, ocupa alrededor de **6,710.69 ha** aproximadamente el **66.50 %** de la superficie; se desarrolla sobre suelos rocosos y pedregosos de origen volcánico. Esta asociación se caracteriza por la dominancia fisonómica de árboles y arbustos de tallo grueso, de crecimiento tortuoso, semi suculentos, de madera blanda y con algunas especies que poseen corteza papirácea y exfoliante.

Aunque los tallos crasos y craso-columnares son también evidentes y llegan a ser en algunos sitios cuantitativamente importantes dentro de la comunidad dadas las condiciones ecológicas, las actividades pecuarias en el SA son limitadas, es importante mencionar que no hay actividad agrícola.

2) Matorral sarcocrasicaule

Esta comunidad vegetal tiene un gran número de formas de vida o biotipos. Se desarrolla principalmente en la parte central de Baja California sobre terrenos ondulados graníticos y coluviones. En el SA se distribuye de manera irregular, principalmente en los pequeños valles centrales, ocupando 579.20 ha es decir el 5.74 % de la superficie. Este tipo de comunidad es una variación del matorral sarcocaule, el cual se caracteriza por la dominancia de un estrato arbóreo cuyas especies componentes poseen tallos crasos y craso columnares, principalmente de especies cactáceas (de 5 hasta 19 m de altura) y de matorral crasicaule (tallos suculentos-jugosos).

Las especies más conspicuas de este matorral en el SA son: Pachycereus pringlei (cardón), Fouquieria diguetii (palo adán) y Cercidium microphyllum (palo verde), en el estrato arbóreo. Con relación al estrato arbustivo, los elementos más representativos son: Opuntia cholla (cholla), Cylindropuntia bigelovii (ciribe), Stenocereus gummosus (pitaya agria), Lophocereus schottii (garambullo), Ferocactus herrerae (biznaga), Cylindropuntia molesta y Stenocereus thurberi (pitaya dulce).

3) Matorral desértico micrófilo

Este tipo de vegetación ocupa alrededor del 26.70% de la superficie del SA y es equivalente a 2,694.96 ha. En cuanto a su estructura vertical, es la comunidad vegetal más simple, ya que está constituida básicamente por un sólo estrato (el arbustivo), que difícilmente rebasa los 2 m de altura. No obstante, se encuentran algunas especies de porte arbóreo entre las que podemos mencionar: Bursera microphylla, Olneya tesota, Pithecellobium confine, Bursera hindsiana, etc. Otras especies identificadas en el estrato arbustivo son: Encelia farinosa, Krameria gragyi, Larrea tridentata, Jatropha cinerea, Opuntia tesajo y Cilindropuntia molesta entre otras. Por otra parte, en el apartado de las cactáceas encontramos especies como: Stenocereus gummosus, Pachycereus pringlei, Lophocereus schottii, Cylindropuntia cholla, Mammillaria dioica, Echinocereus brandegeei.

La mayoría de las especies que componen el matorral desértico micrófilo, presentan una reducida superficie foliar; es decir, las especies presentan hojas o foliolos de tamaño pequeño; corresponde a

VERSIÓN PÚBLICA

arbustos cuyos dominantes fisonómicos carecen de espinas (carácter inerme). La comunidad se desarrolla predominantemente en superficies aluviales, así como en depresiones y laderas. La mayor parte de sus componentes son caducifolios, es la comunidad vegetal con menor número de especies, respecto a los otros tipos de vegetación identificados en el SA.

4) Vegetación halófila xerófila.

En la zona de menor altitud del SA se identificaron comunidades denominadas Vegetación halófila xerófila, misma que ocupa alrededor de 105.57 ha. Es decir, el 1.04 % de la superficie total; la vegetación halófila se caracteriza por conjuntar especies con una tolerancia relativamente alta a la salinidad. Sin embargo, esta última se identifica por su composición principalmente de especies herbáceas entre las que podemos mencionar: Cynodon dactylon, Cenchrus ciliaris, Bidens pilosa, Boerhavia erecta y Asclepias lemonii.

En general, el estado de conservación de las comunidades vegetales identificadas dentro del SA se considera bueno. Se observa una baja afectación de forma puntual y de poca extensión principalmente hacia el estrato herbáceo debido al pastoreo selectivo del ganado.

Fauna

El área de estudio se encuentra situada al sureste de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno en el distrito faunístico denominado Desierto del Vizcaíno, el cual representa un importante centro de diferenciación biológica, debido a su ubicación al localizarse en la parte media de la península, así como a su gran extensión que abarca de la costa del pacífico a la del Mar de Cortés (Gallina et. al, 1991[1]). La zona alberga una importante biodiversidad de fauna sobre todo en los grupos de avifauna y herpetofauna.

Durante las campañas para el monitoreo de fauna que se llevaron a cabo en la microcuenca portezuelo se han encontrado registros significativos de fauna silvestre que pueden ser útiles no solo para la planificación de proyectos de infraestructura, sino también para ampliar el conocimiento sobre muchas de las especies que habitan en la península de Baja California. Esto puede ayudar a comprender la dinámica de las poblaciones en lugares tan remotos como este y sentar precedentes sobre la importancia de los monitoreos amplios en la zona.

Respecto a la herpetofauna, las especies registradas representan el 39% del total de especies reportadas para la toda la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (INE-SEMARNAP, 2000; CFE, 2010; Cortés-Calva et al., 2014[2]). Mediante la curva de acumulación y los estimadores Chao 1, ACE y Chao

[1] Galina, Patricia, Sergio Álvarez S., R. González y Sonia Gallina .1991. Aspectos generales sobre la fauna de vertebrados, en Alfredo Ortega y Laura Arriaga (eds.), *La reserva de la bios-fera El Vizcaíno en la península de Baja California,* México, Cibnor, S.C., 242 p.

[2] Cortés-Calva, P., A. Ortega-Rubio, C. L. Jiménez-Sierra, A. Gatica-Colima y I. González-López. 2014. El conocimiento de la fauna del Desierto de Vizcaíno: una herramienta de conservación. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 60, 85-91.

VERSIÓN PÚBLICA

2, podemos determinar que se realizó un muestreo completo con un total de 19 especies. Con base en el índice de Shannon se considera una riqueza de nivel medio. Del total de especies registradas 5 presentaron mayor abundancia, por lo que impactan como posibles especies dominantes e influye en el índice de Shannon (Moreno, 2001[3]). Estas especies son: la Cachora Arenera (*Callosaurus draconoides*), la Cachora Arbolera Cola Negra (*Urosaurus nigricaudus*), la Lagartija Costado Manchado Común (*Uta stansburiana*), el Huico de Garganta Naranja (*Aspidoscelis hyperythrus*) y la Iguana del Desierto (*Dipsosaurus dorsalis*).

De acuerdo con Grismer (2002[4]) los anfibios son especies susceptibles a la cantidad y calidad del agua del ambiente. Aunado a lo anterior, el hecho de que el área de influencia del campo geotérmico Las Tres Vírgenes sea un sitio con gran intermitencia respecto a la escasez hídrica y elevadas temperaturas, explica la baja riqueza de anfibios registrada: únicamente 2 de las 4 especies reportadas en estudios previos en la región (INE-SEMARNAP 2000; CFE 2010).

El inventario de aves llevado a cabo representa, aproximadamente el 40% de la avifauna reportada para la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (Everett y Anderson, 199; Massey y Palacios, 1994; Ortega y Castellanos 1995; INE-SEMARNAP, 2000; Castellanos 2002[5]; Cortés-Calva et al., 2014). Los resultados obtenidos en la curva de acumulación y, específicamente, en el estimador Chao 2 sugieren un mayor esfuerzo de muestreo con el fin de aumentar la probabilidad de detección de especies.

El valor obtenido por el índice de Shannon (3.33) indica una diversidad alta de aves; sin embargo, este índice es susceptible a las especies más abundantes, como es el caso de la Paloma Alas Blancas (Zenaida asiatica) que representó el 18 % de los registros, dejando muy por detrás a las demás especies abundantes con un rango de abundancia relativa de 7.28 % a 4.45 %. De las 74 especies registradas 7 fueron las más abundantes: la Paloma Alas Blancas (Zenaida asiatica), la Matraca del Desierto (Campylorhynchus brunneicapillus), el Pinzón Mexicano (Haemorhous mexicanus), el Colibrí Cabeza Violeta (Calypte costae), la Perlita Azul Gris (Polioptila caerulea), el Baloncillo (Auriparus flaviceps) y el Papamoscas Gris (Myiarchus cinerascens) constituyendo el 50% de los registros obtenidos.

La mastofauna terrestre no voladora estuvo compuesta por 19 especies. La curva de acumulación generada expresa que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para poder registrar significativamente las especies de mamíferos terrestres no voladores que componen la riqueza del sitio. El valor que se obtuvo mediante el cálculo del índice de Shannon (2.45) indica que el sitio alberga una diversidad media. Las especies más abundantes fueron: los Ratones de Abazones de Baja California (Chaetodipus spinatus y Chaetodipus *rudinoris*), el Ratón de Abazones Arenero (*Chaetodipus arenarius*) y el Juancito (*Ammospermophilus leucurus*).

VERSIÓN PÚBLICA

[3] Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

[4] Grismer, L.L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California. EE UU: University of California Press, pp. 1-399.

[5] Castellanos, A. L. 2002. Manejo y Conservación de la Reserva de la Biosfera EL Vizcaíno y de la Avifauna acuática residente de las lagunas ojo de Liebre-Guerrero Negro, B.C.S. Identificación de estrategias. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Referente al grupo de mamíferos terrestres voladores (murciélagos) se reportaron 16 especies, lo cual coincide con un estudio anterior que reporta la abundancia del orden de los roedores y de los murciélagos para la región (Alvares et al., 2008[6]).

De acuerdo con el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en el 2000 se estimaron 69 especies de mamíferos terrestres. Esto representa el 28 % de las especies registradas en este estudio, al incluir las 16 especies de murciélagos se representa el 50 % de la riqueza de la región (INE-SEMARNAP 2000; CFE, 2010). Otros estudios más cercanos al área de estudio reportaron un número similar o incluso más bajo en la riqueza de especies de mamíferos terrestres (CFE-CIBNOR, 2011; INECOL 2012).

Respecto al estado de protección a nivel nacional de las especies registradas, se logró el registro de 7 especies de reptiles, 2 de aves y solo 1 mamífero listados en la NOM-059 (SEMARNAT, 2019; Arnaud, 2020[7]). A nivel internacional, es decir listadas por IUCN y CITES, se registraron 2 especies de reptiles, 11 de aves y solo 1 mamífero. La mayor amenaza que se reporta es la extracción de los individuos de su hábitat para el comercio ilegal (UNEP-WCMC, 2022).

Es importante mencionar que la Lista Roja de la IUCN y los apéndices de la CITES son listados internacionales, esto significa que sus evaluaciones poblacionales de cada especie responden, salvo en el caso de los endemismos, a un enfoque mundial. Por esta razón el estado de protección de una especie a nivel nacional no necesariamente coincide con su estatus internacional. Atendiendo a lo anterior es que se considera dar una mayor ponderación a las categorías de la NOM-059 (Gardenfors, 2001[8]; García Aguilar et al., 2017[9]).

Estos resultados reflejan un ecosistema con una amplia variedad de especies y una distribución uniforme en su abundancia, esta alta diversidad sugiere estabilidad y resistencia a perturbaciones.

A nivel nacional, la principal amenaza para la fauna es la escasa consciencia ambiental, que se traduce en disminución / destrucción del hábitat, comercio ilegal con fines de ornato, introducción de organismos exóticos, sobreexplotación de especies por cacería, pesquería, agricultura y/o ganadería. Estas amenazas forzan a las especies, en el mejor de los casos, a modificar su comportamiento natural con el fin de estabilizar sus poblaciones.

En caso de no adaptarse, muchas especies optan por abandonar su hábitat para colonizar nuevos ambientes. Es aquí donde puede ocurrir la interacción con poblaciones humanas, lo cual representa una

VERSIÓN PÚBLICA

[6] Álvarez C.S., E. Rios., P. Cortés., N. González y C. Suárez. 2008. Mamíferos de las reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaíno. CONABIO. México D.F. Edit. Alternativa periodística, S.A de C.V. 352 pp.
[7] Arnaud G., 2020. Estrategias de conservación de los vertebrados de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Recursos Naturales y Sociedad. Vol. 6 (2).
[8] Gärdenfors, U. 2001. Classifying threatened species at national versus global levels. Trends in Ecology and Evolution, 16, 511-516
[9] García-Aguilar, M. C., J. Luevano-Esparza y H. De la Cueva. 2017. La Fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están? Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 33(2) 188-198.

situación de vulnerabilidad significativa para las aves (CONABIO 1998[10]; Mendoza-Sánchez y Marcos-Palomares, 2016[11]).

El hecho de que el Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes se localice dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno puede ser la explicación de que los inventarios faunísticos obtenidos en el presente estudio muestren mayor riqueza respecto de los presentados en otros años. La Reserva cuenta con un programa de Manejo que ha permitido resguardar y vigilar tanto fauna como flora nativa disminuyendo la extracción ilegal de especies.

10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ÁREA de estudio es la de un ecosistema saludable, en donde se mantiene el flujo de las interacciones entre los componentes abióticos y bióticos, lo que permite el sano funcionamiento del mismo.

Si bien existen en la zona algunas pequeñas poblaciones, la casi nula disponibilidad de recursos hídricos es la principal limitante para el desarrollo de establecimientos humanos de mayor tamaño, y como consecuencia, el desarrollo de actividades primarias (agricultura, ganadería, etc.) a gran escala.

Las principales actividades de interacción entre las poblaciones y el medio ambiente que se desarrollan en la zona, son el pastoreo extensivo a baja escala y las actividades cinegéticas de la Unidad de Manejo Ambiental N.C.P.E. Alfredo V. Bonfil (Registro: DFYFS-CR-EX- 0439-BCS). Dentro del área de estudio, no se encuentra actividades primarias de alto impacto como la minería.

La política de conservación que tiene como principio la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (ReBiVi), está enfocada en el desarrollo sustentable, orientándose entonces en las acciones de conservación y gestión ambiental, así como la zonificación y aprovechamiento de los recursos naturales; este esquema técnico administrativo busca ofrecer a las diferentes comunidades y sectores productivos, alternativas de desarrollo económico, de capacitación y organización para que lleven a cabo un mejor manejo y conservación de sus propios recursos; igualmente se busca incidir en la facilitación y gestión de los diferentes niveles de ordenamiento como lo son: evaluación y monitoreo eficiente de los recursos naturales, vigilancia y justicia expedita, administración congruente y eficaz, aplicación de tecnologías adecuadas y no impactantes, búsqueda de mercados justos para productores y la protección de la biodiversidad a través del aprovechamiento sustentable de especies claves, y la recuperación de especies amenazadas y en peligro de extinción (en Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, INE, 2000).

Por último, es importante mencionar que el Proyecto no contraviene con dicha política, por el contrario, es ejemplo de la aplicación de tecnologías adecuadas y no impactantes para la generación de energía eléctrica,

[10] CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

[11] Mendoza-Sánchez J. F. y O. A. Marcos-Palomares. 2016. Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras de México. Secretaria de Comunicaciones y Transporte-Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica no. 454.

VERSIÓN PÚBLICA

aprovechando los recursos naturales de manera responsable y sustentable, asimismo las acciones que ha llevado a cabo la CFE de rescate y preservación de especies amenazadas contribuyen al cumplimiento de los lineamientos del Programa de Manejo de la ReBiVi.

11. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para realizar la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales que se provocarán por las diferentes obras y actividades del proyecto, se utilizó la metodología de Bojórquez-Tapia (1989).

Como resultado de la aplicación de esta metodología, la cual se explica detalladamente en el Capítulo V de la MIA, se identificaron **58** interacciones de impacto ambiental, de las cuales **39** son interacciones negativas, **19** interacciones positivas.

En la tabla siguiente se presenta una síntesis de las interacciones identificadas por etapas del proyecto y por factores ambientales.

Tabla .7 Interacciones identificadas entre factores y etapas del proyecto.

ETAPA / FACTOR	Construcción y perforación	Operación y mantenimiento	Abandono del sitio	Totales
Aire	10	7	5	22
Suelo	2	5	--	7
Vegetación	--	--	1	1
Fauna	4	--	1	4 + 1
Paisaje	4	2	4	6 + 4
Socioeconómico	5	5	3	13
Totales	20 + 5	14 + 5	5 + 9	58

- En la etapa de Construcción y perforación son 25 interacciones: 20 negativas y cinco positivas.
- 19 interacciones durante la etapa de Operación y mantenimiento: 14 negativas y cinco
- positivas.
- En la etapa de Abandono del sitio son 14 interacciones: cinco negativas y nueve positivas.
- En el factor Aire son 22 negativas.
- En el factor Suelo incidirían siete negativas.
- Para la Vegetación es una interacción positiva.
- En el factor Fauna son cuatro negativas y una positiva.
- Para el factor Paisaje son seis negativas y cuatro positivas.
- Y para el Socioeconómico son 13 positivas.

En términos generales se puede observar que la evaluación de los impactos ambientales identificados por la realización del proyecto serán en su conjunto, no significativos (NS) y poco significativos (PS), tomando

VERSIÓN PÚBLICA

en cuenta la infraestructura existente en este campo geotérmico, y las medidas de prevención y mitigación implementadas por la CFE desde que se inició el desarrollo del campo, con la finalidad de contrarrestar los impactos ambientales originados en las diversas etapas de desarrollo para la explotación del recurso, aunado a la experiencia adquirida en otros campos geotérmicos del país.

Cabe mencionar que, el impacto ocasionado al componente ambiental calidad del aire con las actividades que tiene interacción resultó ser no significativo, debido a que la afectación por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión será mínima, porque se dará mantenimiento preventivo (que consiste en los servicios y revisión mecánica de acuerdo con el kilometraje) a la maquinaria y vehículos automotores que serán utilizados.

Además, se continuará con las labores de monitoreo del ambiente (mediciones de H2S y ruido, y monitoreo de la calidad del agua superficial) para aplicar las medidas necesarias de corrección, mitigación y/o compensación a los impactos ambientales identificados, estas medidas serán aplicadas por parte del personal especializado de protección ambiental con el que cuenta el campo geotérmico.

12. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN PROPUESTAS

Para mitigar los impactos potenciales que pueden presentarse por el desarrollo del *Proyecto*, se han formulado una serie de medidas preventivas[12] y/o de mitigación[13], que se presentan agrupadas de acuerdo con la etapa en que se llevarían a cabo. De esta manera, cada una de las medidas vertidas en el presente apartado tiene como propósito prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales que se presentarían por la ejecución de las diferentes obras y/o actividades inherentes al proyecto.

Para lo anterior, se proponen los siguientes programas, los cuales se detallan en el Capítulo 6 de la MIA:

1. Programa de manejo de residuos: sólidos urbanos y de manejo especial, peligrosos
2. Programa de monitoreo de manantiales
3. Programa de medición de los niveles de ruido emitido por fuentes fijas en el campo geotérmico
4. Programa de abandono

VERSIÓN PÚBLICA

[12] **Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente. Artículo 3 del RLGEEPA, fracción XIII.

[13] **Medidas de mitigación:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas. Artículo 3 del RLGEEPA, fracción. XIV.

13. CONCLUSIONES

En términos generales, como resultado de la evaluación de los impactos ambientales identificados por la realización del Proyecto serán en su conjunto, poco significativos, tomando en cuenta la infraestructura ya existente en este campo geotérmico y las medidas de prevención y mitigación implementadas por la CFE desde que se inició el desarrollo de este campo geotérmico, con la finalidad de contrarrestar los impactos ambientales originados en las diversas etapas de desarrollo para la explotación del recurso, aunado a la experiencia adquirida en otros campos geotérmicos del país.

Por otra parte, la experiencia adquirida por la CFE en la exploración y explotación del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, ha demostrado que este tipo de generación eléctrica es factible y confiable, con un bajo impacto ambiental, por lo cual, el proyecto presenta una gran relevancia, dado el impulso que se le da a la explotación de los recursos naturales del subsuelo de manera sustentable, que implica la sustitución de energía generada con base en combustibles fósiles por energía geotérmica, con la consiguiente reducción de grandes volúmenes de gases de combustión como CO_2, NO_X, SO_X y partículas suspendidas emitidas a la atmósfera, así como reducciones en volúmenes de agua de repuesto a los ciclos de vapor y de enfriamiento, descarga superficial de aguas residuales y en la generación de residuos peligrosos, inherentes a las centrales termoeléctricas convencionales que utilizan hidrocarburos.

Ambientalmente, se considera que las afectaciones más importantes por la ejecución del proyecto, no generaran cambios significativos en las relaciones de los componentes del sistema ambiental ni tampoco del área de influencia delimitadas. De acuerdo con la evaluación realizada, se considera que las obras y actividades del proyecto no ocasionará impactos ambientales relevantes, que pudieran alterar su calidad ambiental, lo que se debe en parte a las características propias del proyecto, a la experiencia de CFE en la mitigación de impactos propios de la generación geotermoeléctrica y a la naturaleza del sitio en que será construido.

La mayor parte de las medidas de prevención y/o mitigación que se plantean, son la continuación de las actividades de prevención y/o mitigación, que se han estado realizando desde hace varios años, y que continúan con la finalidad de cumplir con lo establecido en las autorizaciones en materia de impacto ambiental emitidas para el proyecto Las Tres Vírgenes, 3ra. Aunque en el presente documento no se detectaron impactos ambientales catalogados como significativos, es importante que se continúe el programa de vigilancia ambiental propuesto, a fin de cumplir con las medidas de control, prevención y mitigación que se describen en el capítulo 6 de este documento.

Desde una perspectiva socioeconómica la construcción, operación y mantenimiento del proyecto presentará beneficios por la creación de empleos tanto directos como indirectos, éstos últimos por los servicios que ofrecen las comunidades cercanas, provocando una derrama económica local importante.

Por último, desde el punto de vista social, el impacto ambiental del proyecto se considera benéfico, debido a que el sistema eléctrico Santa Rosalía es un sistema aislado, y que los tipos de generación eléctrica actual

VERSIÓN PÚBLICA

son, además de la generación geotermoeléctrica y fotovoltaica, la generación a partir de diésel mediante la operación de plantas diesel y turbojet.

VERSIÓN PÚBLICA

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

1.1. PROYECTO

En el **Anexo 1.1** se encuentra el plano del proyecto.

1.1.1. Nombre del proyecto

Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.

1.1.2. Ubicación del proyecto

El sitio del proyecto se ubica a unos 34 kilómetros al noroeste de la localidad de Santa Rosalía, Municipio de Mulegé, BCS, dentro del Área de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en el Ejido Lic. Alfredo V. Bonfil. Su principal vía de acceso es por la carretera Federal No. 1 Transpeninsular, en su tramo Santa Rosalía–San Ignacio, la cual entronca con el camino pavimentado de unos 16.9 km de longitud, que conduce hasta al Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes actualmente en operación comercial.

1.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

El proyecto consiste en la perforación de un pozo geotérmico denominado LV-4B, el cual se pretende perforar en la plataforma existente del pozo LV-4. Asimismo, incluye la operación de los pozos LV-6 y LV-10 (actualmente operando); y la continuación de la operación del edificio construido, destinado a un almacén electromecánico, un taller y oficinas administrativas para la operación de la Central Geotermoeléctrica Las Tres Vírgenes.

En términos generales, la duración de la perforación del pozo LV-4B una vez licitada y asignada la obra (pozo geotérmico), la construcción y perforación del pozo es de alrededor de 5 meses; y la operación de este de 20 años aproximadamente, dependiendo de las características de fluido geotérmico y mantenimiento que éste requiera. Ahora bien, para la operación de los pozos existentes LV-6 y LV-10, sería de 20 años; y 25 años para la operación del edificio destinado a un almacén electromecánico, taller y oficinas administrativas de la Central Geotermoeléctrica Las Tres Vírgenes.

1.1.4. Presentación de la documentación legal

En el **Anexo 1.2** se encuentra la documentación legal de los predios donde se encuentra el proyecto.

1.2. PROMOVENTE

1.2.1. Nombre o razón social

VERSIÓN PÚBLICA

Comisión Federal de Electricidad (CFE)
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

CFE370814QI0

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal

Lic. Sergio Felipe Luna Rosales
Representante legal

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

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Calle Alejandro Volta No. 655
Colonia Electricistas
CP. 58290, Morelia, Michoacán de Ocampo
Teléfono: 5552294400, Ext. 91113
Correo electrónico: sergio.luna@cfe.mx

1.3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.3.1. Nombre o Razón social

Comisión Federal de Electricidad
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP

CFE370814QI0

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio

Ing. Rubí González González
RFC: [redacted]
CURP: [redacted]
Número de Cédula Profesional: [redacted]

En la presente foja se testaron datos personales de persona física, por tratarse de información confidencial, como lo establece el Artículo 113 fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

1.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Calle Alejandro Volta No. 655
Colonia Electricistas
CP. 58290, Morelia, Michoacán de Ocampo
Teléfono: 5552294400, Ext. 91184 Correo electrónico: rubi.gonzalez@cfe.mx

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Antecedentes del campo geotérmico (infraestructura existente)

[redacted]

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

[redacted]

Evidencia fotográfica del estado actual de la infraestructura construida y en operación del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS.



Figura 2.1. Situación actual del pozo geotérmico LV-6 y su infraestructura.

RSIÓN PÚBLICA



Figura 2.2. Situación actual del pozo geotérmico LV-10 y su infraestructura.

RSIÓN PÚBLICA



RSIÓN PÚBLICA

Figura 2.3. Situación actual de la plataforma donde se pretende construir el pozo LV-4B y su infraestructura.

2.1.1. Naturaleza del proyecto

El ***proyecto construcción y perforación; operación y mantenimiento de infraestructura geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS***, corresponde al Sector Eléctrico; y está dividido en dos partes una de ellas sería la construcción y perforación del pozo LV-4B, dicho pozo se pretende construir en la plataforma existente del pozo LV-4 y LV-4A, este pozo contribuirá a la ampliación de la infraestructura geotérmica en el campo de Las Tres Vírgenes, BCS, para mantener el suministro de vapor geotérmico a las unidades 1 y 2 de 5 MW cada una, instaladas en este campo y que actualmente se encuentran en operación comercial; asimismo, la operación y mantenimiento de los pozos existentes LV-6 y LV-10 que actualmente suministran vapor geotérmico a las unidades generadoras; así como en su momento y una vez perforado el pozo LV-4B se incluiría en esta etapa de operación y mantenimiento, para continuar con el suministro de vapor geotérmico a las unidades.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Tabla 2.1. Producción de vapor (t/hr).	
Pozo	**Toneladas de vapor por hora**
LV-6	[redacted]
LV-10	[redacted]
LV-4B	[redacted]

Por otra parte, se requiere seguir con la operación del edificio construido dentro de la plataforma de la Unidad 1, lo anterior para garantizar el buen funcionamiento de las unidades generadoras 1 y 2 de 5 MW cada una.



Figura 2.4. Plataforma donde se encuentra construida y operando la U-1 de 5 MW, y donde se encuentra construido el edificio técnico administrativo de las unidades geotérmicas.

PÚBLICA

a) Construcción y perforación del pozo geotérmico LV-4B.

Derivado de que la construcción y perforación del pozo geotérmico LV-4B se llevará a cabo en la plataforma existente del pozo LV-4 y LV-4A, solamente se requiere llevar a cabo la construcción del contrapozo antes de la instalación del equipo de perforación, asimismo, ya se cuenta con la infraestructura geotérmica requerida para en su momento incorporar dicho pozo al sistema de suministro de vapor (vaporducto, línea de inyección, separador de mezcla y silenciador). Es importante mencionar que al ser una plataforma

existente ya cuenta con caminos de acceso, por lo que, no será necesario construir nuevos caminos para la perforación del pozo.

b) Operación y mantenimiento de los pozos LV-6, LV-10 y LV-4B.

El pozo LV-6 perforado en 2009 y actualmente en operación, forma parte de la infraestructura geotérmica integrada al proceso de suministro de vapor con [redacted].

El pozo LV-10 con una producción de [redacted] está integrado al proceso de suministro de vapor.

En su momento y una vez perforado, se integrará el pozo LV-4B al proceso de suministro de vapor del campo geotérmico con una producción esperada de [redacted]

La operación de un pozo geotérmico consiste en extraer el recurso geotérmico del yacimiento geotérmico hidrotermal; y una vez en superficie, utilizando un separador de mezcla, el fluido geotérmico entra en él en forma helicoidal por la parte media del mismo, y por fuerzas centrifugas se separa el vapor de la mezcla. El agua separada es colectada en el fondo del separador y conducida al sistema de inyección para su posterior reinyección al yacimiento geotérmico; y el vapor geotérmico asciende y fluye a través de un colector interno para posteriormente conducir el vapor por medio de vaporductos al punto de entrega-recepción de la Unidad Generadora.

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

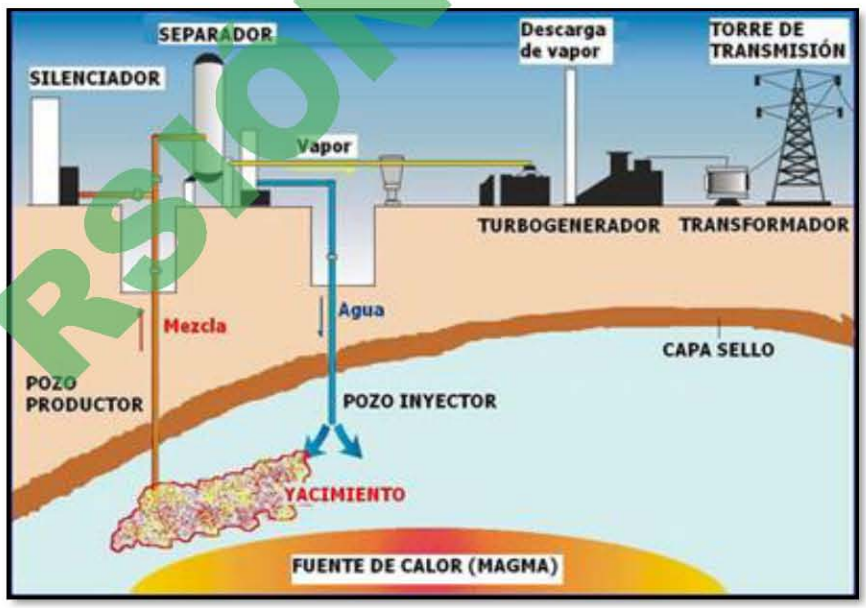


Figura 2.5. Modelo esquemático del proceso de generación de energía geotermoeléctrica (el cual incluye la operación de un pozo productor geotérmico).

RSION PUBLICA

c) Operación y mantenimiento del edificio construido en la plataforma de la U-1 de 5 MW.

El edificio técnico administrativo se construyó en la plataforma de la U-1 y está en operación, el cual incluye: un taller electromecánico, un almacén y una oficina administrativa necesarias para el buen funcionamiento de las centrales generadoras 1 y 2 del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS.

Se requiere continuar con la operación de la infraestructura mencionada anteriormente, toda vez que ésta proporciona los servicios requeridos para el buen funcionamiento de las Unidades Generadoras.

Lo anterior es importante para esta CFE, debido a que la energía generada con la operación del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, inyecta energía al sistema independiente Baja California Sur del Sistema Eléctrico Nacional con generación de energía considerada como carga base, la cual permite continuar contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, evitando la utilización de combustibles fósiles, aportando energía eléctrica limpia y renovable a las poblaciones como Santa Rosalía, Mulegé, San Ignacio y Guerrero Negro.

2.1.2. Selección del sitio

Como es sabido los sistemas geotérmicos se forman en los límites de las placas tectónicas, donde también suelen ocurrir fenómenos de vulcanismo y sismicidad. Un sistema geotérmico típico se compone de una fuente de calor, un acuífero y la capa sello. El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, se encuentra en operación comercial desde julio del 2001 y a la fecha cumple con los requisitos anteriormente descritos.

Las obras y actividades del proyecto forman parte de la infraestructura geotérmica construida y en operación dentro del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS. Asimismo, la construcción y perforación del pozo LV-4B, se llevará a cabo en una plataforma existente (pozo LV-4 y LV-4A), y que también forma parte de la infraestructura del campo geotérmico.



RSIÓN PÚBLICA



Figura 2.6. Vista panorámica de la infraestructura existente en el sector sur del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, donde se encuentra la infraestructura del proyecto.

2.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización

El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, se ubica en la parte norte del estado de Baja California Sur, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en la falda oriente del volcán denominado El Azufre. Este campo está situado sobre un complejo hidrotermal volcánico a una elevación de alrededor de los 720 msnm. Al sitio se llega partiendo por la carretera Federal No. 1 Transpeninsular, en su tramo Santa Rosalía – San Ignacio; en el km 32 de esta carretera entronca con el camino pavimentado que conduce hasta el Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes administrado por la Comisión Federal de Electricidad, de aproximadamente 18 km; este campo y el proyecto se ubican dentro del Ejido Lic. Alfredo V. Bonfil, en el municipio de Mulegé (**Figura 2.7**).

RSIÓN PÚBLICA

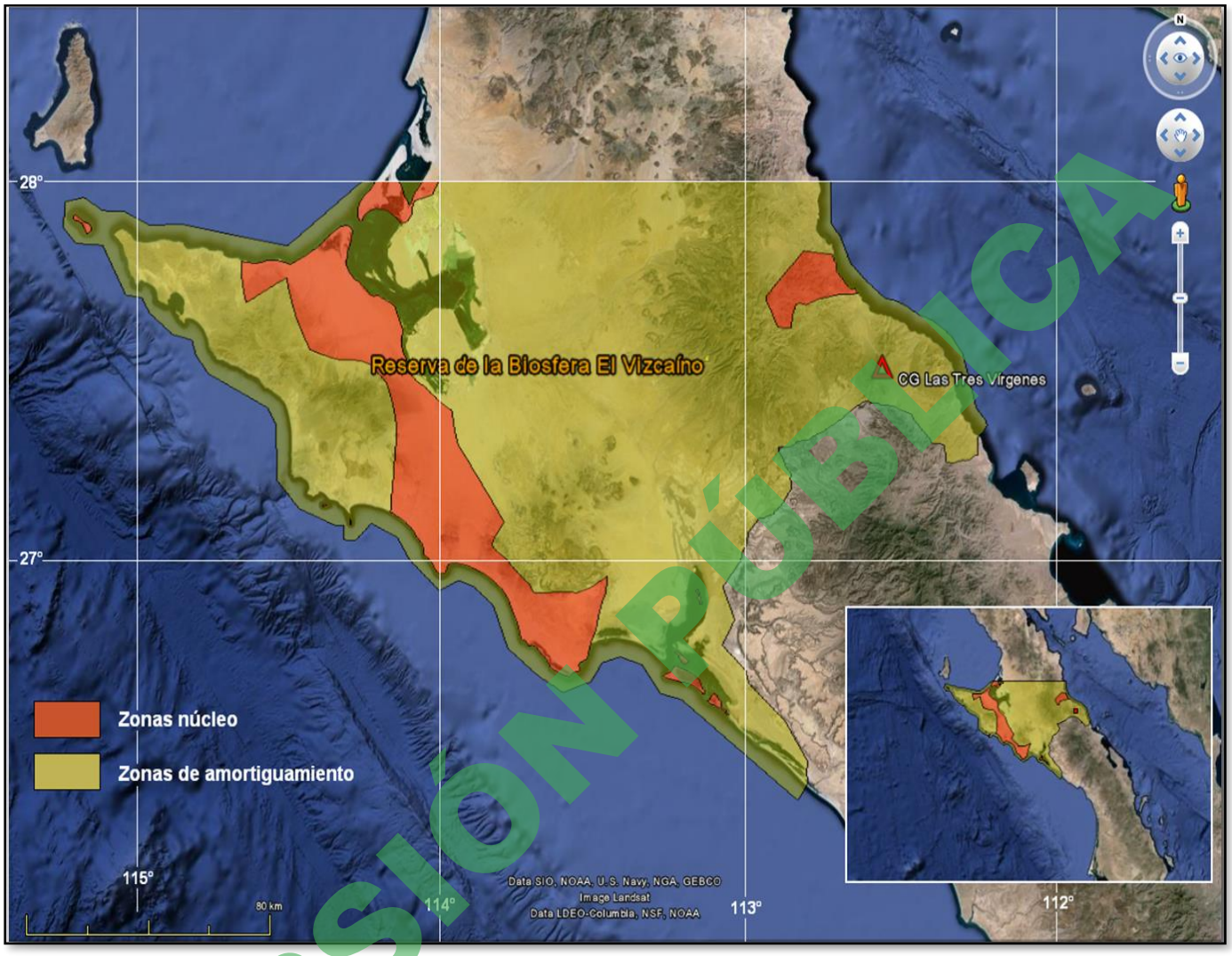


Figura 2.7. Localización del C.G. Las Tres Vírgenes dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Es importante señalar que las obras y actividades que conforman el proyecto se encuentran ubicadas dentro del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, cuyas coordenadas geográficas extremas son: 27° 29' 52" y 27° 32' 52" latitud norte, y 112° 32' 00" y 112° 34' 00" longitud oeste.

2.1.4. Inversión requerida

Dado que el alcance del proyecto es para construcción y perforación; operación y mantenimiento de un nuevo pozo geotérmico el cual se construirá en una plataforma existente, así como la operación y mantenimiento de infraestructura existente (pozo LV-6 y LV-10) y el edificio que incluye un almacén, un taller electromecánico y una oficina administrativa; la siguiente tabla contiene la inversión para cada etapa del proyecto:

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 2.2. Monto de inversión requerida para el proyecto.	
Concepto	**Costo de inversión ($)**
Construcción y perforación del pozo LV-4B	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo LV-6	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo LV-10	[redacted]
Operación y mantenimiento del pozo LV-4B	[redacted]
Operación y mantenimiento del almacén y taller electromecánico	[redacted]
Costos necesarios para aplicar medidas de prevención y mitigación	[redacted]

Fuente: Se consideró la producción de los pozos LV-6 y LV-10, así como los unitarios de referencia del CG Las Tres Vírgenes utilizados en el Caso de Negocios de la Zona Norte del campo geotérmico.

2.1.5. Dimensiones del proyecto

A continuación, se presentan las dimensiones de cada una de las plataformas existentes en el Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, donde se perforará y operará el nuevo pozo LV-4B, y se operarán los pozos LV-6 y LV-10, y el edificio técnico-administrativo.

Tabla 2.3. Dimensiones de la infraestructura del proyecto.	
Pozo/edificio administrativo	Dimensiones de las plataformas donde se perforará y opera la infraestructura geotérmica (m^2)
LV-4B	5,173.29
LV-6	2,173.36
LV-10	5,050.96
Edificio técnico-administrativo	149.28
Superficie total:	**10,373.53**

VERSIÓN PÚBL

En la presente foja se testó información confidencial, que sólo podrán tener acceso a ella los titulares de esta, sus representantes y los Servidores Públicos facultados para ello, como lo establece el Artículo 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, y el Artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

- **Construcción y perforación del pozo LV-4B**

La superficie total de la plataforma existente, donde se pretende realizar el pozo geotérmico, es de aproximadamente 5,173.29 m^2. Al finalizar la etapa de perforación del pozo, la superficie que éste ocupará dentro de la plataforma será de 9 m^2 (el contrapozo de 3 x 3 m).

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

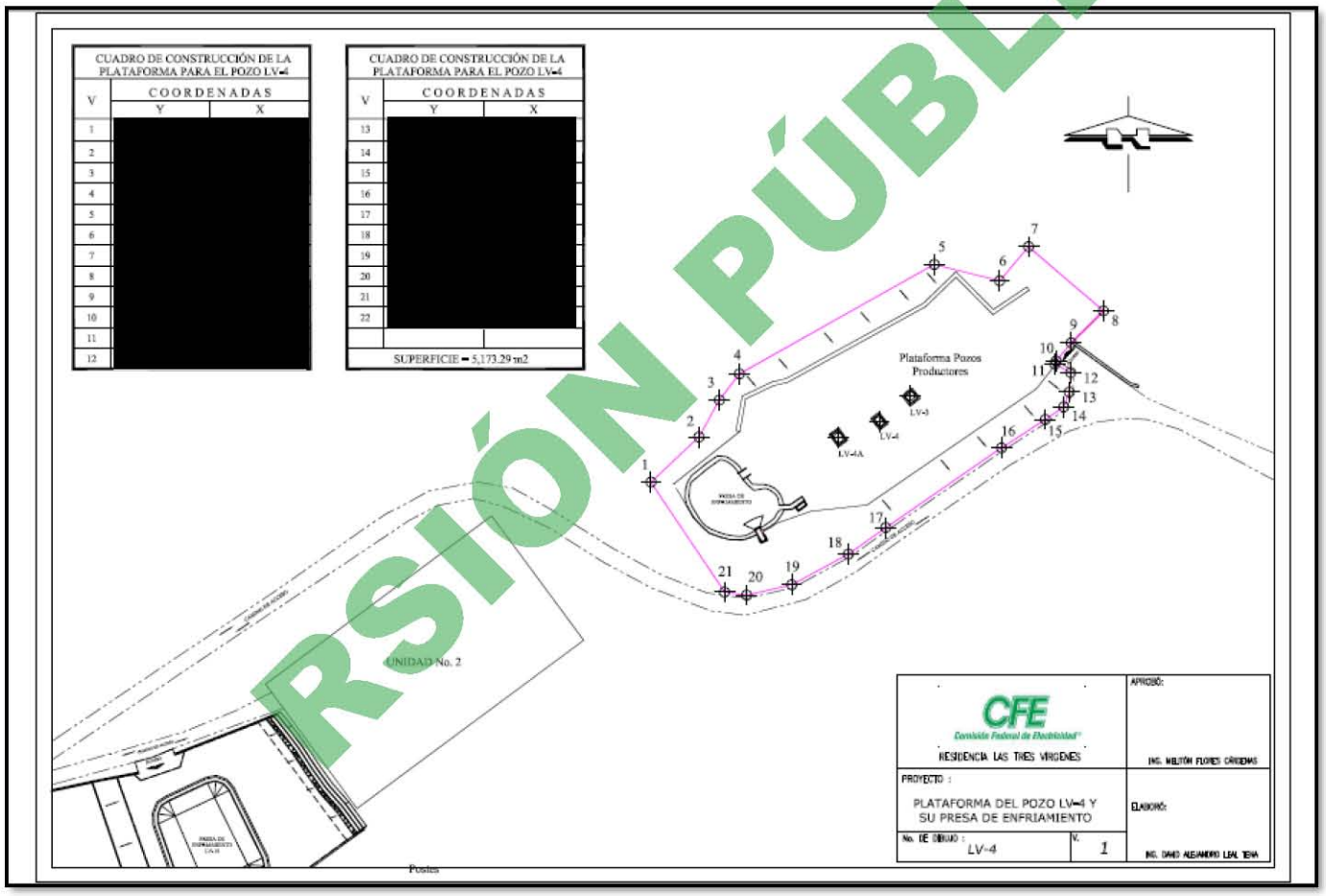


Figura 2.9. Plano de coordenadas de la plataforma donde se construirá y perforará el pozo LV-4B.

VERSIÓN PÚBLICA

- Plataforma del pozo LV-6

Las dimensiones de la plataforma donde actualmente opera el pozo LV-6 son de 2,173.36 m^2. Ver **Figura 2.10**.

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

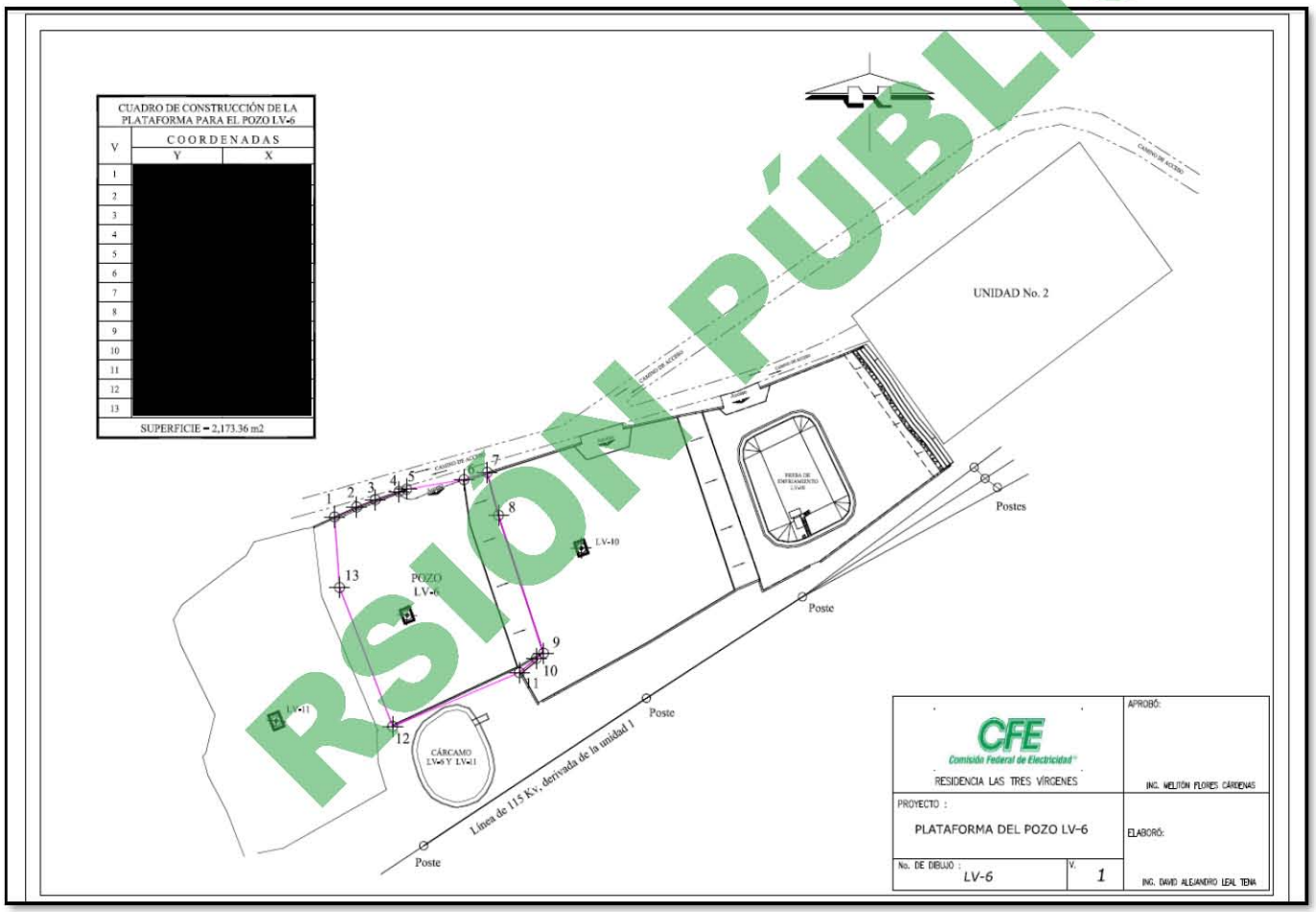


Figura 2.10. Dimensiones de la plataforma del pozo LV-6.

VERSIÓN PÚBLICA

- **Plataforma del pozo LV-10**

Las dimensiones de la plataforma donde actualmente opera el pozo LV-10 son de 5,050.96 m^2. Ver **Figura 2.11**.

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

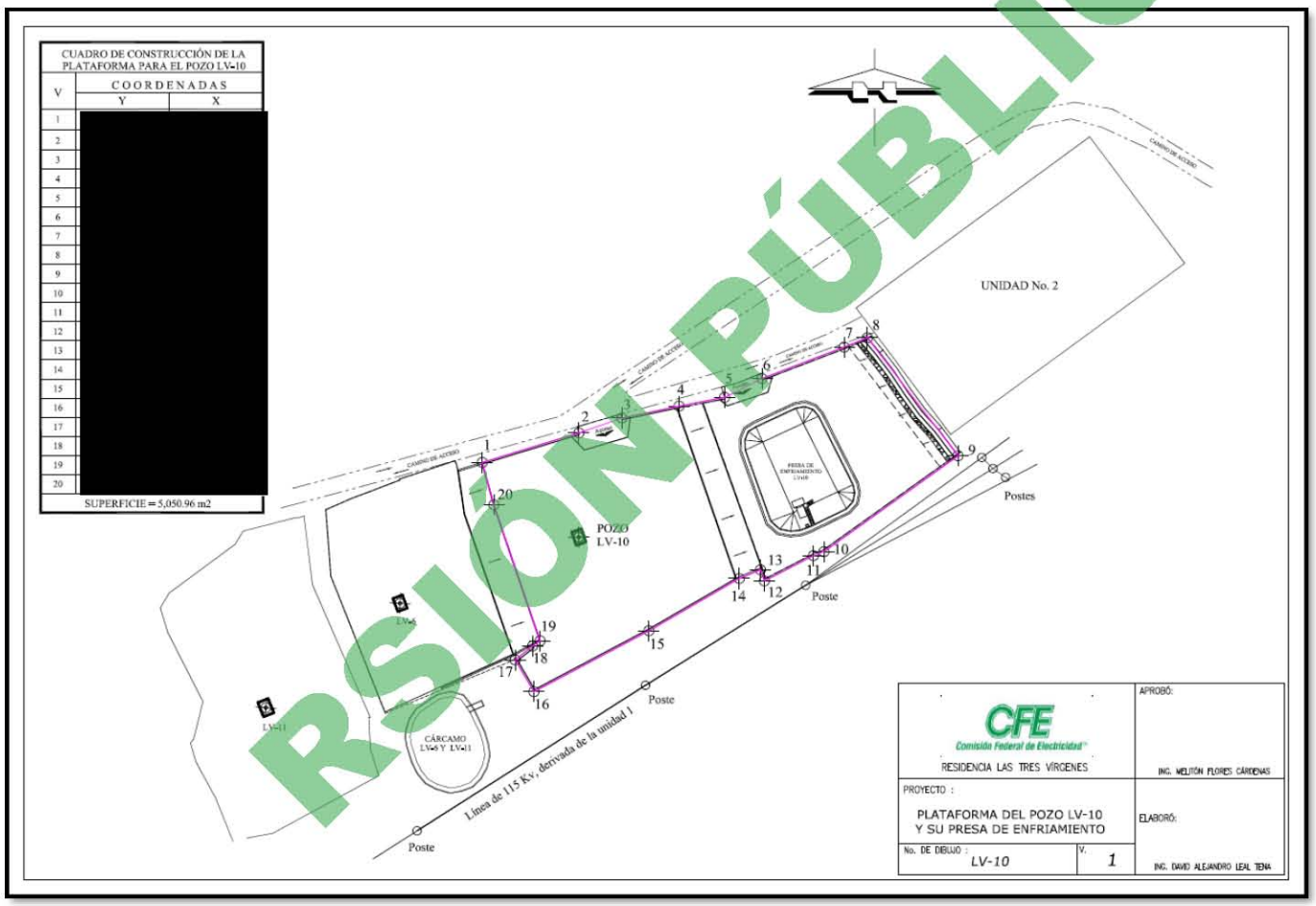


Figura 2.11. Dimensiones de la plataforma del pozo LV-10.

RSIÓN PÚBLICA

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

El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales. Actualmente las áreas ocupadas por la infraestructura geotérmica están desprovistas de vegetación forestal, por lo que, no se requiere del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la realización del proyecto.

En las colindancias del campo geotérmico si existe vegetación forestal, específicamente matorral Sarcocaule, el cual no será afectado por las actividades del proyecto.

Dentro del campo geotérmico y específicamente en los sitios donde se llevará a cabo el proyecto, no existen cuerpos de agua permanentes naturales.

El uso del agua que se tiene en el sitio para la operación del campo geotérmico es aprovechamiento de aguas del subsuelo en yacimientos geotérmicos hidrotermales, para generación de energía geotermoeléctrica.

2.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Poblaciones

Las poblaciones más cercanas al sitio del proyecto son las de Santa Rosalía al sureste, y la de San Ignacio al suroeste, encontrándose rancherías y poblados menores, entre ellos: Rancho La Virgen y El Mezquital; al sur, San Alberto y La Palma; entre el noroeste y oeste, Santa Ana y C. La Reforma al norte y noreste, respectivamente.

Vías de acceso

El acceso al Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes donde se encuentra la infraestructura geotérmica de las obras que comprenden el proyecto que nos ocupa, se logra a través de la carretera Federal No. 1 Transpeninsular en su tramo Santa Rosalía-San Ignacio, precisamente en el km 32, se encuentra el entronque que conduce al campo geotérmico operado por la Comisión Federal de Electricidad.

Servicios requeridos

a) Agua potable.- Durante la etapa de construcción y perforación del pozo LV-4B se estima el consumo de agua potable, cuyo abastecimiento se hará por medio de garrafones de 20 litros de capacidad, transportados por la empresa contratista hasta el sitio del proyecto.

b) Aguas residuales sanitarias.- En las etapas de construcción y perforación del pozo LV-4B, el contratista deberá contratar el servicio con alguna empresa autorizada para el manejo, transporte y disposición

RSIÓN PUBLICA

de las aguas residuales sanitarias. Para esto, se instalarán letrinas portátiles para uso sanitario en los frentes de trabajo. Al finalizar los trabajos de construcción y perforación del pozo, las letrinas serán retiradas del lugar.

c) Comunicaciones.- La comunicación entre el personal de campo, así como de éste con el personal que labora en las oficinas de la Residencia Las Tres Vírgenes, ubicada en Santa Rosalía, será a través de un sistema de radio transmisión, propiedad de la CFE.

d) Energía eléctrica.- Con el objeto de contar con energía eléctrica de respaldo para alimentar los servicios esenciales del equipo de perforación es necesario dotar de una fuente de energía eléctrica confiable e independiente, la cual será por medio de un generador diésel de capacidad suficiente para alimentar el 100 % de las cargas esenciales del equipo de perforación.

e) Mano de obra.- El personal requerido para la construcción y perforación del pozo LV-4B es independiente del personal requerido para la operación y mantenimiento de los pozos geotérmicos una vez en operación (este personal es parte de la plantilla laboral que cuenta la CFE actualmente). En la siguiente tabla se presentan los requerimientos de personal para la perforación del pozo geotérmico LV-4B.

Tabla 2.4. Requerimientos de personal para la perforación de un pozo geotérmico.

Puesto	Cantidad	Mano de obra	Procedencia	Tiempo
Superintendente de construcción	1	Calificada	Externo	3 a 4 meses
Ingeniero especializado en perforación	1	Calificada	Externo	
Jefe de pozo	2	Calificada	Externo	
Químico de fluidos	2	Calificada	Externo	
Perforador	3	Calificada	Externo	
Encuellador	3	Calificada	Externo	
Operador de compresor y de inyección	2	Calificada	Externo	
Operador especializado en perforación	2	Calificada	Externo	
Encargado ambiental	2	Calificada	Externo	
Encargado de seguridad	2	Calificada	Externo	
Obreros	21	No calificada	Local	
Choferes	1	No calificada	Local	
Auxiliares	2	No calificada	Local	
Ayudantes	2	No calificada	Local	
Eléctrico	1	Calificada	Local	
Soldador	1	Calificada	Local	
Total:	**48**			

f) Combustibles y lubricantes.- Para las obras del proyecto en su conjunto no se utilizará energía eléctrica, con excepción de la etapa de perforación del pozo, cuyo equipo trabaja con un sistema de energía propio, para el funcionamiento de diversos motores (del malacate, de agitación, de fondo, etc.). Con

RSIÓN PÚBLICA

respecto al combustible, para la ejecución de las obras se consumirá diésel para la operación de la maquinaria y gasolina para los vehículos automotores. Este combustible se repartirá todos los días en los frentes de trabajo en una camioneta de tres toneladas de capacidad, mediante tanques de 200 litros cada uno, el vehículo se surtirá con la frecuencia necesaria desde las gasolineras comerciales de Santa Rosalía o de alguna otra población cercana que cuente con estaciones de servicio. Lo mismo ocurrirá con el suministro de lubricantes. Para la etapa de operación y mantenimiento de las obras existentes no se contempla el almacenamiento de combustibles y lubricantes, para las actividades de perforación del pozo LV-4B, se requiere el almacenamiento tanto de diésel como de gasolina para la operación de los diversos motores.

g) Agua para la perforación del pozo.- Esta se abastecerá mediante pipas, la cual se comprará a un permisionario que tenga todas las autorizaciones correspondientes para tal fin.

2.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

2.2.1. Programa general de trabajo

RSIÓN PÚBLICA

Tabla 2.5. Programa general de trabajo para la construcción, perforación, operación y mantenimiento del pozo LV-4B.

Obra o actividad	Meses																																Años			
	1				→				6				7				8				9				10				11				12				13				14				15				1	2	→	20
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Licitación (*)																																																	
- Licitación y fallo.																																																	
Construcción y perforación																																																	
- Construcción del contrapozo.																																																	
- Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos. Transporte, armado e instalación del equipo de perforación.																																																	
- Perforación del pozo LV-4B.																																																	
- Retiro del equipo de perforación.																																																	
- Evaluación del pozo LV-4B.																																																	
Operación y mantenimiento																																																	
- Operación del pozo LV-4B.																																																→	
- Mantenimiento del pozo LV-4B.																																																→	
Abandono del sitio																																																	
- Programa de abandono (**).																																																→	

(*) Esta actividad incluye la licitación para la construcción y perforación del pozo.

VERSIÓN PÚBLICA

(**) Esta actividad ocurre cuando la producción de vapor del pozo ha disminuido, ya sea por la incrustación de sales en la tubería o por la declinación en esa zona del yacimiento. Se procede a taponar el pozo de acuerdo con la NOM-004-CONAGUA-1996.

Tabla 2.6. Programa general de trabajo para operación y mantenimiento de la infraestructura existente (LV-6, LV-10 y edificio técnico-administrativo).

Obra o actividad	Años																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	n
Operación y mantenimiento de pozos geotérmicos																					
- Operación y mantto. del LV-6 y LV-10.																					
Operación y mantenimiento del edificio técnico-administrativo																					
- Operación y mantto. del edificio.																					
Abandono del sitio																					
- Programa de abandono (**).																					→

2.2.2. Preparación del sitio

En lo general no se requiere de la preparación del sitio para llevar a cabo las actividades del presente proyecto. Solamente antes de dar inicio con la etapa de perforación, y antes de la instalación del equipo de perforación, se procede a colocar una lona plastificada de alta resistencia, a fin de impermeabilizar la plataforma, y evitar con ello que durante la perforación del pozo geotérmico se contamine el suelo por posibles derrames accidentales de grasas, diésel o aceites de los equipos y maquinaria que integran el equipo de perforación; asimismo, se impermeabiliza con este tipo de lona plastificada la presa de lodos para poder colocar los residuos de recorte de roca y de material generados durante la perforación.

RSIÓN PÚBLICA

2.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Las obras provisionales de apoyo que en su conjunto vienen integradas en los equipos de perforación están conformadas por campers para oficinas de supervisión de CFE y contratistas, instalaciones sanitarias, área para el resguardo de materiales y herramientas, equipos eléctricos; así como un área para la maquinaria, vehículos, comedor y enfermería; todas ellas distribuidas dentro de la plataforma.

El almacén para resguardo de equipo e instrumentación, así como los sitios temporales para el almacén de residuos peligrosos y no peligrosos se dispondrán dentro de la misma plataforma.

Durante la perforación del pozo se colocarán letrinas portátiles para los servicios sanitarios, para lo cual se contratará una empresa autorizada para prestar este servicio, quien transportará los residuos sanitarios a un sitio autorizado para su tratamiento, o de disposición municipal previa obtención del permiso correspondiente.

Debido a la cercanía de los centros de abastecimiento de combustible, no se tienen contempladas obras especiales para su almacenamiento. Durante la etapa de perforación, el combustible necesario para la operación del equipo y la maquinaria será suministrado por un vehículo de carga, acondicionado con barriles de 200 litros de capacidad cada uno.

2.2.4. Etapa de perforación

Una vez que se haya construido el contrapozo y colocado la lona plastificada en la plataforma, se inicia con el armado e instalación del equipo de perforación sobre la plataforma. El equipo de perforación está constituido de cinco sistemas, los cuales se describen y ejemplifican, de forma breve y gráfica a continuación.

a) Sistema rotatorio. Está formado por: la unión giratoria; mesa rotatoria; flecha; sarta de perforación, que a su vez está compuesta por: tubería de perforación; tubería de perforación extrapesada; barrena; collares de barrena; lastra barrenas y estabilizadores que le dan peso y estabilidad, respectivamente a la barrena y accesorios para la perforación (**Figura 2.12A**).

b) Sistema de circulación. Es un sistema cerrado por medio del cual el lodo se bombea de los tanques de almacenamiento al pozo, por la tubería de revestimiento (TR) se descarga a presión por las toberas de la barrena para regresar a la superficie por el espacio anular entre la sarta y el agujero o en su caso por la TR ya cementada. En la superficie pasa por la zaranda vibratoria (para separar los recortes), por el desarenador y por la torre de enfriamiento, finalmente se descarga en la presa de almacenamiento de lodos de perforación, de donde nuevamente es utilizado. Eventualmente, se le agrega material nuevo para restablecer las propiedades geológicas requeridas. En la perforación rotatoria, el fluido tiene cuatro funciones fundamentales: sirve de lubricante entre la barrena y la roca que va cortando, conduce a la superficie los recortes producto de la perforación y se utiliza para el enfriamiento finalmente, se utiliza

VERSIÓN PÚBLICA

como el soporte que evita que ocurran derrumbes en las paredes del pozo, los que pueden atrapar la barrena y en ocasiones hasta la sarta de perforación (**Figura 2.12B**).

Con la salida de los fluidos de perforación hacia la superficie, se transportan también los recortes de roca, que son filtrados y separados antes de enfriar el lodo en la torre de enfriamiento. Los recortes proporcionan información sobre el tipo de roca y mineralización que se está cortando en el proceso, por lo que continuamente se están tomando muestras de éstos.

Los equipos que componen el sistema de circulación son: tres compresores autónomos a base de diésel con capacidad mínima de bombeo de 28 m^3/min, dos tanques para almacenamiento y preparación del fluido, con capacidad de 60 m^3 cada uno, dos bombas de lodo, dos bombas centrífugas auxiliares, mangueras de conducción de lodos, una torre de enfriamiento, equipos para mezclado, desarenador, zaranda vibratoria y bodega para el almacenamiento de los sacos de bentonita y aditivos.

c) Sistema de potencia. Integrado por: cuando menos tres motores principales de combustión interna diésel los cuales impulsan el malacate, mueven la rotaria y las bombas de circulación, dos unidades generadoras diésel de 75 y 100 kW para el suministro de energía eléctrica que requiere la casa de máquinas y dos tanques de almacenamiento de combustible de 20 m^3 cada uno (**Figura 2.12C**).

d) Sistema de control superficial o de prevención. El objeto de este sistema es prevenir flujos espontáneos de vapor durante la perforación, dispone de: cabezal de 508 mm (20 pg) de diámetro; tres preventores tipo Camerón con bridas de 305 y 340 mm (12 y 13 3/8 pg) serie 900, capaces de resistir presiones de hasta 21 MP (3 000 lbf/plg^2), y un control remoto para accionar preventores con una bomba Kooney (**Figura 2.12D**).

e) Sistema de izaje o levante. Se compone de: mástil; torre de perforación; malacate en el que se enrolla y desenrolla el cable de perforación y mediante el que se sostiene a la sarta; corona; polea viajera, con gancho para soportar una masa máxima de 300 toneladas y cable de perforación (**Figura 2.12E**).

VERSIÓN PÚBLICA

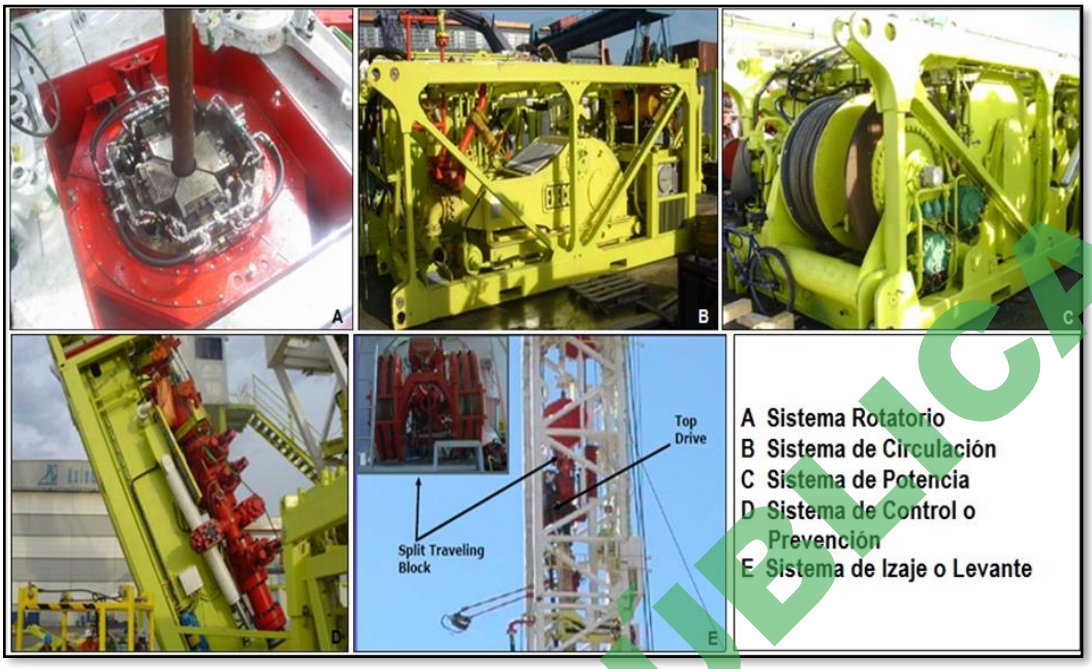


Figura 2.12 A, B, C, D, E. Sistemas del equipo de perforación.

Además de estos sistemas, el equipo de perforación cuenta con: las subestructuras de soporte, casetas de mandos, casetas de refacciones, reparación eléctrica y mecánica, tanques verticales de almacenamiento de agua y remolques-habitación con letrina. En las **Figuras 2.13**, **2.14** y **2.15** se muestran diversos aspectos de equipos empleados en la perforación de pozos geotérmicos.



Figura 2.13. Aspecto de los equipos y materiales utilizados en el equipo de perforación.

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 2.14. Tanques metálicos para almacenamiento de combustibles sobre plataforma impermeabilizada.



Figura 2.15. Impermeabilización de presa de lodos y áreas de la plataforma.

VERSIÓN PÚBLICA

- **Procedimiento para la perforación de un pozo geotérmico**

La perforación se inicia con una barrena de 444 mm (17 ½") de diámetro a una profundidad de 10 m, en el cual se instala el tubo conductor de 339 mm (13 3/8") de diámetro de forma anular, el resto es espacio anular que se llena de cemento normal.

La siguiente etapa de la perforación se realiza con barrena de 311 mm (12 ¼") de diámetro, para instalar la tubería de revestimiento de 244 mm (13 3/8") de diámetro, que sería la tubería de anclaje, una vez que ha sido colocada la tubería de revestimiento, el espacio exterior vacío se llene de cemento modificado, con el fin de que ésta quede firmemente anclada a las paredes del agujero. La cementación se lleva a cabo utilizando la unidad cementadora de alta presión, con que se hace fluir el cemento hasta la parte inferior del tubo y de ahí ascender por el exterior de este y la pared natural del pozo hasta llegar a la superficie. Terminada esta actividad se efectúa la prueba hidráulica para corroborar la homogeneidad de la cementación, si ésta no se logra, será necesario cementar nuevamente.

Posteriormente, se realiza la perforación con barrena de 215 mm (8 ½") de diámetro con sarta estabilizada hasta la profundidad programada para proceder a instalar la tubería de revestimiento de 177 mm (7") de diámetro con sus accesorios, la cual será la tubería de producción, seguida de la cementación de esta que se realiza con la unidad de alta presión. De esta forma, la tubería de producción quedará cementada con la pared de la tubería de revestimiento de 244 mm (13 3/8") de diámetro desde la zapata hasta la superficie y en el resto de su longitud con la pared del pozo. De igual forma, se llevan a cabo las pruebas hidráulicas con las recomendaciones necesarias para el caso.

Para la última etapa de la perforación se realiza con barrena de 149 mm (5 7/8") de diámetro hasta la profundidad programada y requerida para encontrar la zona productora o antes si se descubren condiciones atractivas de presión y temperatura. En esta etapa no se instala tubería de revestimiento para que la zona productora quede en agujero descubierto.

En la **Tabla 2.7** se listan los componentes de un equipo de perforación utilizado en pozos geotérmicos, así como los equipos y auxiliares requeridos para la ejecución de los trabajos; en la **Figura 2.16** se presenta una panorámica de un equipo de perforación y en la **Figura 2.17** los dos esquemas típicos de terminación de un pozo geotérmico, uno vertical y otro direccional.

Tabla 2.7. Componentes de un equipo de perforación.

No.	Descripción
1	Malacate con tambor de 24" Ø por 35" de largo con cable de perforación de 1¼" Ø con seis velocidades de izaje
2	Mástil con capacidad nominal de 1 025 000 lbs
3	Polea viajera, con cinco poleas de 50" Ø para cable de perforación de 1¼" Ø
4	Unión giratoria (SWIVEL)
5	Mesa rotaría
6	Subestructura con capacidad de 800 000 lb y pizarras para estibar tubería de perforación de diferentes diámetros con muelle para deslizamiento de tuberías, rampas y escaleras de servicio.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 2.7. Componentes de un equipo de perforación.	
No.	**Descripción**
7	Flecha de perforación hexagonal (KELLY) de 5¼" Ø por 40 pies de longitud con conexiones.
8	Bomba para lodos triplex de 7" x 8" acoplada a motor industrial Caterpillar de 825 hp a 1200 rpm
9	Presa de lodos (No.1 de asentamiento) con capacidad de 60 m^3
10	Presa de lodos (No.2 intermedia de acondicionamiento) con capacidad de 60 m^3
11	Presa de lodos (No.3 de succión) con capacidad de 60 m^3
12	Torre de enfriamiento de lodos con capacidad de 2600 l / min con soplador y motor eléctrico de 10 hp.
13	Tanque para reserva de agua de 30 m^3 de capacidad equipado con dos bombas centrífugas y con motores de 40 hp.
14	Tanque para reserva de diésel de 30 m^3 de capacidad equipado con dos bombas centrífugas y con motor eléctrico de 3 hp c/u.
15	Separador de arena (desarenador) con motores de 2,5 hp y 8 hidrociclones.
16	Planta generadora de energía eléctrica, con generador de capacidad de 520 kW, 650 kW de 240/ 460
17	Compresor para aire de 15 hp, accionado por motor diésel de 25 hp instalado en caseta de planta de luz.
18	Preventor de reventones tipo anular de 5000 psi de trabajo, diámetro nominal de 13 " Ø.
19	Preventor de reventones cuerpo doble, tipo de ariete con diámetro nominal de 13 " Ø de 5000 psi de trabajo con dos salidas laterales de 2" Ø instalados en la parte inferior y equipado con rams ciegos anulares.
20	Unidad para operar preventores, con bomba triplex de 9 gpm para 3000 psi, 16 tanques de nitrógeno, compresor de aire, panal de control y depósito para 280 galones de aceite soluble.
21	Caseta para operación de preventores a control remoto.
22	Caseta para perforadores y caseta con lockers para el personal.

VERSIÓN PÚBLICA

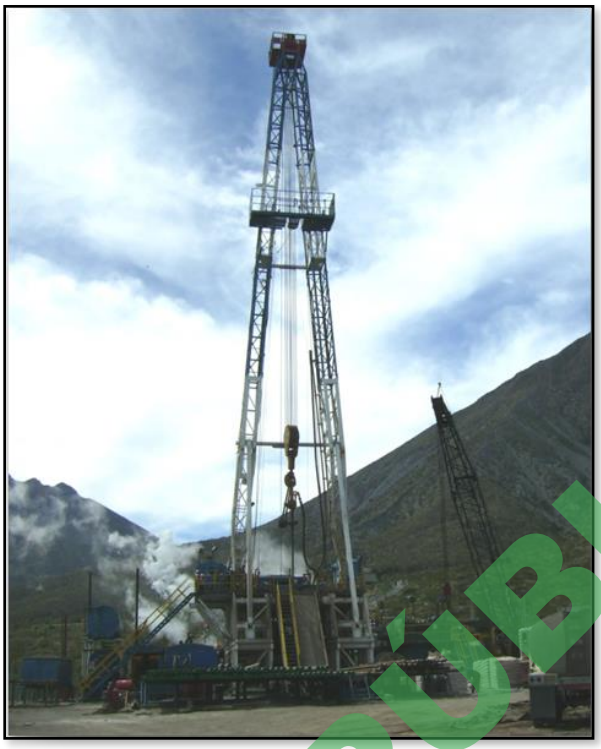


Figura 2.16. Aspecto general de un equipo de perforación.

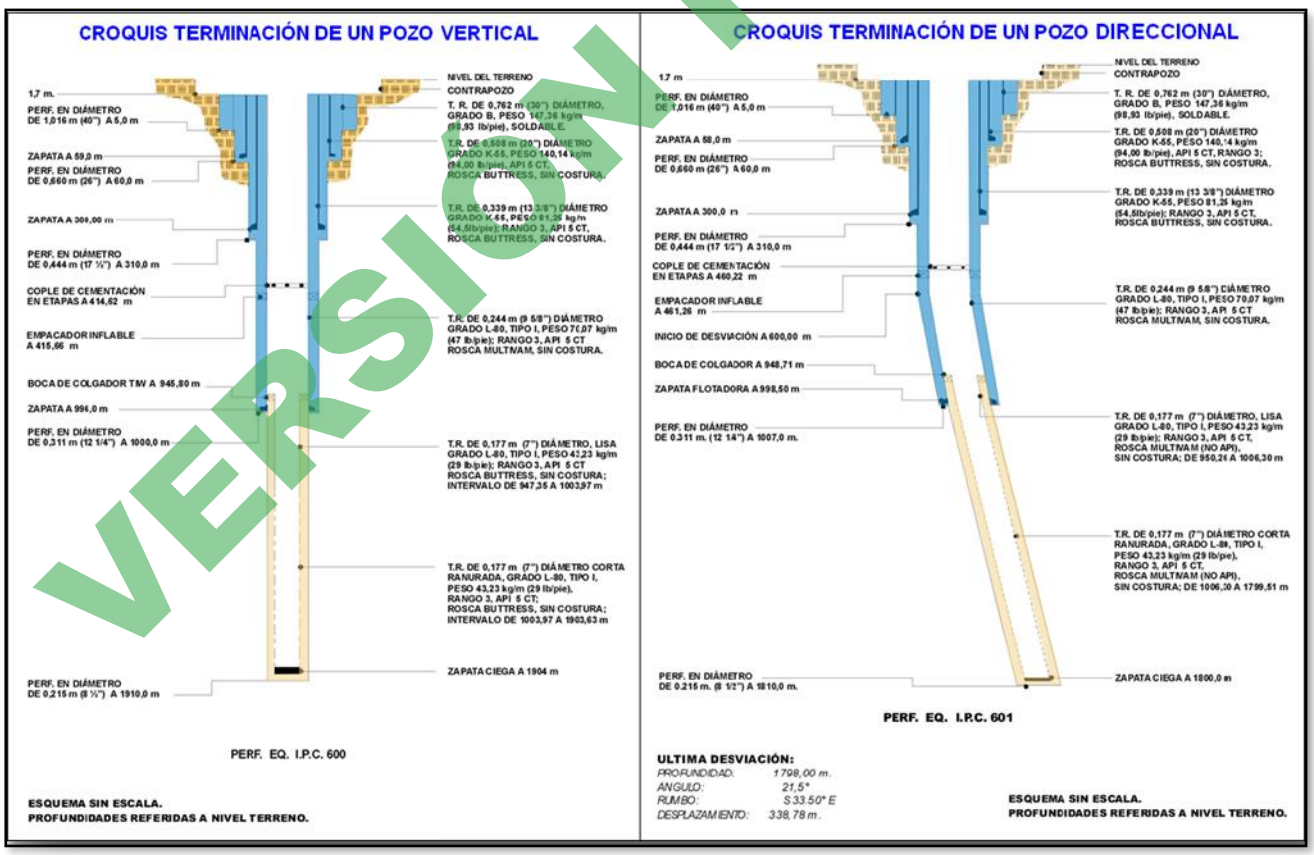


Figura 2.17. Esquema típico de terminación de un pozo geotérmico vertical y direccional.

VERSIÓN PÚBLICA

Los materiales por utilizar para la perforación de un pozo y la cementación de las tuberías de revestimiento se presentan en la **Tabla 2.8**.

Tabla 2.8. Materiales requeridos para la perforación de un pozo geotérmico (cantidades por pozo).

Material	Cantidad
a) Aditivos para lodos	
Bentonita	15 000 kg
Aserrín	3 000 kg
Obturante fibroso-granular (sello automático)	2 000 kg
Lignosulfonato	125 kg
Sosa cáustica	300 kg
Viscosificante polimérico	50 kg
Dispersante y adelgazador	1 500 kg
Reductor de filtrado	500 kg
Defloculante copolimérico	150 kg
Lignito caustico	1 300 kg
b) Cemento y aditivos para obturaciones y cementación de tuberías	
Cemento tipo I	3,8 t
Cemento tipo “H”	90 t
c) Accesorios y tubería de revestimiento	
Zapata de 9 5/8" Ø	1 pza
Zapata de 7" Ø	1 pza
Cople flotador de 7" Ø	1 pza
Centradores para T.R. 9 5/8” Ø	19 pza
Centradores para T.R. 7" Ø	54 pza
Tubería de revestimiento de 13" Ø	10 m
Tubería de revestimiento de 9 5/8” Ø	500 m
Tubería de revestimiento de 7” Ø	1 500 m
d) Accesorios para el árbol de válvulas	
Válvula de compuerta 8” Ø clase 600	1
Carrete de expansión 10” x 8” Ø clase 600	1
Cabezal para T.R. 13 3/8” Ø	1

- **Evaluación y desarrollo de pozos geotérmicos**

Previo a la evaluación del pozo, se realizan varias pruebas, calibraciones y registros, los cuales se mencionan brevemente a continuación.

Al terminar la perforación del pozo y después de haber instalado la tubería de revestimiento de 177 mm (7”) diámetro, se realiza el lavado del pozo mediante un viaje con tubería de perforación y tubo difusor hasta la zapata de la tubería mencionada, asegurándose que no quede en el pozo ningún material extraño que pueda impedir la bajada de sondas dentro del mismo o para eliminar cualquier resistencia que pudiera presentarse, ya sea por lodo floculado o por rebabas del ranurado de la tubería de revestimiento.

VERSIÓN PÚBLICA

Asimismo, se realizan varios tipos de registros, a fin de evaluar el estado mecánico y las características del pozo perforado, entre ellos, se realizan:

- Registros de calibración, a fin de evaluar el diámetro efectivo de los agujeros perforados;
- Registros para la evaluación de la calidad de cementación, medición de espesores y verificación del estado mecánico en la tubería de revestimiento mediante pruebas ultrasónicas;
- Registros geofísicos para conocer los tipos de fracturas y/o fallas, dirección (rumbo), inclinación (echado) y zonas mineralizadas para obtener como resultado el sistema predominante y su correspondencia con el trend regional superficial y las estructuras conductoras de los fluidos hidrotermales dentro del sistema geotérmico. La finalidad de estos registros es detectar y definir la orientación de las fracturas que intercepten a los pozos en perforación y con ello determinar tanto la dirección del sistema estructural como la de los esfuerzos.

Una vez concluidos los registros anteriores se procede a la evaluación de la capacidad de aceptación del pozo, cuyo objetivo consiste en efectuar mediciones para la cuantificación del flujo aceptado por el pozo, información a utilizarse para la elaboración de curvas características de aceptación, que permitirán conocer el potencial del pozo.

2.2.5. Etapa de operación y mantenimiento

Operación de los pozos geotérmicos (LV-6, LV-10 y LV-4B).

La operación de un pozo geotérmico consiste en el suministro de vapor geotérmico a la unidad de generación. Para el caso de los pozos LV-6 y LV-10, estos ya se encuentran integrados al proceso de suministro de vapor del campo geotérmico, por lo que, no requieren de ninguna actividad adicional.

Para el caso del pozo geotérmico (LV-4B) una vez terminada su perforación y retirado el equipo de perforación, se procede a la instalación del equipo superficial, el cual consiste en instalar el árbol de válvulas para el control del pozo, la tubería de descarga al silenciador, el silenciador para el control de emisiones a la atmósfera y ruido, el vertedor metálico para el aforo del agua y la tubería de polietileno para la inyección de la salmuera geotérmica. Una vez que el pozo cuenta con esta infraestructura se procede a la evaluación de este a fin de conocer la producción de agua y vapor que el mismo produce.

Conocida la producción de vapor, se procede a la conexión del pozo a la red de vaporductos existentes.

Mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento de pozos geotérmicos son similares a los que se realizan para los pozos petroleros. Conviene indicar que la ejecución de las actividades de mantenimiento se lleva a cabo, por definición, a pozos ya existentes, razón por la cual no representan un impacto ambiental significativo, toda vez que se utilizarán las plataformas existentes, no se afectará la vegetación natural y no se requerirán nuevos caminos de acceso.

VERSIÓN PÚBLICA

El mantenimiento de los pozos geotérmicos se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Limpieza mecánica**

Las operaciones de limpieza mecánica (**Figura 2.18**) consisten en realizar, ya sea con un equipo de perforación convencional o una unidad de tubería flexible (**Figura 2.19**), un reconocimiento, limpieza y calibración de las tuberías del pozo, esto con la finalidad de remover incrustaciones de sílice o calcio (básicamente) generadas por la extracción del fluido geotérmico, o bien de reparar un daño mecánico, lo anterior con el objetivo de incrementar la producción de vapor de este.

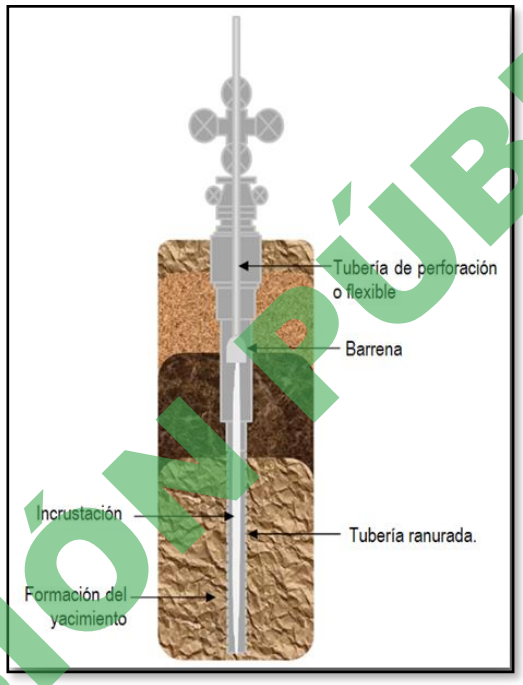


Figura 2.18. Limpieza mecánica de un pozo geotérmico.

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 2.19. Unidad de tubería flexible.

- **Reparación de pozos geotérmicos**

La reparación de pozos consiste en realizar con un equipo de perforación convencional la desviación (sidetrack), es la actividad más común para el mantenimiento de un pozo, el cual por alguna razón está obstruido; se realiza con la finalidad de recuperar la producción de vapor, aprovechando la infraestructura existente lo cual reduce significativamente los costos y el impacto ambiental.

2.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto

El proyecto no contempla obras asociadas.

2.2.7. Etapa de abandono del sitio

Debido a que el proyecto geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes se considera de vida útil permanente, no se requiere de un programa de abandono del sitio, ya que, en su momento, sólo se renovarían las unidades generadoras, así como los pozos productores e inyectores, y demás infraestructura geotermoeléctrica (vaporductos y sistema de inyección).

Para el caso específico de los pozos geotérmicos, al término de su vida útil, estos serán cerrados o taponados de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-004-CONAGUA-1996, que establece los requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

VERSIÓN PÚBLICA

Por otra parte, en el caso de que una plataforma ya no tenga utilidad para la perforación y construcción de otro pozo geotérmico, la CFE programaría para que ésta tenga un uso con otra obra o infraestructura geotérmica.

2.2.8. Utilización de explosivos

En ninguna de las etapas, obras o actividades que conforman este proyecto se prevé el uso de explosivos.

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

a) Generación y manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

En la etapa de perforación del pozo geotérmico se generarán residuos considerados de manejo especial como son: los lodos de la perforación de pozos geotérmicos, correspondientes a roca molida, consisten en fragmentos de forma y tamaño variables, pero rara vez mayor de 2 cm constituidos por las mismas rocas que se encuentran en el subsuelo y lodos bentoníticos que se acumulan en la presa de lodos que tiene la capacidad suficiente para almacenar los residuos que se produzcan y está debidamente impermeabilizada para evitar infiltraciones o posibles derrames (**Figura 2.20**).



Figura 2.20. Aspectos de una presa impermeabilizada para el depósito de los lodos derivados de la perforación de pozos geotérmicos.

Estos lodos previo a su disposición, se deben caracterizar a través de un laboratorio para que se realicen las pruebas de peligrosidad conforme al análisis CRETI de Corrosividad, Reactividad, Explosividad,

VERSIÓN PÚBLICA

Toxicidad e Inflamabilidad, y derivado de los resultados de éstos, se planeará la disposición, si resultan ser no peligrosos de conformidad con la NOM-052-SEMARNAT-2005, se dispondrán en sitios de relleno de terrenos y cárcavas según sea el tema, previa notificación y autorización de la autoridad municipal y del propietario si fuera el caso. En el caso contrario, si los lodos fueron tratados inadecuadamente durante el proceso de los trabajos de perforación y se contaminaron con hidrocarburos, serán clasificados como residuos peligrosos, y se manejarán conforme lo establecido en la legislación en la materia.

Otros residuos que se generan en la etapa de perforación corresponden a sacos de cartón vacíos de bentonita y cemento, el primer material se utiliza en la preparación del lodo para la perforación y el cemento se usa en las operaciones de la cementación. Para su resguardo temporal se debe destinar en la plataforma del pozo un área para el depósito y la recolección de estos sacos vacíos clasificados como residuos sólidos urbanos, para su posterior envío a disposición final (en sitios de confinamiento que la autoridad municipal determine para tal fin), en un vehículo en buenas condiciones, y cubierto con lona.

Durante el proceso de perforación, se utiliza combustible diésel para la operación de los equipos, incluyendo la planta de energía eléctrica. El equipo de perforación cuenta con un tanque de almacenamiento de diésel que asegura una reserva de combustible para la operación continua de los equipos (**Figura 2.21**).

Los consumos de agua cruda durante la perforación son variables, el equipo cuenta con un depósito de agua.



Figura 2.21. Aspectos de un tanque metálico para almacenamiento de combustibles sobre la plataforma.

VERSIÓN PÚBLICA

b) Generación y manejo de residuos peligrosos

Durante la etapa de perforación de pozos geotérmicos se generan residuos peligrosos, los cuales son manejados en cumplimiento con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Para llevar un control de la cantidad de residuos generados, así como de la actividad que los genera, se elaborará una bitácora de entradas y salidas, por tipo de residuo generado.

Para el envasado se colocarán contenedores apropiados por cada tipo de residuo y de acuerdo con su estado físico, características de peligrosidad e incompatibilidad con otros residuos, los contenedores se etiquetarán indicando el nombre del residuo y sus características de peligrosidad.

La recolección y transporte se efectuará desde el sitio donde se generen los residuos hasta el sitio del almacenamiento temporal y/o el sitio de disposición final, esta actividad se efectuará mediante una empresa especializada y autorizada para la ejecución de estos trabajos.

En la siguiente tabla se presentan los residuos peligrosos generados.

Tabla 2.9. Residuos peligrosos generados.

Nombre del residuo	Caract. CRETIB	Tipo de empaque	Sitio de disposición final
Aceite residual	T, I	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Mezcla de sólidos contaminados con hidrocarburos	T, I	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Recipientes vacíos impregnados de pintura	T, I	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Lodos con hidrocarburos	T, I	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Sacos impregnados con sosa cáustica, lignito, etc.	C	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Puntas de acero de electrodos y carburos	T	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado

c) Generación, manejo y control de emisiones a la atmósfera

Durante la perforación no se presentan emisiones a la atmósfera que se puedan considerar significativas, reduciéndose a los humos que emiten los motores de combustión interna del propio equipo de perforación (**Figura 2.22**).

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 2.22. Motores de combustión interna del equipo de perforación.

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

En caso de que haya residuos que puedan ser reciclados, éstos se clasificarán y enviarán a los centros de acopio existentes.

Para las aguas residuales sanitarias generadas durante la construcción y perforación del pozo LV-4B, el contratista deberá contratar el servicio de una empresa especializada y autorizada para el manejo, transporte y disposición final de las aguas residuales. Por lo que, se instalarán letrinas portátiles para uso sanitario en los frentes de trabajo.

La disposición de los residuos sólidos urbanos, tales como basura orgánica se enviarán a los rellenos sanitarios o tiraderos más cercanos al sitio del proyecto que estén autorizados por el municipio.

Con relación al manejo, transporte y disposición final de los residuos peligrosos que se generen durante el proyecto, se contratará una empresa especializada y autorizada para trasladar los residuos a un sitio de confinamiento (disposición final), en donde se les dé el tratamiento adecuado, conforme al tipo de residuo que se trate. Además, se contará con un sitio temporal para su clasificación y manejo previo.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

3.1. ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES

La Manifestación de Impacto Ambiental, *Modalidad Particular del* ***"Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS"***, obedece al interés por parte de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para continuar con el suministro del recurso geotérmico (vapor geotérmico) a las unidades (U-1 y U-2) de generación de energía eléctrica del Campo Geotérmico Las Tres vírgenes, BCS, actualmente en operación comercial.

En este sentido, las diferentes obras y/o actividades que se pretenden llevar cabo con este proyecto (construcción y perforación del pozo LV-4B; operación y mantenimiento de los pozos LV-4B, LV-6 y LV-10, así como la operación del edificio técnico-administrativo dentro del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, en operación comercial desde julio de 2001, y en cumplimiento a la legislación ambiental vigente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) bajo los siguientes supuestos:

I. Para desarrollarse el proyecto referido se requiere tanto de autorización en materia de evaluación de impacto ambiental (EIA), cuyas obras y actividades corresponden a la Industria eléctrica (Artículo 28, **fracción II**, de la LGEEPA);

II. El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S., decretada como tal en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 1988; el cual cuenta con un Programa de Manejo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de septiembre de 2000 (Artículo 28, **fracción XI**, de la LGEEPA).

A continuación, se presenta a consideración de esa autoridad ambiental, la identificación y análisis de los diferentes instrumentos de planeación que ordenan la zona donde se ubicará el proyecto, a fin de sujetarse a los lineamientos y disposiciones que ellos establezcan.

3.2. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

Derivado del análisis realizado de fuentes bibliográficas y consultas llevadas a cabo tanto en las páginas web de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la SEMARNAT (http://www.semarnat.gob.mx/dgpairs/oe/ordenamientos.shtml), se encontró que en el estado de Baja California Sur no se cuenta aún con un ordenamiento ecológico de su territorio. En la **Tabla 3.1** se presenta la lista de los ordenamientos ecológicos del territorio decretados para el estado de Baja California Sur.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.1. Ordenamientos Ecológicos del Territorio decretados para el Estado de Baja California Sur.		
Ordenamiento	**Fecha de decreto**	**Observaciones**
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.	07 de septiembre de 2012	
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.	29 de noviembre de 2006	No incide en espacios territoriales del proyecto.
Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Los Cabos, BCS.	31 de agosto de 1995	

3.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Este programa de ordenamiento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de septiembre del 2012; es un instrumento de política ambiental sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico, el cual tiene como propósito establecer la regionalización ecológica del territorio nacional, identificándose áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial.

Por otra parte, este Programa establece los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; así como promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF), permitiendo con ello generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.

Del análisis de este programa, se concluye que el proyecto no contraviene los lineamientos, estrategias y/o directrices por las cuales fue creado el POEGT, ya que éste promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF.

Lo anterior, resulta relevante ya que por su escala (1:2 000 000) y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de dirigir sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes en cada región.

Espacialmente, el POEGT actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la APF, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; social y económicamente, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable. En virtud de lo antes expuesto se identificó que los predios donde se

VERSIÓN PÚBLICA

pretende construir el pozo LV-4B y donde actualmente opera la infraestructura del campo geotérmico Las Tres Vírgenes (LV-6, LV-10 y edificio técnico-administrativo) se localizan en la **Unidad Ambiental Biofísica 3 (UAB 3) denominada Sierra La Giganta** (**Figura 3.1**) la cual presenta las siguientes características:

La propuesta del programa de este ordenamiento ecológico está integrada por la **regionalización ecológica** (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial); ésta comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. Así, este ordenamiento identifica 145 unidades denominadas **unidades ambientales biofísicas** (UAB), a cada una de las cuales le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales y Locales.

Tomando como base lo antes expuesto, se identificó que las obras y actividades del proyecto se localizan en la **Unidad Ambiental Biofísica 3** (**UAB 3**) **denominada Sierra La Giganta** (**Figura 3.1**); la cual, juntamente con la UAB 65, integra la región ecológica 6.32. En la **Tabla 3.2** se presenta la ficha técnica de esta región ecológica, haciendo notar en ella únicamente las características correspondientes a la UAB 3 que nos ocupa.

VERSIÓN PÚBLICA

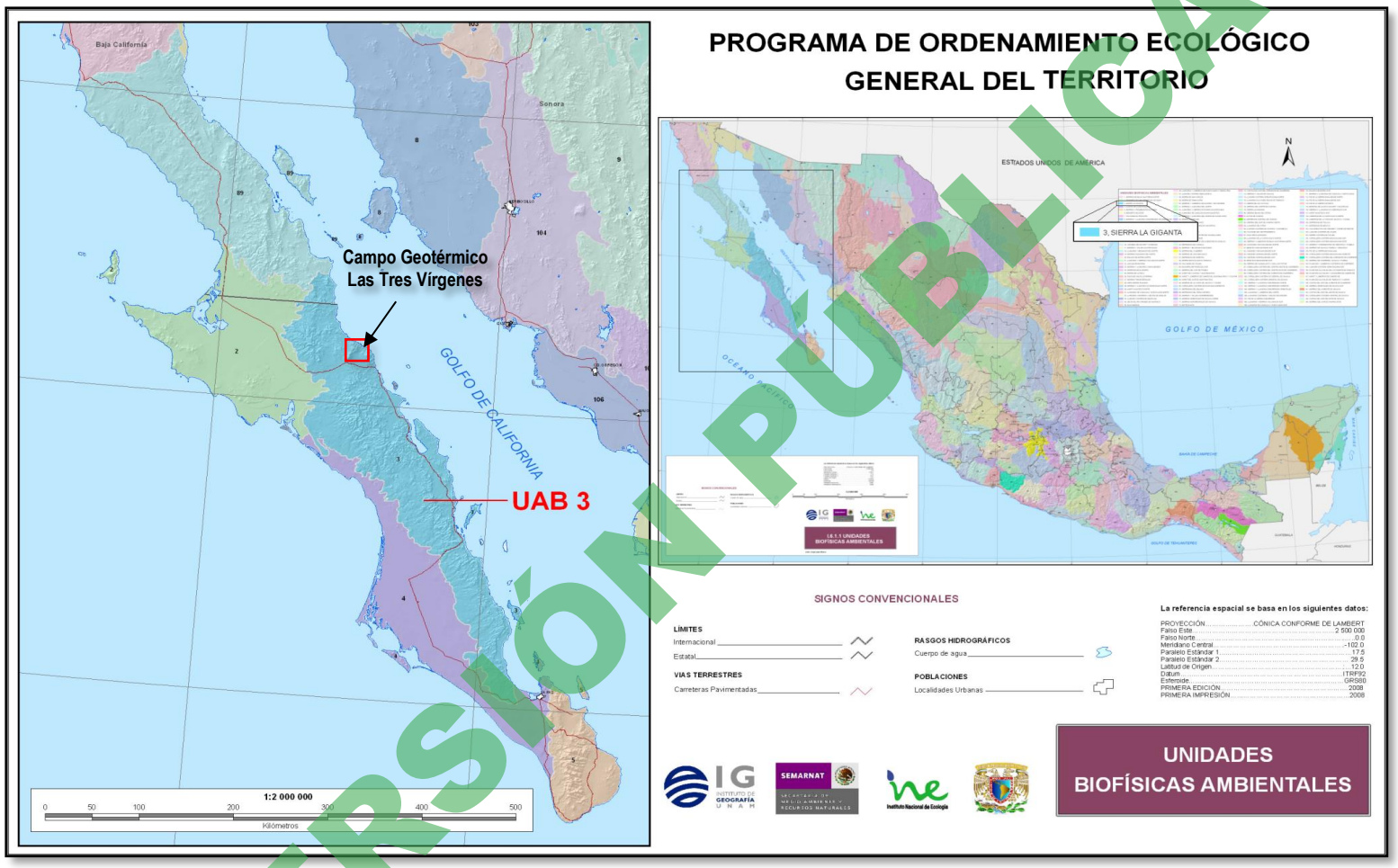
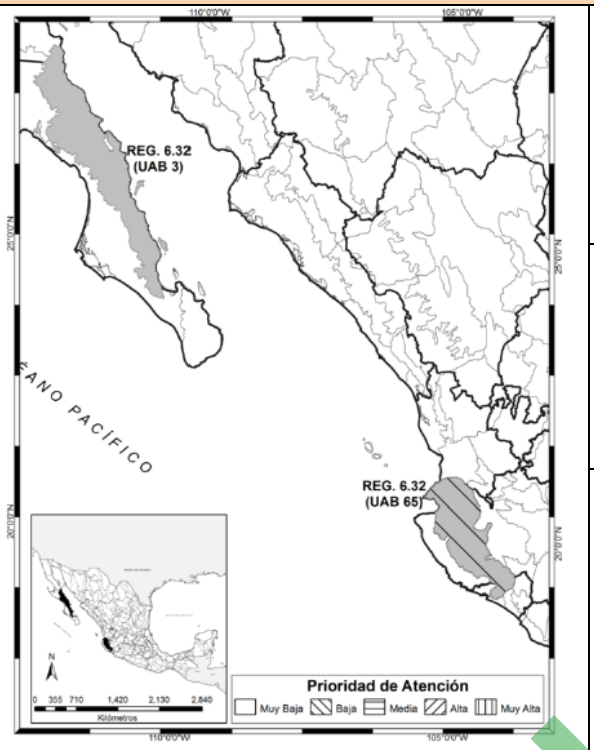


Figura 3.1. Localización del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes dentro de la Unidad Ambiental Biofísica 3 Sierra La Giganta.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.2. Ficha Técnica de la Región Ecológica 6.32.



REGION ECOLOGICA: 6.32
Unidades Ambientales Biofísica que la componen:

3. Sierra La Giganta; y
65. Sierras de la Costa de Jalisco y Colima

Localización:

3. Sureste de Baja California. Noreste, centro y sureste de Baja California Sur
65. Parte norte y oeste de Colima y oeste del estado de Jalisco

Superficie en km²:	Población UAB:	Población Indígena:
3. 29,308.07 65. 16,531.15 Superficie total: 45,839.22 km²	3. 41,532 hab. 65. 565,328 hab. Población total: 606,860 hab.	3. Sin presencia 65. Sin presencia

Estado actual del medio ambiente 2008:	3. Estable a Medianamente estable. Conflicto Sectorial Medio. Baja superficie de ANP's. Muy baja o nula degradación de los Suelos. Sin degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km²): Muy baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 54.4. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Alto índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola altamente tecnificada. Media importancia de la actividad minera. Baja importancia de la actividad ganadera.
Escenario al 2033:	3. Inestable
Política Ambiental:	3. Protección, preservación y aprovechamiento sustentable
Prioridad de Atención:	3. Muy baja

UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política ambiental	Estrategias sectoriales
3	Preservación de Flora y Fauna	Forestal	Minería-Turismo	SCT	Protección, Preservación y Aprovechamiento sustentable	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 33, 37, 44

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.2. Ficha Técnica de la Región Ecológica 6.32.	
Estrategias UAB 3	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
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 al equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotado. 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 la Comisión Nacional del Agua (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 y 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. 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista)–beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. 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	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.
E) Desarrollo Social	37. 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	
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

VERSIÓN PÚBLICA

En la **Tabla 3.3** se señalan brevemente las acciones de cada estrategia referidas en la tabla anterior, así como la vinculación del proyecto que nos ocupa con las mismas.

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
Grupo 1. Dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del territorio:		
A. Dirigidas a la Preservación		
Estrategia 1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad	Fomentar y consolidar las iniciativas de protección y conservación *in situ*; fomentar la creación de mecanismos de apoyo a comunidades que tengan áreas destinadas a la conservación; promover en los POE condiciones de articulación; reforzar instrumentos para controlar ilícitos contra la biodiversidad; establecer mecanismos de bioseguridad; impulsar el monitoreo de los elementos de la biodiversidad; diseñar y aplicar programas para prevenir, controlar y mitigar emergencias; fortalecer la conservación de los ecosistemas y especies; fomentar la creación de UMA's; fomentar acciones para protección de los recursos hídricos; promover el establecimientos de corredores biológicos; entre otras acciones.	Durante el desarrollo del campo geotérmico se han implementado programas de reforestación, de conservación y restauración de suelos, así como de rescate de especies florísticas a consecuencia del cambio de uso de suelo para la construcción de la infraestructura geotérmica; es con estas acciones que la CFE fomenta acciones de protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Por otra parte, se informa que, como parte de las actividades del proyecto, no se requerirá del CUSTF ya que la construcción y perforación del pozo LV-4B se llevará a cabo en una plataforma existente; y las otras actividades (operación y mantenimiento) de este corresponden a la operación de los pozos LV-6, LV-10 y del edificio técnico-administrativo.
Estrategia 2. Recuperación de especies en riesgo.	Promover la recuperación de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; diseñar planes para la restauración ANP, erradicar especies exóticas que afecten a los ecosistemas naturales, evaluar el impacto que provoca la traslocación e introducción de especies sobre las nativas, fomentar la recuperación de especies en riesgo, entre otras.	En los programas de reforestación ejecutados por el campo geotérmico, se han incluido especies como la *Olneya tesota* (uña de gato) a fin de promover su distribución en el área de influencia del campo geotérmico. Derivado de que las áreas ocupadas por la infraestructura geotérmica no presentan vegetación forestal, con el desarrollo del presente proyecto no se pondrán en riesgo especies listadas en la NOM.059-SEMARNAT-2010.
Estrategia 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Promover la integración de sistemas de apoyo para el desarrollo e impulso de conocimiento de ecosistemas y biodiversidad, formular estrategias de apropiación y manejo de la biodiversidad para definir esquemas de manejo que permitan la sostenibilidad de los aprovechamientos, impulsar el desarrollo sustentable en ANP, impulsar en la investigación sobre bio-diversidad, aspectos sociales, culturales, económicos y de manejo, además de los ecológicos y biológicos, realizar esfuerzos de modelaje e investigación científica orientada a evaluar los impactos y el efecto que produciría el cambio climático en ANP y ecosistemas,	Al respecto, la CFE ha realizado y contratado diversos estudios (CIB, INECOL, por ejemplo) en el campo geotérmico y su área de influencia, tendientes al conocimiento de los recursos naturales existentes, fortaleciendo acciones de educación ambiental en el personal que labora dentro del campo geotérmico.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
	fortalecer acciones de educación ambiental que propicien cambios en la actitud de la sociedad frente a la biodiversidad, entre otras.	
B. Dirigidas al Aprovechamiento Sustentable		
Estrategia 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales.	Operar el fondo para el fomento al uso sustentable de la biodiversidad, fomentar el uso legar de los recursos genéticos, establecer mecanismos para regular la manipulación de los recursos genéticos, realizar una evaluación del uso de los productos transgénicos o genéticamente modificados, establecer un programa nacional de biotecnología, impulsar el conocimiento y la regulación del acceso a los recursos genéticos y sus usos.	Esta estrategia no es vinculante con el proyecto, toda vez que está encaminada a las instancias encargadas de fomentar el uso sustentable de la biodiversidad y de los recursos genéticos. El proyecto no contraviene con estas acciones.
Estrategia 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	Adoptar prácticas y tecnologías en materia de uso de suelo que permitan la conservación, mejoramiento y recuperación de la capacidad productiva. Apoyar la realización de obras de conservación de suelo y agua con un enfoque integral y preventivo que permita a los productores desarrollar sus actividades, apoyar el desarrollo de proyectos ganaderos sustentables, proteger los agostaderos con apoyos del (PROGRAN), identificar proyectos prioritarios de tecnificación del riego dando prioridad a las regiones con menor disponibilidad de agua, fomentar el establecimiento de cultivos con menores requerimientos hídricos y mayor presencia en el mercado, promover estudios para identificar áreas de oportunidad para inducir la realización de pequeñas y medianas obras para el manejo y conservación del suelo, agua y biodiversidad.	Estas acciones van encaminadas al mejoramiento y fortalecimiento de los suelos agrícolas y ganaderos, por lo que no es vinculante con el proyecto. Por el desarrollo del proyecto, no se contraviene lo dispuesto en estas acciones.
Estrategia 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	Incrementar la productividad del agua, promover el uso del agua residual para riego, involucrar a las asociaciones civiles y comités técnicos de aguas subterráneas el impulso del ahorro de volúmenes y tecnificar el riego, potenciar los recursos destinados a la infraestructura hidroagrícola.	El proyecto no se desarrollará dentro de un área agrícola, así como tampoco se utilizarán recursos hídricos que pudieran ser utilizados para riego, ya que el fluido geotérmico utilizado para la generación de electricidad es de origen geotérmico con altas temperaturas y salinidad.
Estrategia 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	Impulsar la ejecución de proyectos de aprovecha-miento forestal sustentable; Mantener actualizada la zonificación forestal; Fomentar el aprovechamiento forestal sustentable certificado; Instrumentar los Consejos Regionales Forestales en las Unidades de Manejo Forestal (UMAFORS); Incrementar la cobertura del diagnóstico fitosanitario en ecosistemas forestales; Impulsar las Promotoras de Desarrollo Forestal; Incrementar la superficie sujeta a manejo forestal para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales maderables y no maderables.	El proyecto no contraviene con lo dispuesto en estas acciones ya que en el desarrollo de este no se hará uso o aprovechamiento de recursos forestales ni cambio de uso de suelo de terrenos forestales.
Estrategia 8. Valoración de los servicios ambientales	Realizar estudios en torno al impacto de la pérdida de la biodiversidad, valorar los costos de las pérdidas de los servicios ambientales, identificar el potencial de los	El desarrollo del proyecto no implica CUSTF por lo que no se afectarán los servicios ambientales presentes en el

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
	servicios ambientales, cobrar por el goce y disfrute de las ANP, desarrollar el mercado para productos derivados de especies silvestre y recursos naturales, fomentar el turismo en las ANP; entre otras.	sitio donde se llevará a cabo el proyecto, así mismo durante el desarrollo de las diferentes etapas del campo geotérmico se han llevado a cabo programas de mitigación y compensación de los impactos en su momento ocasionados, informando de los resultados de estos a la autoridad ambiental.
C. Dirigidas a la Protección de los Recursos Naturales		
Estrategia 9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	Instrumentar planes de manejo de acuíferos sobreexplotados, mantener actualizada la disponibilidad de los recursos hídricos, propiciar la preservación de ecosistemas, instrumentar proyectos de recarga artificial de acuíferos, fortalecer los consejos de cuenca y órganos auxiliares.	El fluido geotérmico utilizado en la generación de energía geotérmica es extraído de un yacimiento geotérmico hidrotermal que se encuentra a profundidades muy superiores (mayores a 1800 m) a las que se encuentran los acuíferos someros, para que el proceso geotérmico sea renovable el agua separada del proceso de generación se vuelve a inyectar al yacimiento a través de pozos inyectores los cuales se encuentran a profundidades similares a las que fue extraída. Así mismo, se garantiza que por lo que la generación de energía geotermoeléctrica no se afecta la disponibilidad de los recursos hídricos someros en la región.
Estrategia 10. Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección.	Identificar cuerpos de agua prioritarios, establecer proyectos de veda de aguas subterráneas, establecer declaratorias de reserva de aguas, fomentar reglamentos de distribución de las aguas, ejecutar el proceso de planeación programación. Presupuesto y aplicación obligatoria de programas hídricos.	Estas acciones van encaminadas a la CONAGUA quien se encarga de administrar los recursos hídricos en el país. Con el desarrollo del proyecto no contraviene con lo establecido en estas acciones, ya que el recurso geotérmico se encuentra a profundidades no aprovechables para los diferentes usos de agua establecidos en la ley; así mismo, dentro del campo geotérmico no se tienen identificados cuerpos de aguas someros que puedan ser aprovechables.
Estrategia 11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Programas de mantenimiento de presas. Asegurar que los volúmenes concesionados estén acordes con las fuentes de abastecimiento.	Estas acciones van encaminadas a la CONAGUA quien se encarga de administrar los recursos hídricos en el país. En el área donde se encuentra el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes no existen cuerpos de agua someros. El Proyecto no contraviene a lo dispuesto en la presente estrategia.
Estrategia 12. Protección de los ecosistemas	Conservar los suelos realizando estudios, aplicando programas de manejo, ejecutar proyectos de preservación y ordenamiento forestal, controlar y	Dentro de los programas propuestos durante el desarrollo del campo geotérmico se han ejecutado programas de conservación de suelos, informando

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
	prevenir la desertificación y degradación de los recursos naturales.	a la autoridad ambiental de sus resultados. Para el proyecto que nos ocupa no se requerirá de llevar a cabo CUSTF.
Estrategia 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	Promover el manejo integral de las plagas y promover el uso y aplicación de plaguicidas agrícolas.	El desarrollo del proyecto no se encuentra dentro de un área agrícola, por lo que su realización no contraviene con lo dispuesto en estas acciones.
D. Dirigidas a la Restauración		
Estrategia 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.	Reforestar con especies nativas, restaurar zonas erosionadas, elaborar técnicas de conservación y restauración de ecosistemas, aumentar la superficie con plantaciones forestales, recuperar áreas degradadas.	Dentro de los programas propuestos durante el desarrollo de las diferentes actividades del campo geotérmico, se han propuesto programas de reforestación cuyo seguimiento se ha hecho de conocimiento de la autoridad ambiental. Con la realización del proyecto no se afectará la cobertura vegetal del sitio.
E. Dirigidas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios		
Estrategia 15. Aplicación de los productos de la investigación en el sector minero al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	Promover la inversión del sector aplicando el conocimiento geológico del territorio. Apoyar a la minería; solucionar las demandas sociales relacionadas con el uso óptimo del suelo y el aprovechamiento de los recursos sustentables.	El proyecto no contraviene con estas acciones; toda vez que no tiene ninguna relación con el sector minero. No obstante, la perforación de pozos geotérmicos proporciona conocimiento geológico en la zona.
Estrategia 15 bis. Coordinación entre los sectores minero y ambiental.	Desarrollar acciones de colaboración entre el sector minero y las autoridades ambientales que promuevan el desarrollo minero sustentable, promover la participación del sector minero en la elaboración de POER o locales, asesorar a los mineros para favorecer el cumplimiento ambiental.	Igual que en el comentario anterior; el proyecto no contraviene con estas acciones; toda vez que no tiene ninguna relación con la minería.
Estrategia 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	Diversificar y consolidar la oferta turística; Impulsar la integración de circuitos y rutas temáticas y regionales; vincular de manera transversal todas las acciones de planeación y desarrollo de oferta competitiva; integrar programas, acciones e instrumentos de fomento a la oferta; sistematizar y socializar la información estratégica sobre el desarrollo turístico; incorporar criterios ambientales en la autorización de desarrollos turísticos; gestionar Infraestructura de bajo impacto acorde con el tipo de turismo.	El proyecto geotermoeléctrico que nos ocupa no tiene relación con el fomento productivo turístico, por lo cual el proyecto no contraviene con las acciones propuestas para el desarrollo de esta estrategia.
Estrategia 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	Actualizar y ampliar el programa agenda 21 para el turismo mexicano; promover acciones de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático; participar en programas de investigación sobre causas y efectos de los fenómenos naturales; mejorar los criterios de operación de los convenios de coordinación en materia de reasignación de recursos; fomentar que se generen sinergias con el CPTM y FONATUR; Identificar y	Mismo comentario que el anterior; el proyecto no tiene correspondencia con la política turística del territorio, motivo por el cual no contraviene con la misma.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
	priorizar inversiones y acciones de política pública con criterios regionales de fortalecimiento y diversificación así como de impulso a zonas marginadas.	
Estrategia 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	Identificar segmentos de mercado nacionales e internacionales no atendidos y/o emergentes; apoyar la toma de decisiones entre entidades públicas, privadas y sociales, ampliar la práctica del turismo en el mercado doméstico; impulsar programas de turismo para segmentos especializados del turismo doméstico; fomentar programas de financiamiento a la demanda de turismo doméstico.	Como se mencionó anteriormente, el proyecto no contraviene con las acciones propuestas para esta estrategia, toda vez que no tiene relación con la misma.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana:		
C. Agua y Saneamiento.		
Estrategia 27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región.	Apoyar el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales y promover su a uso; fomentar la calidad del agua potable y saneamiento, promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los organismos operadores de agua, creación adecuada de sistemas de disposición de residuos sólidos urbanos.	El proceso geotérmico no genera aguas residuales, ya que como parte del proceso geotérmico se encuentra el inyectar el agua separada al yacimiento geotérmico a través de pozos inyectores diseñados para tal fin. Sin embargo, el proyecto no contraviene con lo establecido en la presente estrategia.
Estrategia 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Mejorar los sistemas e indicadores del sector hidráulico; promover el tratamiento de aguas residuales y su uso, mejorar la calidad de agua suministrada.	Mismo comentario que la estrategia anterior; por lo cual el proyecto no contraviene con las acciones propuestas para esta estrategia.
Estrategia 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	Desarrollar campañas sobre la importancia, uso y pago del agua, impulsar programas de educación de la cultura del uso responsable del agua e incorporar el tema del agua en los libros de nivel básico, fomentar el mantenimiento de la red de agua, fortalecer la educación ambiental para evitar los asentamiento humanos irregulares en causes.	Esta estrategia va encaminada a la autoridad del agua y a la secretaria de educación pública; sin embargo, dentro del campo geotérmico en las platicas que se tienen de educación ambiental, el agua es un tema prioritario concientizando al personal del uso eficiente de este recurso tan importante para la vida.
D. Infraestructura y equipamiento urbano y regional		
Estrategia 30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional.	Modernizar los corredores troncales, transversales y longitudinales; mejorar la conexión de la infraestructura carretera con la infraestructura urbana, promover que en el diseño de la infraestructura carretera no se interrumpan corredores biológicos y causes de ríos, áreas naturales protegidas, así como áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos.	El desarrollo del proyecto no requiere de la construcción de nuevos caminos de acceso. El proyecto no contraviene con la presente estrategia.
E. Desarrollo social		
Estrategia 33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la	Mejorar el ingreso promedio de los hogares rurales, aplicar el programa especial concurrente, fortalecer el sistema nacional de capacitación y asistencia técnica rural integral, consolidar proyectos de diversificación económica y productiva que tomen en cuenta las	El desarrollo de este campo geotérmico en la región ha proporcionado empleo desde sus inicios (a principio de 1990), tanto para los habitantes del Ejido Bonfil, como para los de la región. En este sentido, este proyecto promoverá

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.3. Vinculación del proyecto con las estrategias sectoriales propuestas para la UAB 3.

Estrategia Ecológica	Principales acciones	Vinculación
aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	necesidades e intereses de los hombres y mujeres de bajos ingresos de comunidades rurales.	el desarrollo de empleos, tanto directos como indirectos, coadyuvando al mejoramiento del ingreso promedio en los hogares rurales.
Estrategia 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	Desarrollar actividades que permitan aumentar las habilidades, conocimientos y capacidad de gestión de los grupos rurales prioritarios y comunidades con presencia indígena, señalados en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND); Apoyar y promover la incorporación al desarrollo social y económico de las mujeres habitantes de los ejidos y comunidades con presencia indígena y pobreza patrimonial. Brindar servicios que permitan la conciliación entre la vida laboral y familiar, para mejorar la calidad de vida de las mujeres, así como la de sus hijos. Facilitar la integración de la mujer al mercado laboral mediante la expansión del sistema de estancias infantiles.	Es importante señalar que para la región y para la entidad no se tiene identificado grupos o comunidades con presencia indígenas o tribales. Por lo cual el proyecto no contraviene con lo dispuesto para esta estrategia.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional:		
B. Planeación del Ordenamiento Territorial		
Estrategia 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	Impulsar el desarrollo social; establecer procesos de planeación regional que generen políticas sectoriales, transversales y de impacto regional; promover que los instrumentos de planeación y gestión del territorio que sean congruentes con los programas de ordenamiento ecológico vigentes; generar sinergia entre los sectores que tienen a cargo otros instrumentos de planeación territorial a fin de complementar e integrar políticas públicas.	El proyecto no contraviene con las acciones propuestas para atender esta estrategia.

En conclusión, el desarrollo del presente proyecto geotermoeléctrico, no interfiere ni contraviene con los lineamientos y estrategias ecológicas dirigidas para lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y al fortalecimiento de la gestión y la coordinación, establecidas para la UAB 3 (Sierra La Giganta).

3.2.2. Programas de Ordenamiento Ecológico en Baja California Sur

Derivado del análisis realizado de fuentes bibliográficas y consultas llevadas a cabo tanto en las páginas web de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la SEMARNAT, a la fecha el estado de Baja California Sur no cuenta aún con un ordenamiento ecológico de su territorio. En la **Tabla 3.4** se presentan los dos únicos ordenamientos decretados para el estado de Baja California Sur; el primero de los cuales involucra además los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit. Sin embargo, éstos no son vinculantes con el presente proyecto ya que éste no incide en los espacios territoriales de ninguno de ellos, por lo anterior no se realiza su vinculación con el proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.4. Ordenamientos ecológicos decretados para el Estado de Baja California Sur.	
Ordenamiento	**Fecha de decreto**
Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California	29 de noviembre del 2006
Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Los Cabos, B.C.S.	31 de agosto de 1995

3.3. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

3.3.1. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (REBIVI), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de septiembre de 2000.

Esta área natural protegida se localiza en el extremo norte del estado de Baja California Sur dentro de los límites políticos del municipio de Mulegé. Se limita al norte por el paralelo 28 que divide los estados de Baja California Sur y Baja California; por la costa occidental el Océano Pacífico, desde la Laguna Guerrero Negro, hasta el remate del estero El Dátil, por la costa oriental desde el paralelo 28 hasta Santa Rosalía; al sureste la frontera es irregular y va de este a oeste por la carretera transpeninsular y luego pasa por la Laguna San Ignacio y la Barra San Juan.

La Reserva comprende 2 546 790.25 ha de las cuales 363 438.87 ha se encuentran como zonas núcleo y 2 183 351.38 ha corresponden a zona de amortiguamiento, la cual presenta la siguiente sub-zonificación: a) Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales, b) Zonas de Uso Restringido y c) Zonas de asentamientos Humanos. Cabe mencionar que la Reserva incluye 5 km de franja costera de Mar Territorial de ambas costas con el fin de incluir la ruta migratoria de la ballena gris, las islas y los diferentes recursos pesqueros existentes (**Figura 3.2**).

Con base en lo anterior, el ***Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS***., se ubica dentro del área natural protegida denominada Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, específicamente en la "***Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (ZASRN)"*** (ver Figura 3.3), establecida así en el "Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 1988.

De acuerdo con el Programa de Manejo de esta Reserva, en la ZASRN se permite el desarrollo de actividades que consideren el **aprovechamiento sustentable de los recursos naturales** e incluso la modificación de los ecosistemas cuando técnica y legalmente sea la mejor opción para su uso, considerando las leyes y las normas que permitan la conservación y preservación de los recursos naturales y su hábitat.

VERSIÓN PÚBLICA

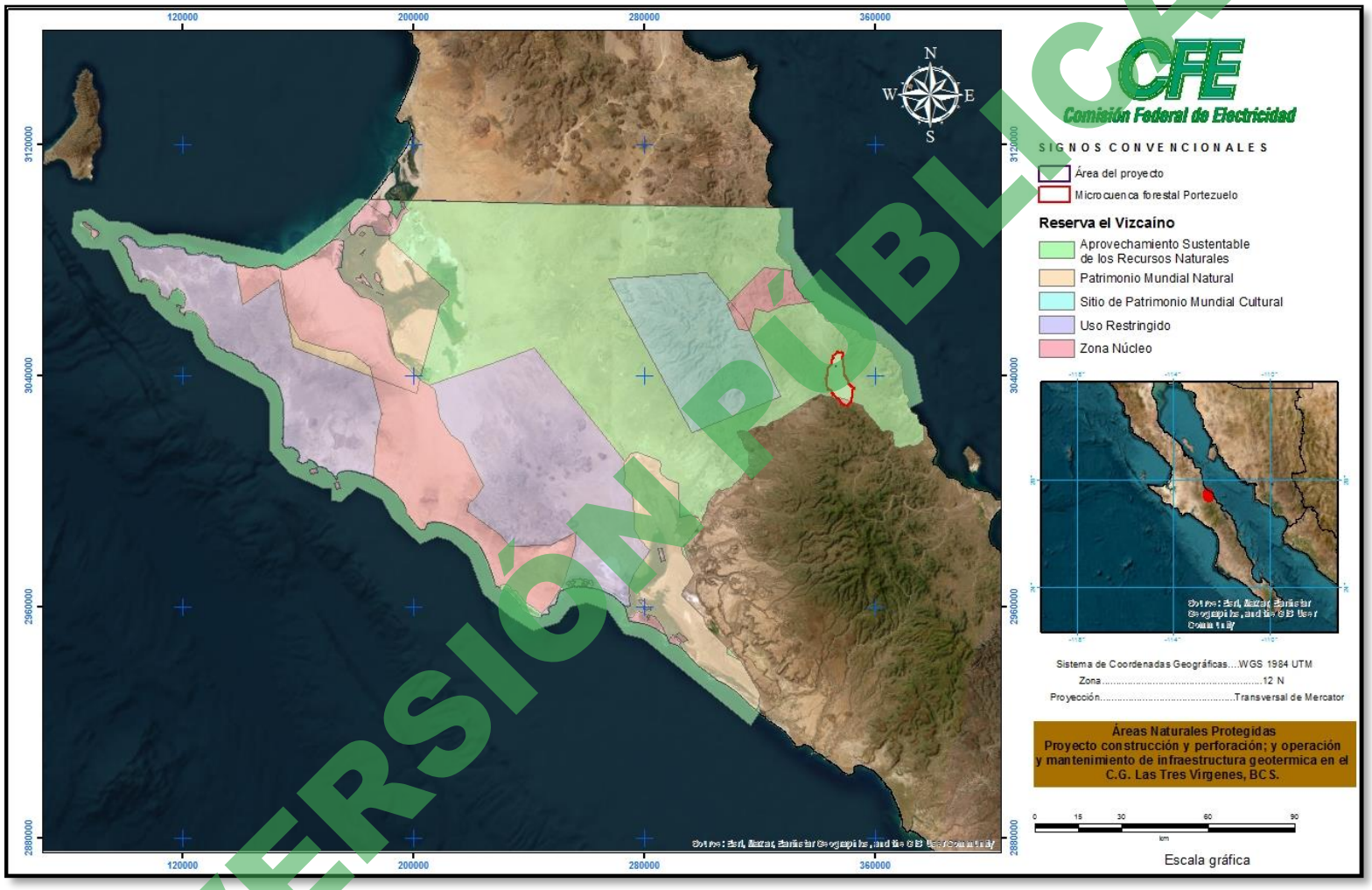


Figura 3.2. Localización del proyecto dentro del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes en la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales dentro de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno.

VERSIÓN PÚBLICA

En síntesis, bajo las siguientes consideraciones, el proyecto no se contrapone con lo dispuesto tanto en el Decreto del ANP así como lo previsto en el Programa de Manejo de la REBIVI:

Del análisis realizado, con lo dispuesto en el Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera "El Vizcaíno", se identificó que en el Artículo Décimo Primero de dicho decreto señala que:

> *"Todo proyecto de obra pública o privada que se pretenda realizar dentro del área considerada como zona de amortiguamiento, deberá contar con autorización expresa de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en los términos de los artículos **28**, 29 y 34 de la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, con las excepciones previstas en su Reglamento, en el de la Ley Forestal y en el Programa de Manejo del Área. En la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", no se podrá autorizar la fundación de nuevos centros de población.*

Asimismo, en el artículo Décimo Quinto se establece que:

> *"Los permisos, licencias, concesiones, y en general toda clase de autorizaciones para la explotación, extracción o aprovechamiento de los recursos en la reserva de la biosfera "El Vizcaíno", sólo podrán otorgarse cuando se ajusten a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Forestal y su Reglamento y las demás disposiciones legales aplicables. El solicitante, deberá demostrar ante la autoridad competente su capacidad técnica y económica para llevar a cabo la exploración, explotación, extracción o aprovechamiento de que se trate, sin causar deterioro al equilibrio ecológico de la citada reserva".*

De lo anterior se desprende que al someter al procedimiento de evaluación del impacto ambiental la presente manifestación de impacto ambiental (MIA) del presente proyecto, se cumple con las formalidades previstas en los artículos 28, 29 y 34 de la LGEEPA, tal y como quedó de manifiesto en el Apartado 3.1 del presente capítulo; en consecuencia, queda en evidencia que el proyecto cumple con lo establecido en los artículos Décimo Primero y Décimo Quinto del Decreto en cuestión y por lo tanto es congruente con lo dispuesto en dichos artículos.

Asimismo, cabe señalar que dentro de la estructura del Programa de Manejo se han considerado diferentes elementos básicos para la administración del área que obedecen a la problemática específica de los sectores productivos que inciden en la REBIVI. Bajo este enfoque se identificó que los sitios seleccionados para el presente proyecto no inciden sobre los espacios territoriales considerados como patrimonio mundial (**Figura 3.3**).

Sitio	Superficie (ha)
1. Laguna Ojo de Liebre	227 994-50-00
2. Laguna San Ignacio	142 956-60-00
3. Sierra de San Francisco	183 946-65-00

VERSIÓN PÚBLICA

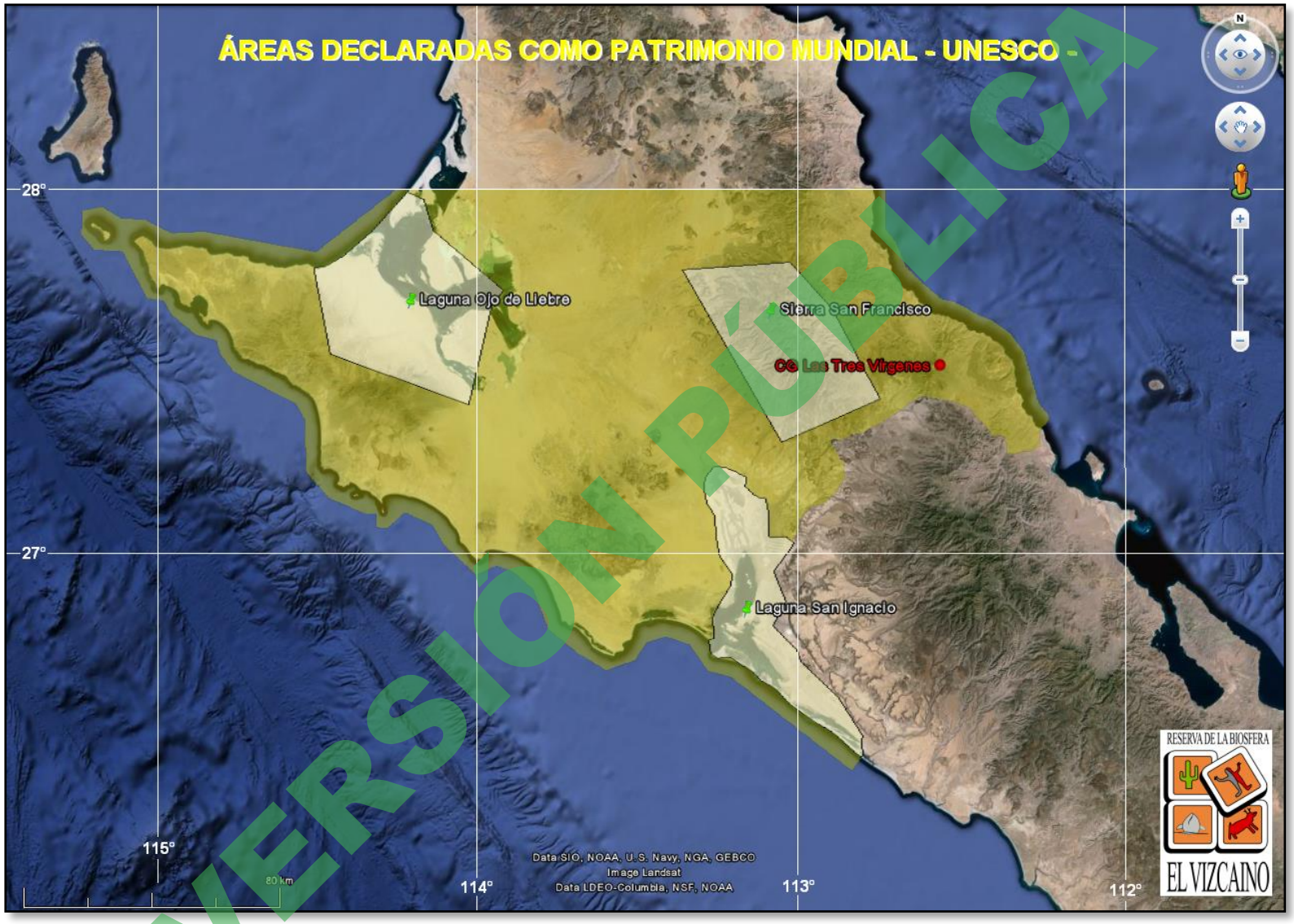


Figura 3.3. Localización del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes con respecto a las zonas declaradas como Patrimonio Mundial.

VERSIÓN PÚBLICA

En virtud de lo anterior, se identificó que para el desarrollo de cualquier obra y/o actividad que promueva cualquier ente público o privado en la REBIVI se debe dar cumplimiento a lo que establece la Componente Marco Legal, el cual contiene 109 Reglas Administrativas, las cuales se analizan en la **Tabla 3.5**.

Tabla 3.5. Reglas Administrativas del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Reglas	Vinculación con el proyecto
Capítulo I. Disposiciones Generales	
Regla 1. Las presentes Reglas son de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas que realicen actividades dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegé, Estado de Baja California Sur, de acuerdo con la zonificación establecida.	La CFE dará cumplimiento total a las reglas que sean aplicables para la realización del proyecto.
Capítulo II. De los permisos, autorizaciones y avisos	
Regla 5. Se requerirá de autorización por parte de la SEMARNAP para la realización de las siguientes actividades, de conformidad con las disposiciones legales aplicables: I. Aprovechamiento de recursos forestales y cambio de usos de suelo; II. Colecta de flora y fauna, así como de otros recursos biológicos con fines de investigación científica; III. Aprovechamiento de flora y fauna; IV. Actividades mineras, en materia de impacto ambiental; **V. Realización de obras o infraestructura pública o privada; y** VI. Pesca y acuacultura didáctica.	Para la realización del presente proyecto, la CFE mediante la presente MIA-P se somete al Procedimiento de evaluación de impacto ambiental, y con ello obtener la autorización correspondiente para el desarrollo de las actividades, tal y como lo establecen los Artículos 28 y 35 de la LGEEPA.
Regla 6. Se requerirá de concesión por parte de la SEMARNAP para la realización de las siguientes actividades: I. El uso, explotación y aprovechamiento de las aguas nacionales y Zona Federal Marítimo Terrestre, y II. Pesca y acuacultura comercial.	Para llevar a cabo el aprovechamiento del recurso geotérmico, la CFE cuenta con los Títulos de Concesión para el aprovechamiento de aguas subterráneas del yacimiento geotérmico hidrotermal y permiso de inyección a yacimientos geotérmicos hidrotermales emitidos por la CONAGUA y requeridos en la Ley de Energía Geotérmica. Cuando se perfora un pozo nuevo se solicita a la autoridad del agua su incorporación al título de concesión solicitando una redistribución de volúmenes. (Una vez que se perfore el pozo LV-4B y antes de su aprovechamiento se llevaran a cabo las gestiones requeridas ante la CONAGUA para su incorporación al título de concesión).
Regla 11. La SEMARNAP otorgará o negará el permiso dentro de un plazo de 30 días hábiles, contados a partir de la fecha en que se presente la solicitud. Una vez transcurrida dicha fecha sin que medie respuesta por parte de ésta se entenderá negado el permiso solicitado.	Para la evaluación de este documento la CFE se ajustará los plazos previsto en el Artículo 35 de la LGEEPA, para la obtención de la resolución ambiental correspondiente.
Reglas 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y **22.**	Esta reglas no son de aplicación al proyecto el cual corresponde al sector energía con la generación de energía geotermoeléctrica, y estas están encaminadas a actividades relacionadas con los sectores: pesca, educación, prácticas de campo, turismo etc.
Capítulo III. De los prestadores de servicios turísticos y de las actividades turísticas	
Reglas 23 a **41**	Estas reglas no tienen ninguna relación con el proyecto y no son vinculantes, ya que están enfocadas a las actividades turísticas de la zona.
Capítulo IV. De la observación de ballena	

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.5. Reglas Administrativas del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Reglas	Vinculación con el proyecto
Reglas 42 a **48**	Estas reglas no tienen ninguna relación con el proyecto y no son vinculantes, debido a que están relacionadas con la observación de la ballena gris, y el proyecto incide en zona terrestre y no marinas.
Capítulo V. De la investigación científica	
Reglas 49 a **53**	Estas reglas no tienen ninguna relación con el proyecto y no son vinculantes, debido a que están enfocadas a la investigación científica.
Capítulo VI. De los aprovechamientos	
Regla 54. En la zona de amortiguamiento de la Reserva, podrán continuar realizándose las actividades pesqueras, mineras, forestales y agropecuarias que cuenten con la autorización expedida por la autoridad competente, así como aquéllas emprendidas por las comunidades que ahí habiten, de conformidad con la zonificación establecida en el Programa de Manejo, mismas que deberán ser compatibles con los objetivos, criterios, programas y proyectos de aprovechamiento sustentable y la vocación del suelo, considerando las previsiones de los programas de ordenamiento ecológico y demás disposiciones legales aplicables.	Actualmente, en la zona de amortiguamiento se encuentra en operación comercial el campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., el cual cuenta con diversas autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal por parte de la SEMARNAT (DGIRA y DGGFS); para el caso de las obras y actividades del presente proyecto, se somete a evaluación la presente MIA-P para obtener la autorización correspondiente en la materia.
Regla 55. El uso, explotación y aprovechamiento de las aguas nacionales dentro de la Reserva, incluyendo las descargas de aguas residuales, deberá apegarse a lo previsto en la Ley de Aguas Nacionales, LGEEPA y las normas oficiales mexicanas.	El campo geotérmico cuenta con los Títulos de Concesión para el aprovechamiento de aguas subterráneas de yacimientos geotérmicos hidrotermales y permiso de inyección de salmuera geotérmica a yacimientos geotérmicos hidrotermales otorgados por la CONAGUA. Para el caso de las obras y actividades del presente proyecto, se solicitará a la CONAGUA la redistribución de volúmenes correspondiente, así como las modificaciones técnicas necesarias.
Regla 56. Para la realización de desmontes se deberá contar con la autorización correspondiente, previa presentación de una manifestación de impacto ambiental en la modalidad definida por el INE, en términos de las disposiciones legales aplicables.	Para las obras y actividades del presente proyecto no se llevarán a cabo desmontes ya que el pozo LV-4B, se construirá y perforará en una plataforma existente, la cual esta desprovista de vegetación forestal y para la cual no se requiere de llevar a cabo movimiento de tierras.
Reglas 57 a **91**	Estas reglas no son vinculantes con el proyecto; ya que están encaminadas a actividades de los sectores agrícolas, mineros, pesqueros, explotación de bancos de materiales, captura y cacería de especies faunísticas como (el berrendo y el borrego cimarrón, entre otras), colecta de ejemplares florísticos para establecimiento de pequeños viveros con fines de reforestación.
Capítulo VII. Del manejo y disposición final de residuos sólidos y líquidos	
Regla 92. El manejo de los desechos sólidos industriales, agrícolas y mineros deberá incorporar técnicas y procedimientos para su reutilización, reciclaje, manejo y disposición final de conformidad con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables.	Los residuos generados durante las diferentes etapas del proyecto se manejarán de manera integral de acuerdo con lo establecido en la LGPGIR y su Reglamento.
Reglas 91, 93, 94, 95 y **97**	Estas reglas no tienen ninguna relación con el proyecto y no son vinculantes, debido a que están orientadas a los desechos generados en actividades relacionadas con la pesca y la agricultura.
Capítulo VIII. De la zonificación	

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.5. Reglas Administrativas del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Reglas	Vinculación con el proyecto
Regla 98. Las restricciones de uso estarán determinadas de acuerdo con la siguiente zonificación, y las actividades permitidas y prohibidas se expresan en el Componente de Zonificación del Programa de Manejo:	Como se mencionó con anterioridad la ubicación del proyecto se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento, específicamente en la subzonificación de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales, donde esta zona permite aprovechar los recursos naturales en cumplimiento con leyes, reglamentos y NOM's aplicables en la materia. El proyecto se desarrollará en cumplimiento a las Leyes, Reglamentos y NOM´s que le apliquen.
II) Zona de Amortiguamiento. Con el objeto de mantener y mejorar las condiciones de los ecosistemas, así como la continuidad de los procesos ecológicos en la Zona de Amortiguamiento, en donde existen poblaciones silvestres de flora y fauna, incluyendo especies consideradas en riesgo por las Normas Oficiales Mexicanas, se establece la siguiente subzonificación: a) Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales. En estas áreas se permitirá el desarrollo de actividades que consideren el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales e incluso la modificación de ecosistemas presentes cuando técnica y legalmente sea la mejor opción para su uso, considerando las leyes y las normas que permitan la conservación y preservación de los recursos naturales y su hábitat.	El área donde se llevarán a cabo las obras y/o actividades del presente proyecto, ya se encuentra impactada con infraestructura geotérmica por lo que no se afectarán recursos naturales como la flora y la fauna, por otra parte el área del proyecto cae en la zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (aprovechamiento del recurso geotérmico para la generación de energía geotermoeléctrica, considerada limpia y renovable), todo el desarrollo del proyecto se llevará a cabo en cumplimiento a lo dispuesto en las Leyes, Reglamentos y NOM´s que le apliquen.
Capítulo IX. De las prohibiciones	
Regla 104. En toda la Reserva de la Biosfera queda prohibido: IV. Realizar obras industriales o mineras dentro de la zona de amortiguamiento, sin la autorización en materia de impacto ambiental; XIV. La construcción de obras o infraestructura, pública o privada, sin la autorización de la SEMARNAP XVIII. La construcción de brechas o caminos para vehículos motorizados, sin la autorización de la SEMARNAP; XXII. Verter o descargar aguas residuales, aceites, grasas, combustibles o cualquier otro tipo de contaminantes, desechos sólidos, líquidos o de cualquier otro tipo, sin la autorización que para tal efecto expida la SEMARNAP, o que rebase lo establecido en las normas oficiales mexicanas;	La CFE es consciente de la aplicación de la presente Regla. Se respetará en todo momento lo establecido en la misma y no se realizarán actividades, sin antes contar con la autorización correspondiente.
Capítulo X. De la supervisión y vigilancia	
Regla 105. La inspección y vigilancia del cumplimiento de las presentes Reglas corresponde a la SEMARNAP, por conducto de la PROFEPA, sin perjuicio del ejercicio de las atribuciones que corresponda a otras dependencias del Ejecutivo Federal.	Esta regla está encaminada a las facultades expresas de una autoridad ambiental y, en consecuencia, la CFE vigilará el cumplimiento de esta regla y de la normativa ambiental aplicable al proyecto, tanto para su personal como la de las empresas contratistas.
Regla 106. Toda persona que tenga conocimiento de alguna infracción o ilícito que pudiera ocasionar algún daño a los ecosistemas de la Reserva, podrá notificar a las autoridades competentes de dicha situación, por conducto de la PROFEPA, o al personal de la Reserva, para que se realicen las gestiones correspondientes.	
Capítulo XI. De las sanciones y recursos	
Regla 107. Las violaciones al presente instrumento serán sancionadas de conformidad con lo dispuesto en la LGEEPA, en el Título Vigésimo Quinto del Código Penal para el Distrito Federal en materia del fuero común y para toda la República en materia de fuero Federal, en la Ley de Pesca, Ley Minera, Ley Forestal y sus respectivos Reglamentos, y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.	Estas reglas están encaminadas a las facultades expresas de una autoridad ambiental y, en consecuencia, la CFE vigilará su cumplimiento.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.5. Reglas Administrativas del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.	
Reglas	**Vinculación con el proyecto**
Regla 108. El usuario que viole las disposiciones contenidas en el presente instrumento, salvo en situaciones de emergencia, en ningún caso podrán permanecer en la Reserva y será conminado por el personal de la PROFEPA y de la Reserva a abandonar el área.	
Regla 109. Los prestadores de servicios, conductores o usuarios que hayan sido sancionados, podrán inconformarse con base en lo dispuesto en el Título VI Capítulo V de la LGEEPA y en la Ley Federal del Procedimiento Administrativo.	

Una vez analizadas las Reglas administrativas del decreto del ANP y su Plan de Manejo, se concluye que las obras y/o actividades del presente proyecto, son compatibles, y en algunos casos vinculantes con los objetivos, criterios establecidos para la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales en términos del Decreto por el que se establece la Reserva de la Biosfera y de su Programa de Manejo.

3.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Con base en lo dispuesto en los Artículos 36[1], fracción I, y 37 TER[2] de la LGEEPA, en los cuales se enmarcan preceptos de tipo potestativo, la CFE acatará y cumplirá con todas y cada una de las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) en materia de: emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales, de emisión de ruido, de residuos tanto peligrosos como no peligrosos, que aplican y regulan las actividades del proyecto, ya que dichas NOM's son de observancia general y de aplicación obligatoria, consecuentemente, en la **Tabla 3.6** se expone de manera general la vinculación del cumplimiento con cada NOM aplicable al proyecto.

Tabla 3.6. Normas Oficiales Mexicanas que regulan las diversas obras y/o actividades del Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.	
NOM – Regulación	**Cumplimiento**
En materia de emisiones a la atmósfera	

VERSIÓN PÚBLICA

[1] **Artículo 36**.- Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría emitirá **normas oficiales mexicanas** en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto:

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que **deberán observarse** en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en la producción, uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

II.- Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente;

III.- Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable;

IV.- Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación ambiental que ocasionen, y

V.- Fomentar actividades productivas en un marco de eficiencia y sustentabilidad.

La expedición y modificación de las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, se sujetará al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

[2] **Artículo 37 TER**.- Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental **son de cumplimiento obligatorio** en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.

Tabla 3.6. Normas Oficiales Mexicanas que regulan las diversas obras y/o actividades del Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.

NOM – Regulación	Cumplimiento
NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Durante la construcción y perforación del pozo LV-4B se prevén emisiones a la atmósfera de gases de combustión provenientes de los vehículos automotores y maquinaria que serán utilizados, así como gases de combustión interna del equipo de perforación. Por lo anterior, se preverá que el equipo y maquinaria a utilizar cuenten con mantenimiento preventivo para cumplir con lo indicado en las presentes normas.
NOM-045-SEMARNAT-2017. Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.	
En materia de contaminación por ruido	
NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	La CFE tiene implementado un programa de mantenimiento y verificación vehicular anual para mantener las unidades en condiciones óptimas, considerando entre otros aspectos los referentes a la emisión del ruido.
NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Para dar cumplimiento a lo establecido en la presente norma, durante las actividades de construcción y perforación del pozo LV-4B, se llevará a cabo un estudio de ruido perimetral antes y durante la realización de estas actividades, lo anterior para asegurarnos del cumplimiento de los límites máximos permisibles de la emisión de ruido.
En materia de contaminación del suelo	
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos de muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	En el caso de algún derrame accidental de hidrocarburos durante las actividades de construcción y perforación del pozo LV-4B sobre el suelo natural, se procedería a caracterizarlo y a remediarlo conforme a las especificaciones de esta norma.
En materia de residuos peligrosos y de manejo especial	
NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Los residuos generados durante las diferentes obras y/o actividades del presente proyecto, se identificarán y clasificarán de acuerdo con el procedimiento establecido en la presente NOM.
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993.	En caso de ser necesario determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos, se realizarán de acuerdo con el procedimiento que establece la presente norma.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 3.6. Normas Oficiales Mexicanas que regulan las diversas obras y/o actividades del Proyecto Construcción y Perforación; Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.	
NOM – Regulación	**Cumplimiento**
NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Todos aquellos residuos de manejo especial que generen las obras y/o actividades del proyecto que nos ocupa, serán clasificados y manejados conforme lo establece esta NOM.
En materia de impacto ambiental	
NOM-150-SEMARNAT-2017. Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.	Para la construcción del pozo LV-4B se acatará todas las especificaciones técnicas contenidas en la NOM, aún y cuando el proyecto se localice dentro de un área natural protegida y no aplique directamente esta norma, las aplicación de las medidas preventivas propuestas en la misma son de aplicación para la perforación de todos los pozos geotérmicos en general.
Normas de la Comisión Nacional del Agua	
NOM-003-CONAGUA-1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.	Para la perforación de pozos geotérmicos, la CFE cumple con los requisitos señalados en esta NOM.
NOM-004-CONAGUA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	Cuando la CFE decide el abandono de un pozo geotérmico, para el taponamiento de este se incluyen los requisitos establecidos en esta NOM, y cuenta además con especificaciones ex profesas, que van más allá de las medidas de protección y seguridad establecidas en esta NOM.

3.5. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)

3.5.1. Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027

El Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 contempla fortalecer la gobernanza bajo los principios de una política de cero tolerancia a la corrupción, de tener un gobierno honesto, cercano a su gente, confiable, efectivo, abierto y de acceso al mismo trato y oportunidades, que incluye el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos humanos y las libertades fundamentales.

El Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 está conformado por cinco ejes generales donde se abordan temas de gran trascendencia para la sociedad.

Eje I. Bienestar e inclusión. Con este eje se busca el bienestar principalmente para los grupos vulnerables, implementando políticas públicas que contribuyan a reducir la brecha de desigualdad dando prioridad a la

VERSIÓN PÚBLICA

salud, educación, inclusión social, vivienda digna, fortalecimiento del arte, cultura y deporte. Considerando personas con capacidades diferentes, diversidad sexual, población indígena, migrantes y afroamericanos.

Eje II. Política de paz y seguridad. El objetivo de este eje es incrementar la paz y seguridad en el estado, propiciando un estado de derecho justo y equitativo, respetando los derechos humanos. Por otra parte, se fortalecerá a protección Civil para la atención de posibles desastres o calamidades públicas. Así mismo considera temas específicos como feminicidios, trata de personas y búsqueda de personas desaparecidas entre otros.

Eje III. Reactivación económica y empleo incluyente. El objetivo de este eje es la reactivación de la economía y la generación de empleos, considerando al turismo como la actividad que mueve el progreso.

Eje IV. Infraestructura para todos, medio ambiente y sustentabilidad. Este eje considera una política pública hidráulica, de movilidad urbana, comunicaciones y transportes, eléctrica y telecomunicaciones que contribuyan a una mejor calidad de vida de los ciudadanos. También aborda temas de medio ambiente, cambio climático, ordenamiento territorial y **energías alternativas.**

Eje V. Transparencia y rendición de cuentas. El objetivo es aplicar estrategias orientadas a la transparencia, rendición de cuentas y mitigar la corrupción. Rendir cuentas a la sociedad. Con un gobierno cercano a la gente.

Así mismo, se establecieron cinco ejes transversales para lograr la transversalidad: **Igualdad de género; II. Derechos humanos; III. Protección de los derechos de niñas, niños y adolescentes; IV. Democracia participativa para la gobernanza, y V. Sustentabilidad y cambio climático**, que buscan articular acciones para contribuir a reducir problemáticas y alcanzar los objetivos definidos desde una visión integral.

Objetivo: Consolidar la transformación en la vida pública del estado, ser un gobierno democrático, que trabaje en gobernanza y que impulse el desarrollo, reoriente las políticas públicas y las prioridades del gobierno para que se logre vivir en un estado de bienestar, moderno, que genere desarrollo económico y, sobre todo; que garantice la salud, la educación, la seguridad, la equidad, igualdad y la inclusión de los sudcalifornianos.

Para lograr el objetivo general mencionado anteriormente, el Plan de Desarrollo plantea una serie de objetivos, estrategias y líneas de acción por temas prioritarios, es así como el proyecto que nos ocupa se suma a coadyuvar con la necesidad de contar con una mejor infraestructura de energías renovables, ya que esto representa oportunidades y retos por resolver, y sabiendo que el estado cuenta con los recursos renovables necesaria para generar energías limpias y renovables como: solar, eólica, **geotérmica** y bioenergética.

VERSIÓN PÚBLICA

INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES

Objetivo 2. Contribuir al cumplimiento de las metas nacionales en materia de emisiones de Gas de Efecto Invernadero (GEI) y **la participación de energías limpias** expresadas en la Ley General de Cambio Climático,
la Ley de Transición Energética y los compromisos nacionales del Acuerdo de París.

Estrategia 2.1. **Impulsar la utilización de energías renovables** y evitar las nuevas obras que utilicen los combustibles fósiles.

Objetivo 3. Asegurar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna (ONU).

Estrategia 3.1. Identificar las potencialidades regionales en materia de energía renovable e impulsar su desarrollo.

METAS:

• Asegurar que el SBCS tenga en todo momento el respaldo suficiente de capacidad de generación de energía eléctrica para evitar cualquier situación de déficit de generación y desconexiones de carga (comúnmente conocidos como apagones).
• Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
• Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

Vinculación con el Proyecto:

El continuar con el desarrollo y operación del proyecto geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes, BCS. El cual tiene una capacidad instalada de 10 MW (lo cual se requiere alcanzar y/o mantener) con las obras y actividades del presente proyecto suma para alcanzar las metas establecidas en el presente Plan de Desarrollo ya que la energía geotérmica es una energía limpia y renovable, y que además es carga base que aporta al en el sistema aislado de Múgele; así mismo contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero, ya que al no quemar combustibles fósiles se disminuye la cantidad de CO_2 emitida por Kw de energía producida por este tipo de tecnología. El proyecto no contraviene a lo dispuesto en el presente Plan de Desarrollo del Estado.

MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO

Objetivo 8. Impulsar el cumplimiento de la normatividad ambiental para la conservación, protección y aprovechamiento sustentable de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos, a través del fortalecimiento de las capacidades institucionales para la gestión ambiental y la implementación de los instrumentos de la política ambiental.

VERSIÓN PÚBLICA

Línea de acción:
8.1.10. Realizar el seguimiento a la implementación de la evaluación en materia de impacto ambiental.

Vinculación con el Proyecto:

El proyecto cumplirá con toda la normatividad aplicable al mismo en materia ambiental, así mismo se dará seguimiento a lo que establezca la autoridad ambiental una vez evaluado el presente documento.

ENERGÍAS ALTERNATIVAS:

El desarrollo de las energías renovables abre una ventana de oportunidades para los diferentes sectores productivos. Además de la solar, eólica, **geotermia** y bioenergía disponibles en la región. Su utilización, tendría efectos benéficos al reducir los impactos negativos al medio ambiente por los gases de efecto invernadero (GEI).

Objetivo 2. Desarrollar programas y proyectos de energía alternativa para disminuir el pago de facturaciones por consumo de la energía eléctrica, reducir los subsidios, así como la contaminación ambiental de forma simultánea.

Estrategia 2.1. Incrementar la eficiencia energética en los sectores productivos, mediante el desarrollo de proyectos de energía alternativa.

Línea de acción:
2.1.1. Promover y gestionar recursos de los tres órdenes de gobierno, empresas y organizaciones públicas y privadas para ejecutar programas y proyectos de energía alternativa.

Vinculación con el Proyecto:

Aún y cuando los objetivos, estrategias y líneas de acción están encaminadas a la Generación Distribuida, específicamente a proyectos fotovoltaicos, es importante mencionar que la energía geotérmica es una energía limpia y renovable que puede estar inyectando al sistema aislado energía continua lo cual contribuye al mantenimiento o incremento de la energía geotérmica en el estado. Por lo que es importante continuar con la operación y mantenimiento del Proyecto.

3.5.2. Plan Municipal de Desarrollo del municipio de Mulegé (2021-2024)

El Plan Municipal de Desarrollo 2021-2024 para el municipio de Mulegé considera los siguientes ejes rectores:

1.- Gobierno cercano e incluyente (Se atenderá a través de dos estrategias y sus correspondientes líneas de acción).

VERSIÓN PÚBLICA

2.- Gobierno eficaz y transparente (Se atenderá a través de 24 estrategias con sus correspondientes líneas de acción).
3.- Reactivación económica (Consta de 10 estrategias con sus correspondientes líneas de acción).
4.- Desarrollo humano y social incluyente (Esta compuesto por 17 estrategias y sus correspondientes líneas de acción).
5.- Prevención y seguridad (Consta de 7 estrategias y sus líneas de acción).
6.- Implementación y evaluación

Objetivos Generales del Plan:

• Ejercer un Gobierno cercano a la gente, ofreciendo condiciones de seguridad a la población, ordenado administrativamente, con desarrollo social y económico, pero sobre todo servicios públicos de calidad a través de un gobierno transparente, capaz de dar respuesta rápida y adecuada a la población del Municipio de Mulegé.
• Impulso al turismo a través de su diversificación, enfocándonos en un turismo que sea sostenible, comprometido con el medio ambiente y la cultura de cada uno de nuestros pueblos, intentando producir el menor impacto posible sobre ellos, a la vez que contribuya a generar ingresos y/o empleo para las poblaciones locales.
• Fortalecer la participación de las organizaciones de la sociedad civil a través de su participación en los programas del gobierno municipal, fomentando la cultura política entre la ciudadanía del municipio.
• Impulsar la vocación productiva municipal con la captación de las inversiones, la simplificación las gestiones empresariales, el impulso a la micro, pequeña y mediana empresa, y ampliando las oportunidades de empleo y capacitación para el autoempleo.
Generar un desarrollo urbano sustentable; controlando el crecimiento urbano y los asentamientos irregulares; mejorando la imagen urbana, la infraestructura y el equipamiento y ampliando la cobertura y calidad de los servicios públicos, en un marco de armonía y respeto con el medio ambiente.
• Contar con una Administración Pública moderna, eficiente, ordenada, racional, transparente y de calidad; impulsando la simplificación de trámites y servicios, así como la profesionalización de los servidores públicos.
• Fortalecer las finanzas públicas municipales; modernizando los sistemas de captación de ingresos impulsando la cultura del pago de las obligaciones fiscales; mejorando los mecanismos y lineamientos para el ejercicio y control de los egresos, así como el aprovechamiento al máximo del uso de recursos provenientes de los convenios de coordinación fiscal.

Es importante señalar que el Programa está enfocado en atender de manera responsable las demandas ciudadanas; en este sentido, no se establece limitaciones o restricciones para llevar a cabo el desarrollo de infraestructura para la generación de energía geotermoeléctrica ni su aprovechamiento.

VERSIÓN PÚBLICA

3.6. OTROS INSTRUMENTOS

3.6.1. Áreas de Importancia Ambiental

El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, actualmente en operación comercial y en donde se encuentran las áreas donde se llevarán a cabo las obras y actividades del proyecto, se localiza dentro de la Región Terrestre Prioritaria RTP-5, denominada El Vizcaíno-El Barril (**Figura 3.4**).

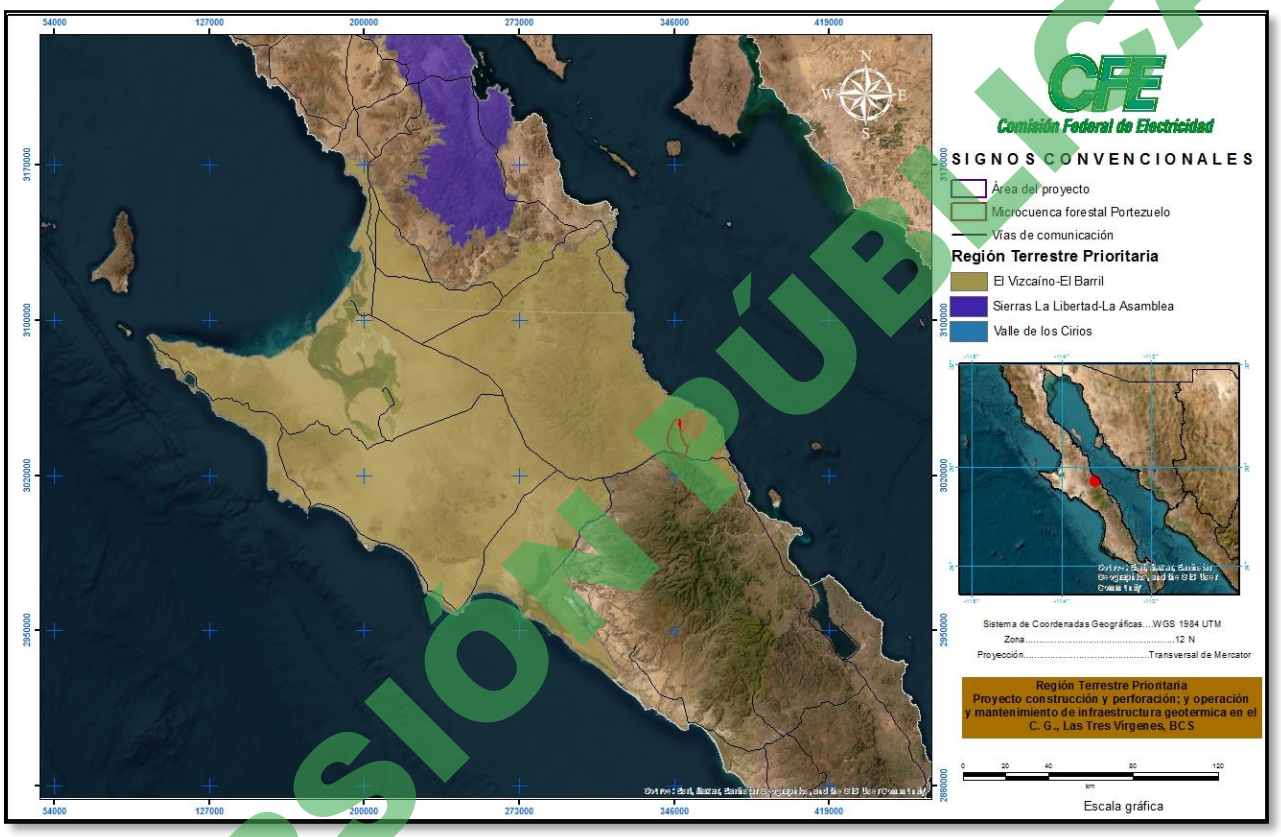


Figura 3.4. Región Terrestre Prioritaria 5 (El Vizcaíno-El Barril).

A continuación, se presentan las características ambientales que presenta la RTP-5 en la cual incide el proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

El Vizcaíno-El Barril — RTP-5

A. Ubicación geográfica

Coordenadas extremas: Latitud N: 26° 26' 24" a 28° 39' 00"
Longitud W: 112° 13' 48" a 115° 04' 48"

Entidades: Baja California, Baja California Sur.

Municipios: Ensenada, Mulegé.

Localidades de referencia: Santa Rosalía, BCS; Guerrero Negro, BCS; Bahía Tortugas, BCS; Villa Alberto A. Alvarado A., BCS.

B. Superficie

Superficie: 26,310 km²

Valor para la conservación: 3 (mayor a 1,000 km²)

C. Características generales

Esta región está ubicada en la provincia fisiográfica de la planicie costera de Baja California e incluye la RB más grande del país (El Vizcaíno), decretada como ANP en 1988, además de una porción al norte del límite estatal de Baja California Sur. A estos sistemas lagunares del Pacífico llega la ballena gris para completar su ciclo reproductivo. Existen especies vegetales endémicas del Vizcaíno. Contiene una gran diversidad de accidentes geográficos: al oeste se localizan las sierras de San José de Castro y de Santa Clara y al centro se encuentra el desierto del Vizcaíno. En la costa oeste abundan bahías, lagunas, cabos y canales, que constituyen zonas núcleo de la reserva; la costa este es más regular. Las altas temperaturas que se registran permiten la existencia de ambientes hipersalinos que, aunque inhiben a la biodiversidad, son propicios para que en las lagunas proliferen una gran cantidad de microorganismos eurihalinos como ciertas especies de algas, protozoarios, cianobacterias y bacterias. En general, el área no cuenta con agua superficial y el único arroyo con caudal permanente es el de San Ignacio. La vegetación predominante en la parte occidental de la región es de vegetación halófila, de desiertos arenosos y matorral sarco-caule, mientras que al oriente es básicamente este último tipo el que se presenta.

D. Aspectos climáticos (y porcentaje de superficie)

Tipo(s) de clima:

BWhs	Muy árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias en invierno mayores al 36% anual.	74%
BWh(x')	Muy árido, semicálido, temperatura entre 18° y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.	17%
BW(h')s	Muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual, lluvias en invierno mayores al 36% anual.	4%
BW(h')(x')	Muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual, lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.	3%
Otros		2%

E. Aspectos fisiográficos

Geoformas: Llanura costera, sierra, lagunas, conos volcánicos.

Unidades de suelo y porcentaje de superficie:

Arenosol háplico	ARh	(Clasificación FAO-Unesco, 1989) El arenosol es un suelo con una textura gruesa hasta una profundidad mínima de un metro; posee únicamente un horizonte A ócrico o un horizonte E álbico con susceptibilidad a la erosión de moderada a alta. El subtipo háplico posee únicamente un horizonte A (ócrico)	60%

VERSIÓN PÚBLICA

		de color claro con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado y duro y macizo cuando se seca; en ningún momento del año se satura y carece de material calcáreo en una proporción significativa.	
Calcisol pétrico	CLp	(Clasificación FAO-Unesco, 1989) Corresponde a un suelo con una acumulación muy importante de carbonato cálcico y con un horizonte petrocálcico, que corresponde a un horizonte cálcico continuo, endurecido o cementado por carbonato cálcico y/o magnésico, aunque como componente accesorio puede presentar sílice, cuyo grado de cementación puede ser tan grande que sus fragmentos secos no se desmoronan en agua y las raíces no lo pueden penetrar; es masivo o de estructura laminar, extremadamente duro cuando está seco, habitualmente con un espesor mayor de 10 cm. Posee un horizonte A ócrico, muy claro, con demasiado poco carbono orgánico, muy delgado y duro y macizo cuando se seca. Carece de propiedades sálicas y gleicas (alta saturación con agua) en los 100 cm superficiales.	40%

F. Aspectos bióticos.

Diversidad ecosistémica: **Valor para la conservación:** 3 (alto)

Comprende ambientes muy diversos, destacando los costeros, dentro de los cuales el manglar, aunque muy fragmentado y pequeño, posee una importancia ecológica y biogeográfica muy grandes. Comprende el límite norte del manglar en la vertiente del Pacífico.

Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie son:

Matorral sarcocaule	Vegetación arbustiva de tallo carnoso y tallos con corteza papirácea. De zonas áridas y semiáridas.	43%
Vegetación halófila	Vegetación que se establece en suelos salinos.	25%
Vegetación de dunas	Vegetación que se establece en dunas costeras, por lo cual éstas quedan fijas.	16%
Matorral desértico micrófilo	Vegetación arbustiva de hojas pequeñas, generalmente en zonas aluviales.	10%
Otros		6%

	Valor para la conservación:
Integridad ecológica funcional: Los ambientes de la región se encuentran altamente conservados.	4 (alto)
Función como corredor biológico: Información no disponible.	0 (no se conoce)
Fenómenos naturales extraordinarios: Importancia biogeográfica alta, endemismos y arribo de ballenas.	3 (muy importante)
Presencia de endemismos: Para especies de reptiles, roedores y aves.	3 (alto)
Riqueza específica: La rata canguro y una especie de ardilla de tierra son endémicas. Se estima que para la ANP existen 308 especies de vertebrados terrestres y marinos. Existen 4 especies en peligro de extinción, 6 bajo protección especial y 30 amenazadas, 13 de las cuales son aves, como el águila pescadora.	3 (alto)
Función como centro de origen y diversificación natural: Para especies de reptiles y roedores.	2 (importante)

115

VERSIÓN PÚBLICA

G. Aspectos antropogénicos

Problemática ambiental:
Existe cacería furtiva; sobreexplotación de agostaderos, de mantos acuíferos subterráneos y de ciertos recursos pesqueros; expansión de los vasos de desecación que ocasionan una disminución del hábitat natural del berrendo y otros animales, así como extracción de ejemplares de cactáceas, reptiles y de piezas arqueológicas. La actividad pesquera genera problemas en la zona al propiciar el establecimiento de campamentos temporales que, cuando termina la temporada, son abandonados por los concesionarios, dejando todo tipo de desechos. Hay contaminación de las aguas por las salineras. Turismo incontrolado y no reglamentado, tal es el caso del concepto de "La ballena amiga", que ocasiona que el visitante pida a los lancheros la posibilidad de tocar el lomo de estos cetáceos, situación que se traduce en verdaderas persecuciones.

	Valor para la conservación:
Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles: Se considera poco relevante.	1 (poco importante)
Pérdida de superficie original: Poca afectación de ecosistemas.	1 (bajo)
Nivel de fragmentación de la región: Los ecosistemas no tienen una alteración significativa.	1 (bajo)
Cambios en la densidad poblacional: La densidad de población es muy baja y el crecimiento es mínimo.	1 (estable)
Presión sobre especies clave: Básicamente sobre el borrego cimarrón.	2 (medio)
Concentración de especies en riesgo: Para plantas vasculares, roedores y reptiles.	3 (alto)
Prácticas de manejo inadecuado: Principalmente cacería furtiva.	1 (bajo)

H Conservación

	Valor para la conservación:
Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado: Prácticamente no existe.	1 (bajo)
Importancia de los servicios ambientales: Para la recarga de acuíferos.	1 (bajo)
Presencia de grupos organizados: Exportadora de Sal, Proesteros, algunos organismos turísticos, INE, INAH e IE-UNAM, CIB-Nor.	3 (alto)

Políticas de conservación:
Existen lugares bien conservados en los sitios más inaccesibles, pero también presenta porciones muy perturbadas, como son la costa del Pacífico y las zonas pecuarias de las partes planas.

Conocimiento:
Existe una serie de planes federales y estatales destinados a impulsar el aprovechamiento de los recursos pesqueros, turísticos y mineros de la península. Cada programa debe analizarse en el contexto de su manifestación de impacto ambiental respectiva con el propósito de contribuir a los objetivos centrales de conservación de la reserva. La labor de vigilancia la efectúan dos trabajadores radicados en Guerrero Negro. Durante la "temporada de ballenas" la Profepa implementa, en ocasiones, un dispositivo especial de vigilancia. Existen acuerdos de colaboración entre la Delegación de Sedesol y los ejidatarios de Alfredo V. Bonfil, Benito Juárez y Díaz Campañas para que los pobladores participen en la inspección y vigilancia de las actividades turísticas durante la temporada de ballena gris, así como de la explotación por parte de la Exportadora de Sal, S.A., y de los permisionarios durante la temporada pesquera.

Información:
Instituciones:
Semarnap
INAH

VERSIÓN PÚBLICA

Conclusión:

El objetivo general de una RTP es determinar unidades ambientalmente estables, con una riqueza ecosistémica y específica mayor que en el resto del país. Analizando las características de la RTP 5 se concluye que esta región presenta alta concentración de plantas vasculares, roedores y réptiles; así como presencia de especies normadas (NOM-059-SEMARNTA-2010) entre ellas el borrego cimarrón y el berrendo, además de muchas especies endémicas. Dentro de esta RTP existen lugares muy bien conservados sobre todo en aquellos sitios inaccesibles, sin embargo, también existen zonas altamente perturbadas como son la costa del pacífico y las zonas pecuarias.

Una vez analizadas las características de la RTP 5, se puede observar que éstas no establecen políticas, criterios o restricciones que limiten el desarrollo del proyecto; así mismo por el desarrollo de las actividades del proyecto no se afectarán los recursos de flora y fauna debido a que las obras de este se llevarán a cabo en áreas ya impactadas por la infraestructura geotérmica actualmente en operación comercial.

3.6.2. Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes

El Convenio 169 es un instrumento jurídico internacional que trata específicamente los derechos de los pueblos indígenas y tribales; en México, este convenio fue ratificado y aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el día once de julio del año de 1990, mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el día tres del mes de agosto del mismo año. Con la aprobación del Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, se admite por primera vez el derecho a la identidad, el reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas y la necesidad de otorgar mayores grados de autonomía a los grupos sociales afectados. Constituye sin duda un avance sustancial en el reconocimiento y protección de los derechos de los pueblos indígenas, tales como el reconocimiento de su carácter de pueblos, de su derecho a asumir el control de sus propias instituciones, de sus formas de vida y de su desarrollo, de los derechos sobre sus tierras y territorios. Al respecto, tanto en el área de estudio de este proyecto como en el municipio de Mulegé, no se encuentran ni se tienen registradas comunidades indígenas; así mismo, de acuerdo con la consulta en la página web del instituto nacional de pueblos indígenas (http://www.atlas.inpi.gob.mx) para el estado de Baja California Sur no se tiene reconocida ninguna población indígena o tribal, conforme al Atlas de los Pueblos Indígenas de México (**Figura 3.5**).

VERSIÓN PÚBLICA

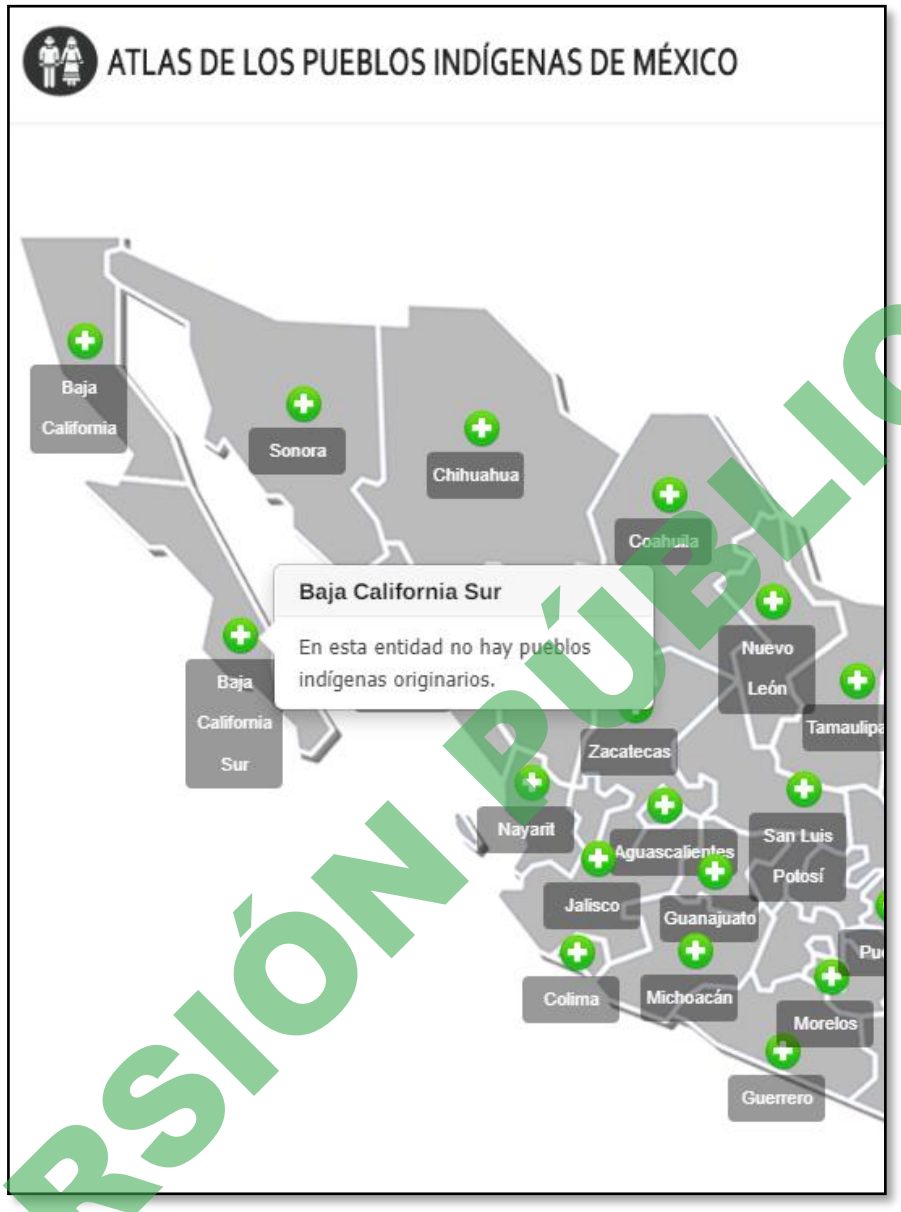


Figura 3.5. Imagen de la página Web consultada para el estado de Baja California Sur.

Con base en lo anterior, el proyecto geotermoeléctrico que nos ocupa no interfiere ni se contrapone con los principios básicos de este Convenio, así como tampoco interfiere con obras y programas de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

CONCLUSIÓN:

Se concluye que el proyecto no contraviene ningún instrumento normativo aplicable para el mismo.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

INVENTARIO AMBIENTAL

El objetivo principal del presente capítulo es describir y caracterizar el medio físico en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando el sistema ambiental del sitio donde se llevará a cabo el proyecto. Considerando las condiciones ambientales actuales y sus principales tendencias de desarrollo y/o deterioro entorno al proyecto.

4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Derivado a que en el área donde se llevará a cabo el proyecto no se tiene decretado ningún Ordenamiento Ecológico del Territorio, no fue posible definir el área de estudio tomando como base una Unidad de Gestión Ambiental.

Por otra parte, y puesto que el área del proyecto se encuentra dentro del Área Natural Protegida "Reserva de la Biosfera El Vizcaino", y una vez analizando la información respecto a la zonificación de la misma, tampoco se consideró la zonificación propuesta en el "Plan de Manejo de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno", en virtud de que la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales, área donde se ubica el proyecto, es demasiado extensa, y ésta perdería la objetividad de las interacciones entre el proyecto y los componentes ambientales de la región, como puede observarse en la **Figura 4.1**.

Por lo anterior, el criterio para definir el área de estudio fue utilizando el criterio de Región Hidrológica, Cuenca Hidrológica, Subcuenca, Microcuenca y Microcuenca Hidrológica Forestal; de esta manera se delimitó como área de estudio la Microcuenca Hidrológica Forestal "**Portezuelo**", la cual se encuentra dentro de la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales de la Reserva de la Biósfera el Vizcaino.

VERSIÓN PÚBLICA

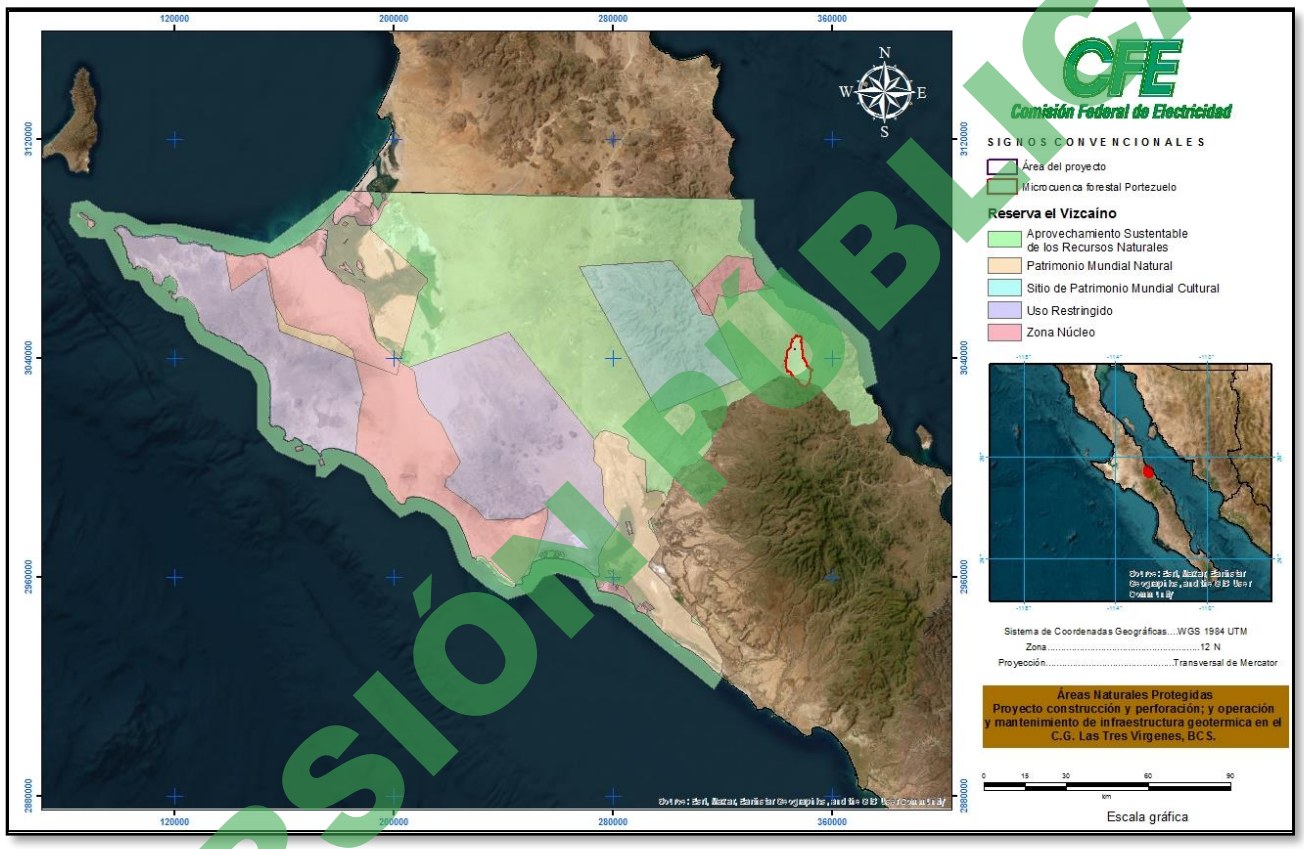


Figura 4.1. Zonificación de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, y ubicación del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS donde se encuentra el Proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

La Microcuenca Hidrográfica Forestal **"Portezuelo"** delimitada para este proyecto, se encuentra inmersa en las siguientes unidades administrativas: Región Hidrológica Administrativa Península de Baja California con clave RHA-I, en la Región Hidrológica B.C. Centro-Este clave RH-05 y en la Cuenca Hidrológica A. Paterna – A. Mulegé, Subcuenca Santa Rosalía y Microcuenca el Yaqui, tal y como se describe a continuación:

4.1.1. Ubicación del predio en el contexto de la Región, Cuenca, Subcuenca y Microcuenca Hidrográfica.

La Región Hidrologica RHA 1 (Península de Baja California) se divide principalmente en siete Regiones Hidrológicas: Baja California Noroeste, Baja California Centro-Oeste, Baja California Suroeste, Baja California Noreste, Baja California Centro-Este, Baja California Sureste y Río Colorado, y además incluye una pequeña área de la región hidrológica Sonora-Norte. (**Figura 4. 2**). El Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., donde se ubica el Proyecto, se localiza en la **Región Hidrológica 05**, denominada **Baja California Centro-Este**.

VERSIÓN PÚBLICA

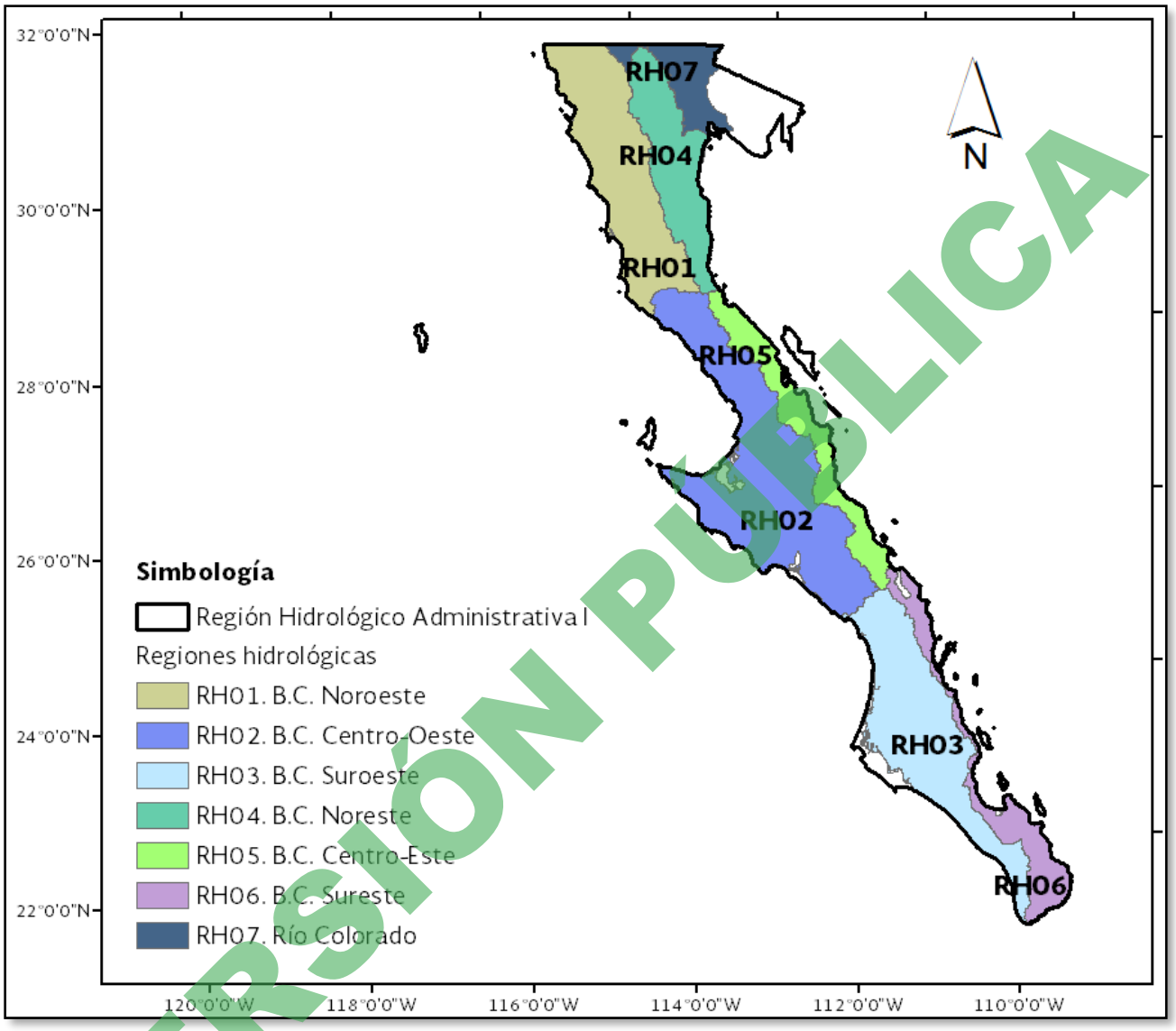


Figura 4.2. Distribución de las Regiones Hidrológicas en la Región Hidrológica Administrativa I (Península de Baja California)

VERSIÓN PÚBLICA

- **Región Hidrológica 05 Baja California Centro-Este.**

Esta Región Hidrológica (RH-05) cuenta con una superficie de 12,684.37 km^2 y se distribuye en la parte media de la Península en la vertiente del Golfo de California (**Figura 4.3**), está delimitada al poniente por el límite de la Región Hidrológica Centro-Oeste (RH-02); al norte por el litoral del Golfo de California y la Región Hidrológica Noreste (RH-04); al oriente por el litoral del Golfo de California; y al sur por las Regiones Hidrológicas Suroeste (RH-03) y Sureste (RH-06).

Para esta zona y de manera general para el estado de Baja California Sur, las corrientes superficiales son de carácter intermitente (arroyos) ocasionados por la escasa precipitación pluvial, orografía, permeabilidad y pendiente del suelo, lo que origina corrientes superficiales de rápido escurrimiento.

Las características geológicas, geomorfológicas y topográficas favorecen que los escurrimientos producidos por el régimen de lluvias normales se infiltren a lo largo de los cauces, por lo que no llegan al mar o apenas descargan caudales insignificantes; por el contrario, las lluvias ciclónicas originan grandes avenidas que desembocan al mar.

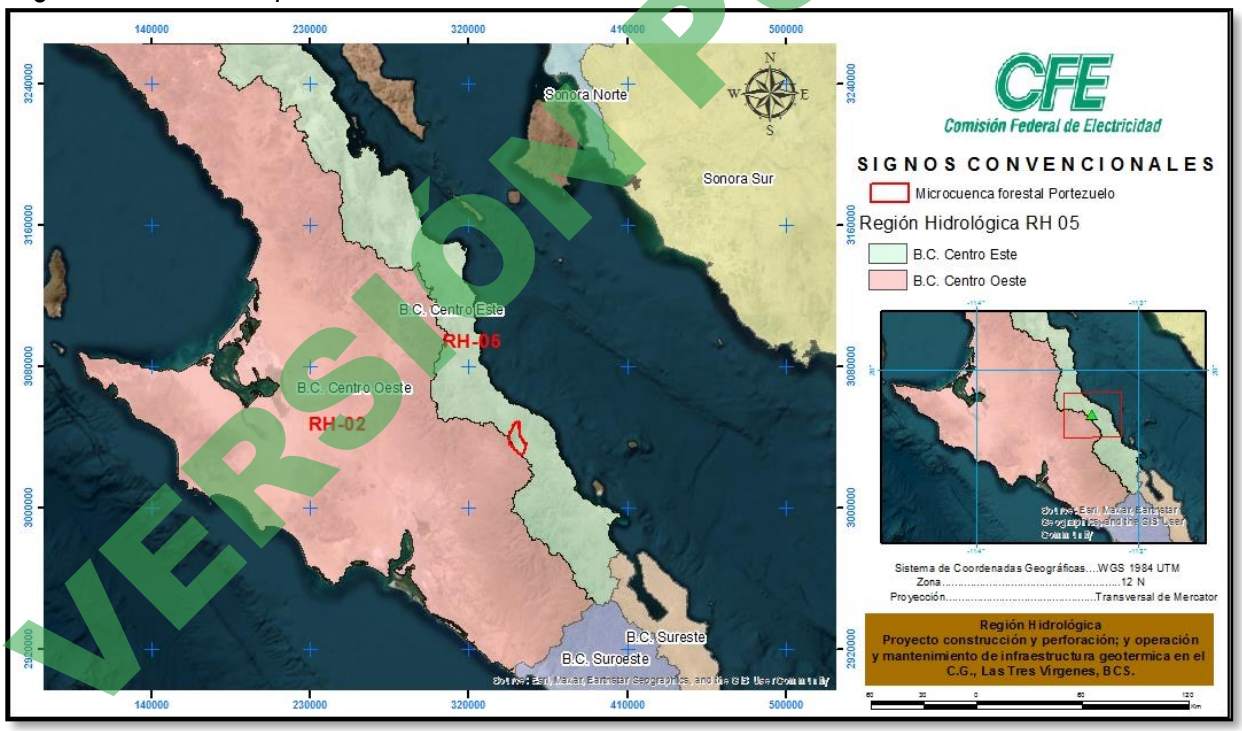


Figura 4.3. Región Hidrológica 05 Baja California Centro-Este.

Esta Región Hidrológica está dividida en tres Cuencas: **1) Cuenca Hidrológica A. Paterna – A. Mulegé** (ubicada en la parte sur de la región hidrológica); 2) Cuenca Hidrológica A. Santa Isabel y otros (localizada en la parte media de la región hidrológica); y 3) Cuenca Hidrológica Calamajué y otros

VERSIÓN PÚBLICA

(**Figura 4.4.**). El sitio del Proyecto se localiza en la cuenca **A. Paterna – A. Mulegé**, la cual se describe a continuación.

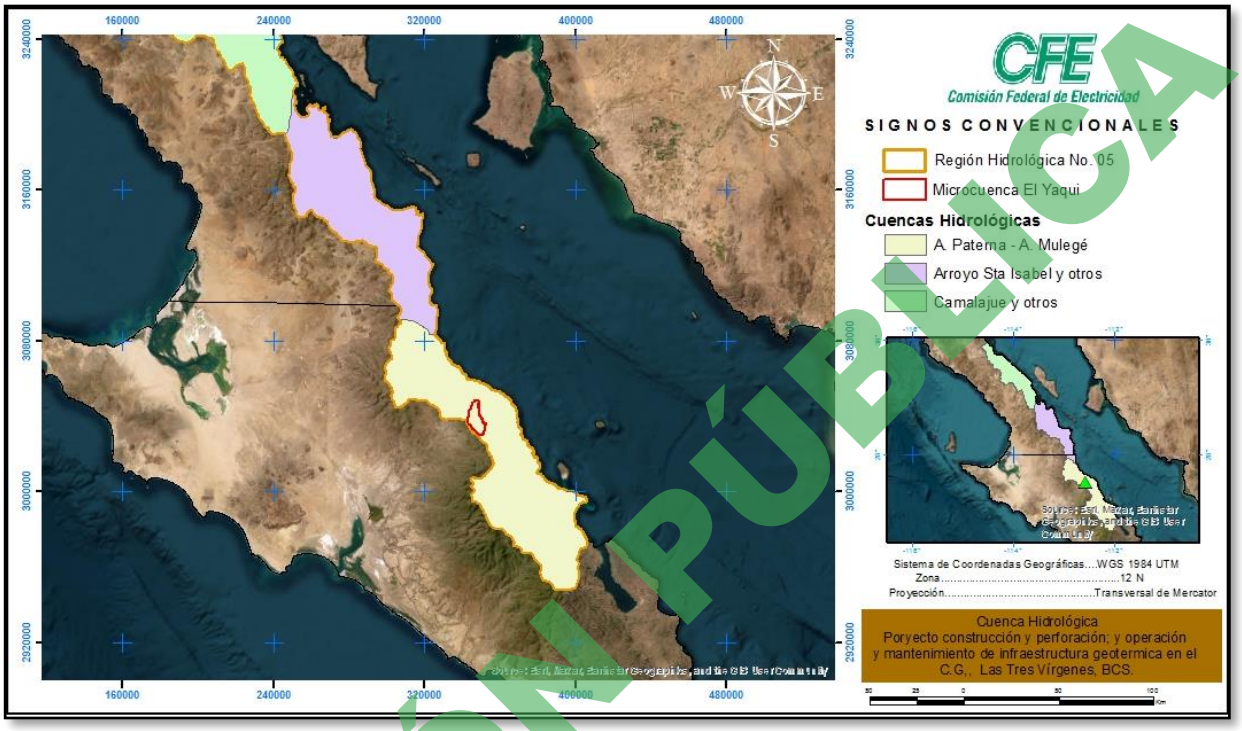


Figura 4.4. Cuenca Hidrologona A. Paterna - A. Mulegé

Cuenca Hidrológica A. Paterna – A. Mulegé

Esta cuenca se ubica en su totalidad dentro del estado y abarca 4 665.937 km^2 de superficie, su forma es alargada con orientación sureste-noroeste, tiene las siguientes colindancias: Al noroeste y oeste con las cuencas A (Laguna San Ignacio-Arroyo San Raymundo) y B (San Miguel-Arroyo del Vigía) de la región hidrológica 2, al norte con la cuenca B (Arroyo Santa Isabel y otros) de esta región, al sur-suroeste con las cuencas C (Arroyo Mezquital-Arroyo Comondú) y C (Arroyo Frijol-Arroyo San Bruno), de las regiones hidrológicas 3 y 6, y por el este con el Golfo de California.

La determinación de la precipitación media anual es de 159.26 mm, con una pendiente general media.

Es drenada en su totalidad por pequeñas corrientes tales como los arroyos San Gregorio, San Carlos, Santa Agueda, y el río Mulegé, el de mayor importancia. La corriente Mulegé tiene su origen al suroeste de la sierra Jacalón a 1 000 msnm. Durante su inicio la corriente presenta dirección hacia el oeste con 5.5 km de recorrido, posteriormente cambia su rumbo hacia el norte donde se le unen los arroyos San Patricio y San Dieguito, por la margen izquierda, antes de cruzar el poblado Romerial y posteriormente

VERSIÓN PÚBLICA

el arroyo Año Nuevo; en esta confluencia la corriente cambia de rumbo hacia el este, pasando por el poblado de Mulegé y finalmente desemboca al este de Mulegé en el Golfo de California, con 39.745 km de recorrido total, pendiente 2.51 % y de 100 a 150 lps de gasto promedio. El uso primordial del agua superficial es pecuario y doméstico. Considerando las características hidrológicas se evaluó un coeficiente de escurrimiento de 5.61 % que relacionados con los 743.101 millones de m^3, anuales precipitados determinan un coeficiente de escurrimiento de 41.721 millones de m^3.

Esta cuenca está representada por siete Subcuencas, que ordenadas de sur a norte son las siguientes:

a) Subcuenca Mulegé;
b) Subcuenca Las Tinajas (o sin nombre);
c) Subcuenca Magdalena;
d) Subcuenca La Providencia;
e) Subcuenca Santa Rosalía;
f) Subcuenca Santa Ana; y
g) Subcuenca La Trinidad.

Los sitios propuestos para realizar las obras y/o actividades del Proyecto se localizan dentro de la **Subcuenca Santa Rosalía**, como se puede observar en la **Figura 4.5**.

VERSIÓN PÚBLICA

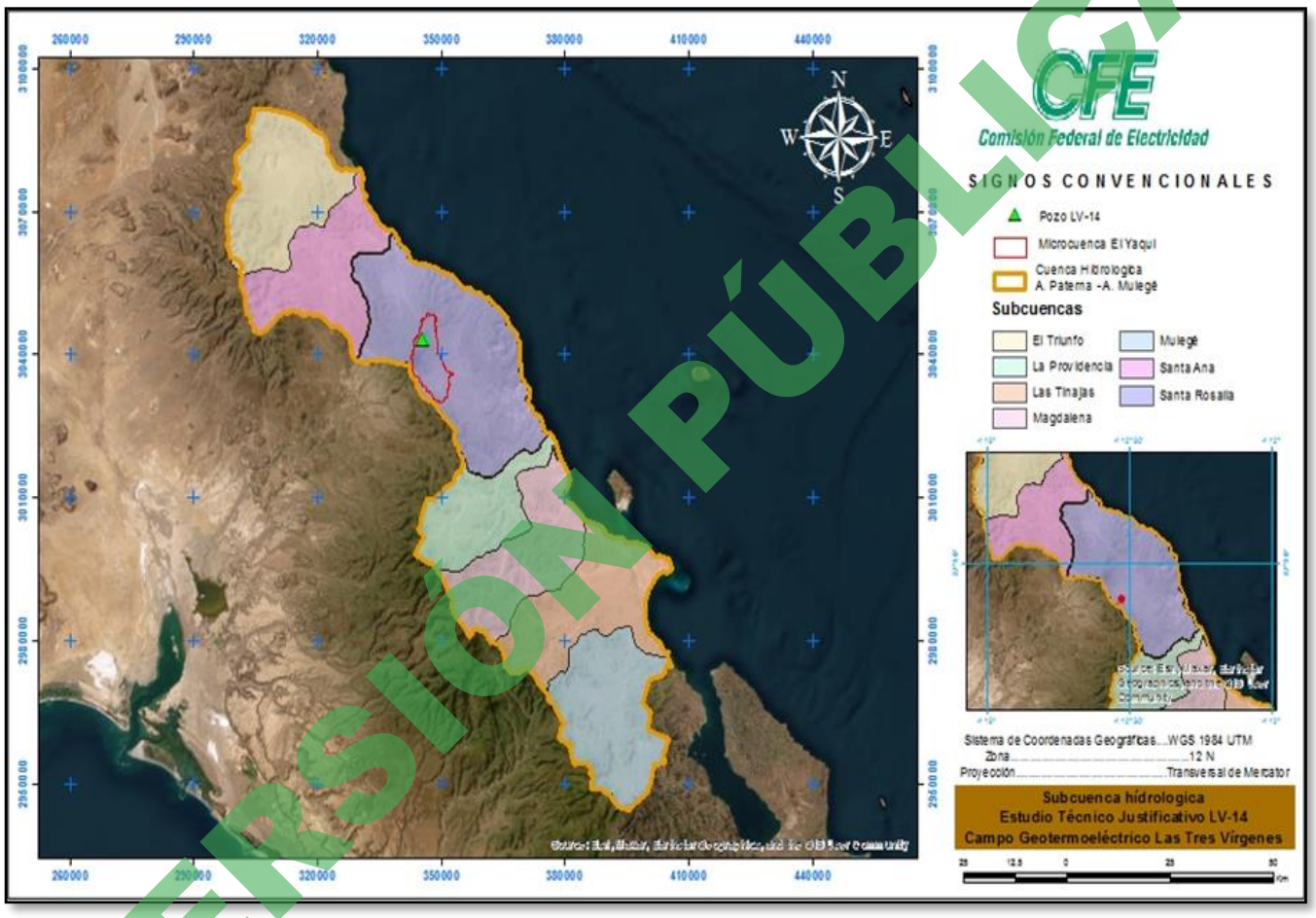


Figura 4.5. Ubicación de la Cuenca Hidrológica A. Paterna – A. Mulegé y Subcuencas que la conforman.

VERSIÓN PÚBLICA

- **Subcuenca Santa Rosalía**

Esta subcuenca se localiza en la parte media superior de la cuenca A. Paterna – A. Mulegé, es la mayor en extensión y está representada por cuatro microcuencas, que de norte a sur son las siguientes: a) Microcuenca Santa Ana, b) Microcuenca La Reforma, c) **Microcuenca El Yaqui**, y d) Microcuenca Santa Rosalía (**Figura 4. 6**). El proyecto se ubica dentro de la Microcuenca El Yaqui, la cual se describe a continuación.

- **Microcuenca El Yaqui**

La microcuenca El Yaqui desemboca en la vertiente del Golfo de California y está delimitada al norte por un parteaguas común con las microcuencas de Santa Ana y La Reforma; al oriente por el Golfo de California; al sur por un parteaguas común con la microcuenca Santa Rosalía, de la misma subcuenca Santa Rosalía; y al poniente por el parteaguas que delimita con la cuenca de San Ignacio, de la Región Hidrológica 2.

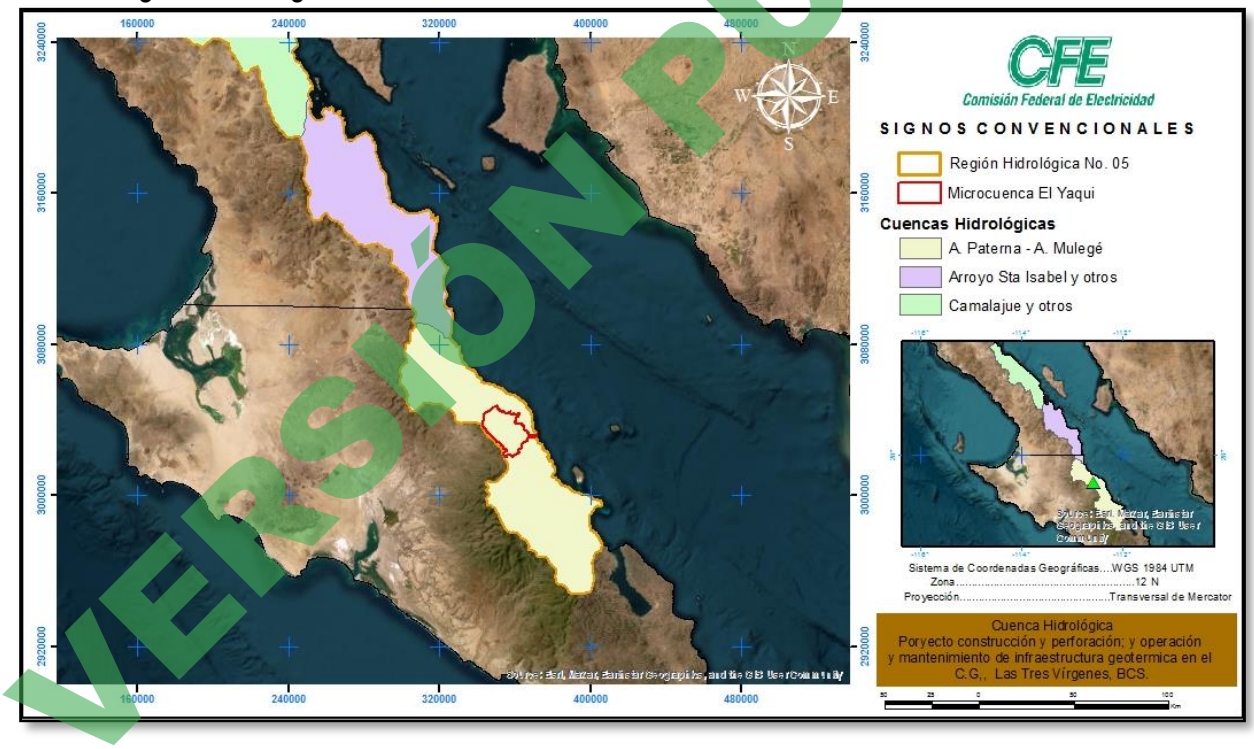


Figura 4.6. Microcuenca El Yaqui, dentro de la Cuenca A Paterna-A. Mulege.

Tiene una superficie total de 372.77 km^2 y su descarga es hacia el Golfo de California en su porción oriental. Los escurrimientos que drenan en la cuenca son de tipo intermitente, con recorridos muy cortos por lo cual se pierden rápidamente en la planicie sin llegar a constituir afluentes verdaderos.

VERSIÓN PÚBLICA

Durante las lluvias el drenaje ocurre de la periferia al centro, fluyendo la escasa agua hacia los arroyos colectores principales de la cuenca, que son los arroyos El Carrizo, El Infierno y El Yaqui, situados en la parte oriental de la cuenca, donde se reúnen y descargan sus aguas al Golfo. La dirección principal de estos arroyos es, como se dijo, de la periferia al centro y del centro hacia el oriente. Los arroyos principales se presentan encañonados, ya que aparentemente han aprovechado las fallas y fracturas para labrar su cauce, con desniveles de 50 a 100 m.

Finalmente, para el proyecto que nos ocupa, se delimito una Microcuenca Hidrologica Forestal denominada **"Portezuelo"** como **Área de Estudio o Sistema Ambiental** la cual se encuentra dentro de la microcuenca el Yaqui, y que se describe a continuación:

Microcuenca Hidrologica Forestal Portezuelo.

La Microcuenca Hidrológica Forestal "Portezuelo" comprende una superficie 100.90 km^2, es de tipo endorreíco, vierte sus aguas a la laguna de las Tres Vírgenes; esta conformada por los escurrimientos La Cueva de Gel y La Angostura, los cuales se originan en las faldas del Volcán Las Tres Vírgenes y en la Mesa La Yegua; y, de acuerdo con datos de INEGI (2021), únicamente se encuentran dos localidades denominadas como Las Tres Vírgenes y Campamento del Borrego Cimarrón. Cabe mencionar que ambas se localizan en la parte sur de esta.

VERSIÓN PÚBLICA

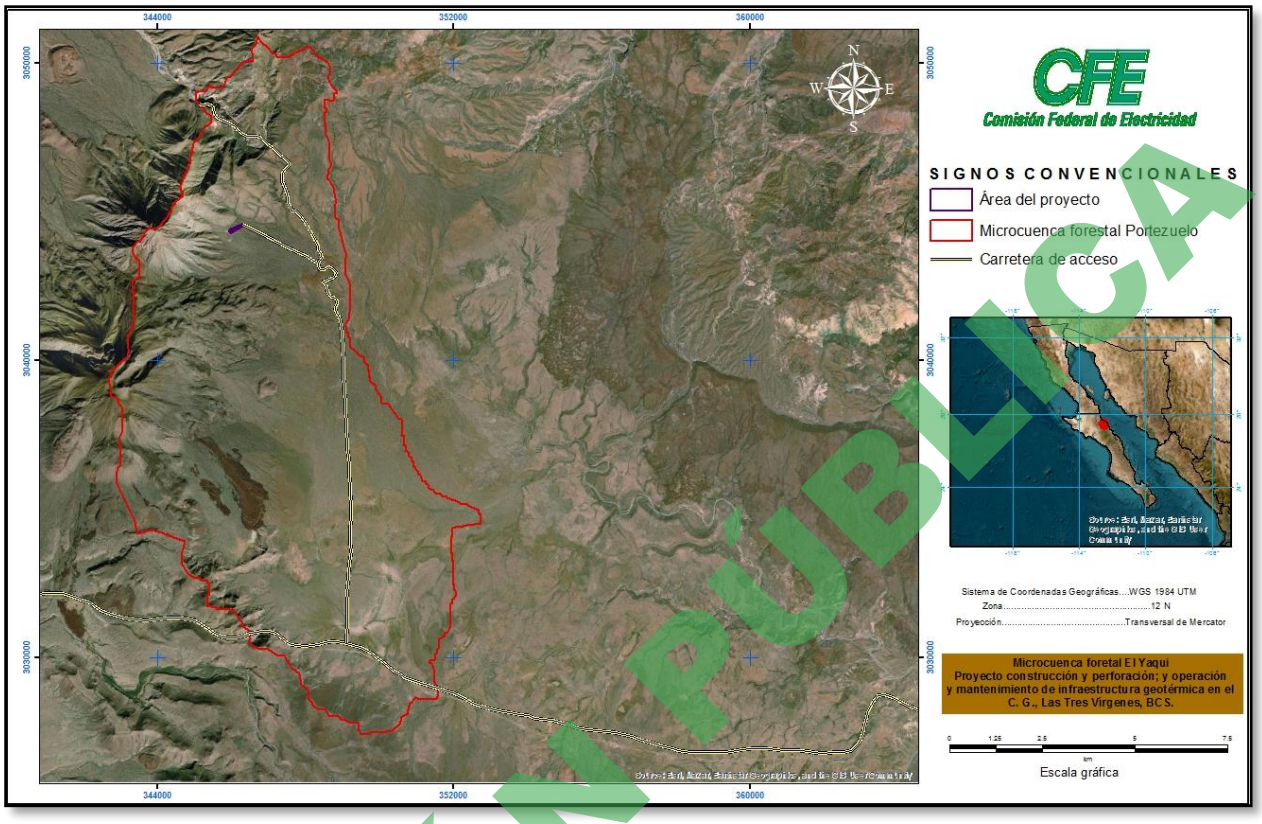


Figura 4.7. Microcuenca Hidrológica Forestal **"Portezuelo"**.

- **Delimitación del Área de Influencia del Proyecto**

Por otra parte, de delimito una área de influencia del *Proyecto*, para lo cual se consideraron los siguientes criterios:

- La extensión, temporalidad y magnitud de los impactos ambientales que se presentarían por el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto.
- Las áreas seleccionadas para el desarrollo del proyecto.
- Factores ambientales que se verán afectados por las diferentes etapas del proyecto.
- Identificación de infraestructura geotérmica existente en el área de estudio del proyecto.
- Uso y empleo de técnicas y/o modelos para análisis y evaluación de la significancia del impacto sobre un factor ambiental.

VERSIÓN PÚBLICA

Con base en lo anterior, el área de influencia se delimitó con la sobreposición espacial de los criterios anteriores, estableciéndose así el área de incidencia máxima en la cual se pueden presentar los impactos ambientales como consecuencia del desarrollo del proyecto, esto considerando como el factor preponderante el medio perceptual (calidad visual), ya que los impactos ambientales a los diferentes factores que se pudieran presentar son temporales y locales, por ello con la finalidad de no minimizar los impactos ambientales se estableció una zona de amortiguamiento (buffer) de 500 metros de la línea del área definida para el proyecto obteniéndose un área de influencia de **125.06 ha (Figura 4.8**).

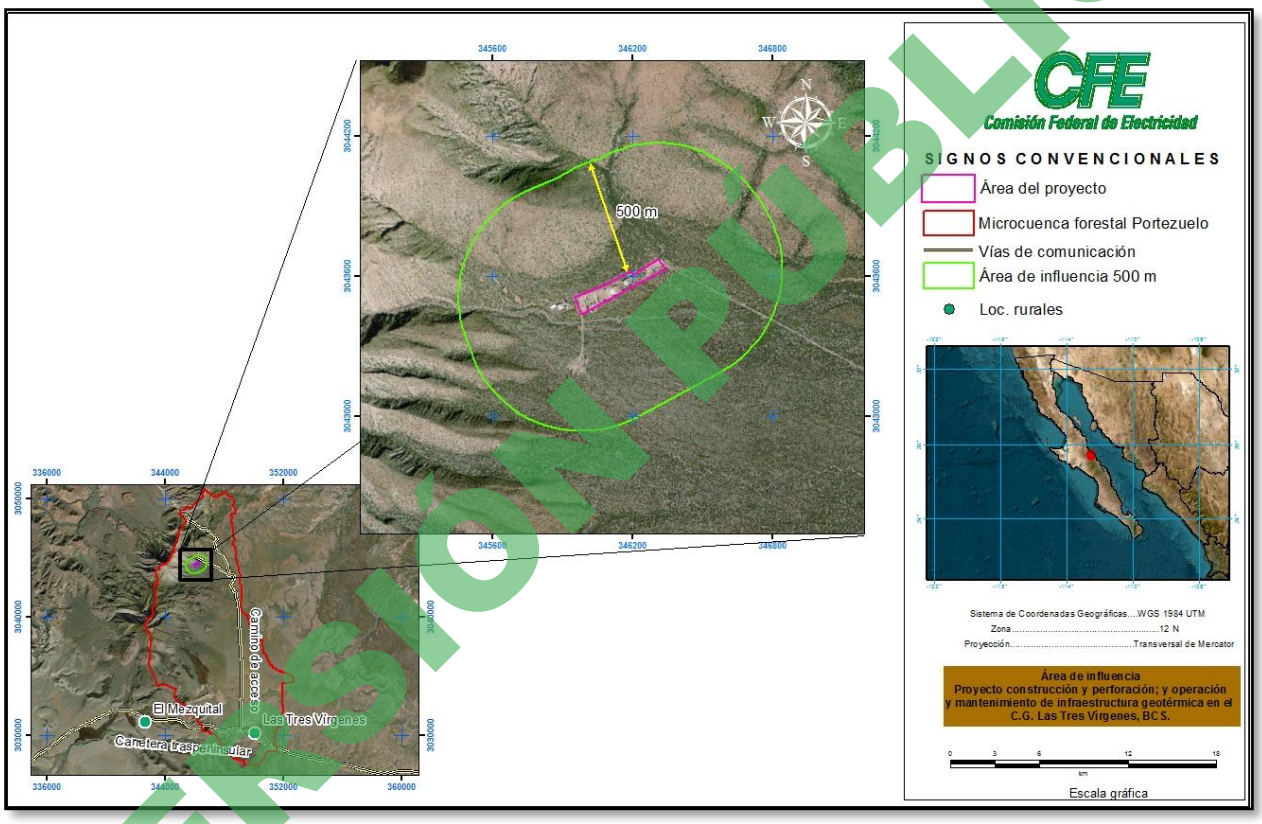


Figura 4.8. Área de influencia delimitada para las actividades del Proyecto Geotermoeléctrico.

VERSIÓN PÚBLICA

4.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (CUECA HIDROLOGICA FORESTAL "PORTEZUELO") (SA)

En esta sección se presenta la descripción y el análisis del **SA** delimitado para el Proyecto; el análisis del **SA** dará como resultado el ¨estado cero¨ o ¨estado sin proyecto¨ del mismo, el cual será de utilidad para la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto dentro del área de influencia y Sistema Ambiental, así como las medidas de prevención y/o mitigación de estos.

4.2.1. Aspectos abioticos

Clima

No obstante que el clima que prevalece en el área de la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno es muy seco, la precipitación es escasa durante todo el año, en el SA definido para el proyecto de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), en la subregión climática, comprendida dentro del grupo BW que agrupa a las zonas más secas o áridas, predominando el subtipo BWh(x').

El clima BWh(x') es el más representativo en cuanto a superficie en el Estado de Baja California Sur, con un total de 27,211.07 km^2, y se presenta en la parte sur y suroeste, centro y noreste del estado, abarcando parte de los municipios de Mulegé, Loreto, La Paz y Comondú respectivamente **Figura 4.9.**

VERSIÓN PÚBLICA

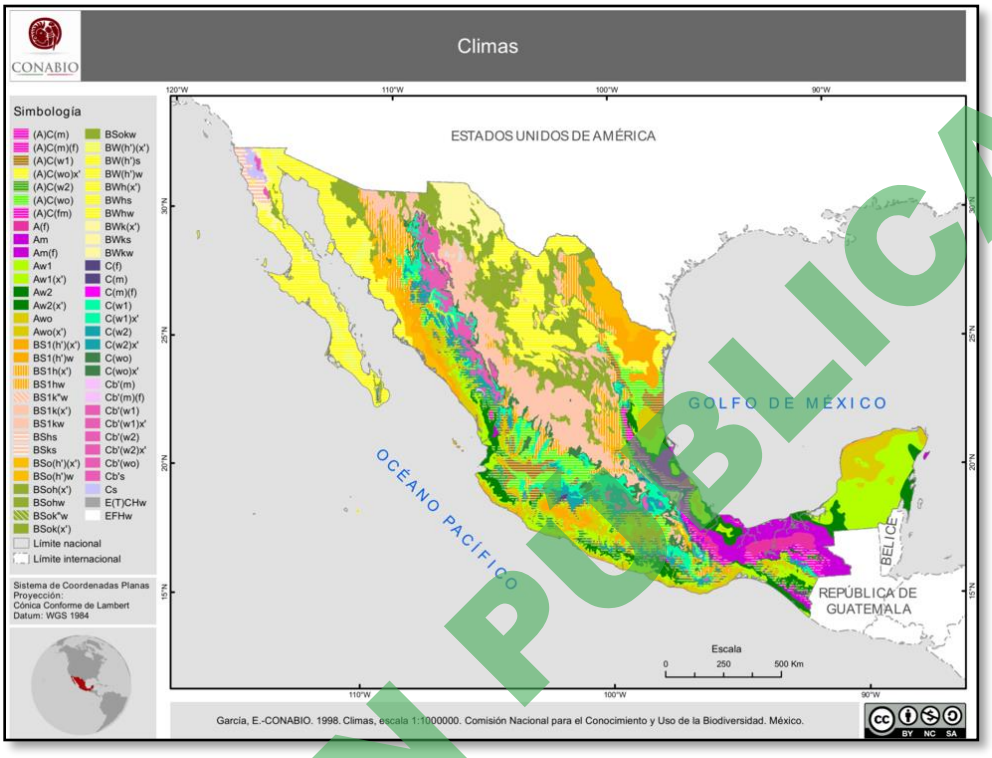


Figura 4.9. Clasificación climática de los Estados Unidos Mexicanos (CONABIO).

El tipo climático **BWhw(x')** es el que predomina en la Microcuenca Hidrológica Forestal "**Portezuelo**", es un clima muy árido, semicálido, con una temperatura media anual que oscila entre 18° y 22°C, en lo que concierne a la temperatura del mes más frio menor de 18°C, mientras que, la temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Las lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. **Figura 4.10.**

VERSIÓN PÚBLICA

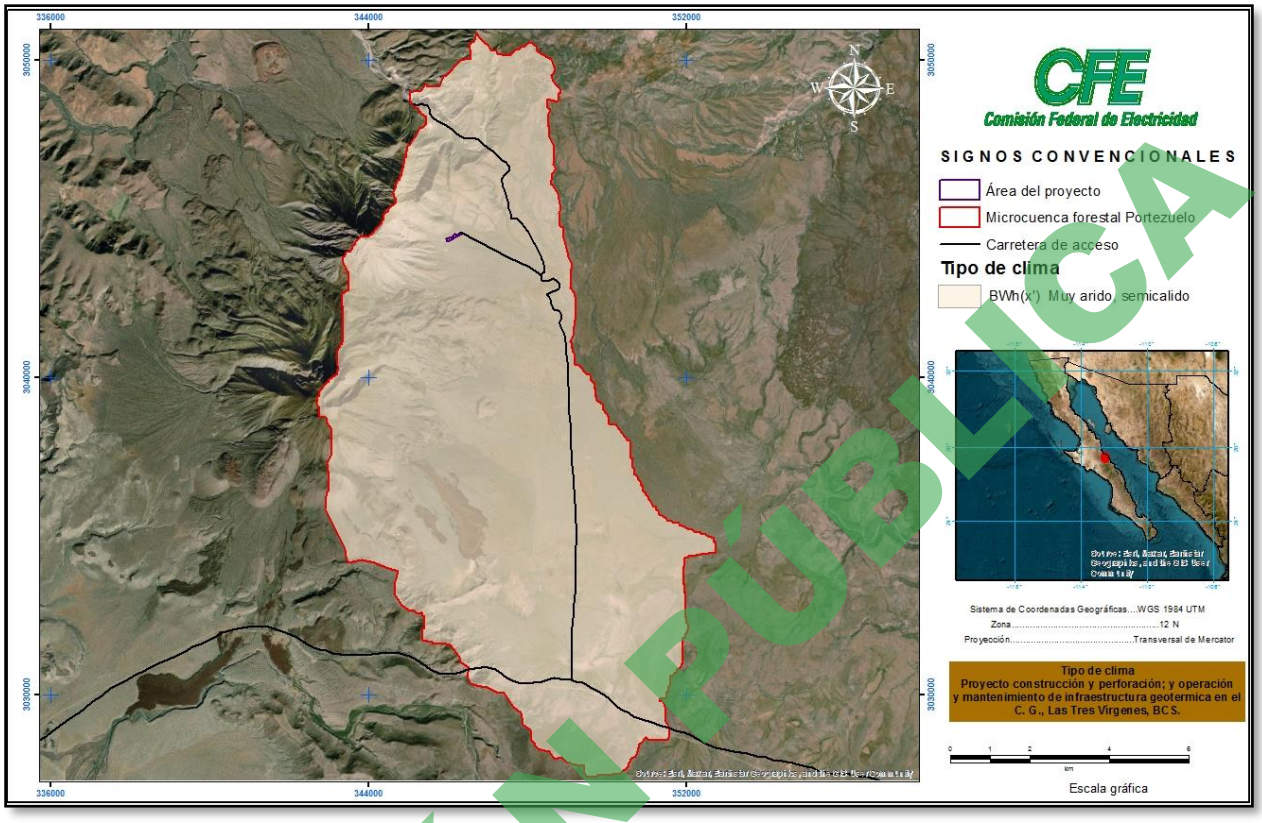


Figura 4.10. Clasificación climática de la Microcuenca Hidrologica Forestal "Portezuelo".

a) Temperatura y precipitación

Se recopiló la información meteorológica de tres estaciones climatológicas -las cuales se encuentran relativamente cerca- del área del Proyecto y dentro de la microcuenca delimitada para éste. Estas son: Estación Santa Rosalía, en la población del mismo nombre; Estación San Ignacio, ubicada en este poblado y Estación El Mezquital.

Tomando en cuenta que la representatividad de los datos de una estación climatológica suele cubrir en promedio un área de 100 km^2 alrededor de la misma, puede aceptarse que las tres estaciones cubren bien el área de estudio del proyecto.

Temperatura:

Estación Santa Rosalía. - Para esta estación, existen datos de temperatura para un período desde 1951 a la fecha; para el período 1991-2020 se tiene un registro promedio de temperatura de 24.2°C, siendo los meses más calurosos de junio a septiembre, los cuales promedian temperaturas de poco

VERSIÓN PÚBLICA

más de 30°C. Los meses más fríos son de diciembre-febrero con descenso de temperatura de alrededor de los 17.6°C.

Estación San Ignacio. - De acuerdo con las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional de la CONAGUA se reporta el período 1981-2010, la temperatura promedio anual registrada es de 22.1°C. Los meses más cálidos son julio, agosto y septiembre con temperaturas por arriba de los 26°C y los más fríos, diciembre, enero y febrero con promedios de alrededor de 17°C.

Estación El Mezquital. - Con base en las normales climatológicas del Sistema Meteorológico Nacional, los meses más cálidos de esta estación corresponden a los de julio a septiembre, con temperaturas superiores a los 27°C promedio mensual. Los meses más fríos son de diciembre a febrero, con temperaturas medias mensuales menores a los 16°C.

De acuerdo con Salinas-Zavala *et al* (1991), el gradiente térmico calculado para las serranías de ambas costas presenta diferencias importantes. Para la vertiente del Pacífico, el gradiente térmico obtenido indica que para las laderas occidentales la temperatura ambiente disminuye a razón de 0.10°C por cada 100 m que incremente la altitud y para las laderas orientales de las serranías de San José del Pacífico y San José de Castro la temperatura disminuye 0.13°C por cada 100 m de altitud.

En la **Tabla 4.1.**, se presentan los registros de temperatura media mensual y anual de las estaciones cercanas al proyecto.

Tabla 4.1. Registros de temperatura media mensual y anual de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

Mes	Estación meteorológica		
	Santa Rosalía (1991-2020) *	**San Ignacio** (1981-2010) *	**El Mezquital** (1991-2020) *
Enero	17.3	16.6	15.2
Febrero	18.1	17.3	15.8
Marzo	20.3	18.9	18.6
Abril	22.4	21.1	20.1
Mayo	25.3	22.2	21.6
Junio	29	25.5	24.9
Julio	30.7	28	27.5
Agosto	31.2	28.7	28.4
Septiembre	30.1	26.9	27.1
Octubre	26.8	23.3	23.1

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.1. Registros de temperatura media mensual y anual de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

Mes	Estación meteorológica		
	Santa Rosalía (1991-2020) *	**San Ignacio** (1981-2010) *	**El Mezquital** (1991-2020) *
Noviembre	21.7	19.6	19.1
Diciembre	17.6	16.9	15.6
Total	**24.20**	**22.1**	**21.49**

* Fuente: CONAGUA. Normales Climatológicas, período 1981-2010 y 1991-2020. Sistema Meteorológico Nacional.

En la **Figura 4.11.**, se presenta la gráfica de las temperaturas medias mensuales de las estaciones meteorológicas antes señaladas, observándose un comportamiento similar en ellas, donde los meses más cálidos corresponden entre junio y septiembre, y los meses fríos diciembre, enero y febrero, generalmente.

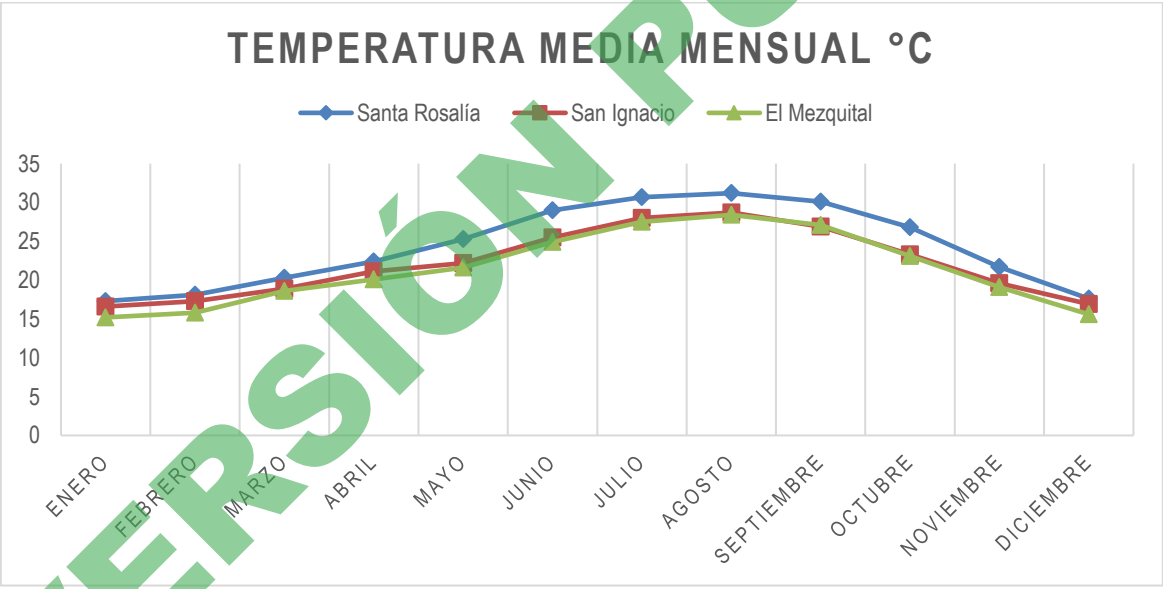


Figura 4.11. Comportamiento de la temperatura media mensual de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

Precipitación

Estación Santa Rosalía. - La precipitación promedio mensual en el período 1991-2020, se observa que los meses más lluviosos para esta estación meteorológica son los de agosto y septiembre y los más secos los de marzo, abril, mayo y junio. Aunque las variaciones en el régimen pluvial suelen ser muy altas de uno a otro año, a lo largo de 53 años de registros; ha habido años sin lluvia (como el de 1975) o con cantidades ínfimas (1970-1971) y en otros años, con más de 200 mm como el de 1983 y el de 1967, ha sido el año con mayor lluvia del período con un total de 370 mm. Esto ya que para el periodo que nos ocupa, la precipitación se reportó con un total de 123.4 mm.

Estación San Ignacio. - Para esta estación, durante el período 1981-2010, en el que se observa que los meses de abril, mayo y junio presentan prácticamente nula precipitación, notándose las lluvias máximas en dos períodos bien definidos: julio-septiembre y diciembre-enero, con un máximo promedio mensual de 47.1 en septiembre. La precipitación media anual es de 155.6 mm, siendo notorias, como en la estación meteorológica anterior, amplias variaciones de uno a otro año.

Históricamente, en los años 1964, 1965 y 1970 no hubo precipitación apreciable en esta estación; en cambio ha habido al menos cuatro años con precipitaciones superiores a 200 mm de precipitación (1967, 1978, 1981 y 1983).

Estación El Mezquital. - En los registros de precipitación para el período 1991-2020 de esta estación, destacan los meses de julio a octubre como los más lluviosos con precipitaciones promedio superiores a los 10 mm, siendo el mes de agosto el más lluvioso (61 mm); y los de marzo a junio como meses con escasa o nula precipitación. Para el periodo de reporte se identifica como atípico el mes de febrero con una precipitación de 13.3 mm.

Tabla 4.2. Registros de precipitación media mensual y promedio anual de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.

Mes	Estación meteorológica		
	Santa Rosalía (1991-2020) *	San Ignacio (1981-2010) *	El Mezquital (1991-2020) *
Enero	5	10.4	8.8
Febrero	8.4	9.2	13
Marzo	1.9	4.7	1.2
Abril	0.2	1.2	0.8
Mayo	0.1	0	0
Junio	0.1	0	3.6

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.2. Registros de precipitación media mensual y promedio anual de las estaciones meteorológicas cercanas al proyecto.			
Mes	**Estación meteorológica**		
	Santa Rosalía (1991-2020) *	**San Ignacio (1981-2010)** *	**El Mezquital (1991-2020)** *
Julio	3.3	15.9	10.6
Agosto	23.8	31.5	59.4
Septiembre	58	47.1	49
Octubre	9.5	9.4	12.8
Noviembre	5.4	7.4	5.3
Diciembre	6.7	15.7	10.7
Total	**122.4**	**151.9**	**175.2**

* Fuente: CONAGUA. Normales Climatológicas, período 1981-2010 y 1991-2020. Sistema Meteorológico Nacional.

Nubosidad e insolación.

Los datos de nubosidad se obtuvieron de las cartas de nubosidad de la SARH. Así para la Microcuenca Hidrologica Forestal "Portezuelo" se determinaron los siguientes datos de nubosidad media mensual, expresados en porcentaje de cielo cubierto por nubes en promedio a las 14 horas para cada mes **Tabla 4.3.** La **nubosidad media anual** puede establecerse entonces en **32%** o 3.2 décimas de cielo cubierto por nubes, en promedio, observado a las 14 h.

Tabla 4.3. Nubosidad media mensual en la Microcuenca Hidrologica Forestal Potezuelo													
	Meses del año												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	**Prom.**
Nubosidad (%)	39	30	30	28	20	14	38	44	37	27	35	44	32

Si se considera que la insolación es el número de horas con sol brillante que se observa en un punto de medición, puede establecerse que la **insolación media anual** para la Microcuenca Hidrológica Forestal Portezuelo es de 2,461 horas. La insolación media mensual mínima será entonces de 192 en febrero y la máxima de 211 para los meses de mayo y noviembre **Tabla 4.4**.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.4. Insolación media mensual en la Microcuenca Hidrologica Forestal Portezuelo

	Meses del año												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	**Prom.**
Insolación media	202	192	208	205	211	208	209	204	202	206	211	203	205

Vientos.

Las corrientes que empujan las masas de aire proveniente del Pacífico Norte presentan una dirección clara y bien marcada de oeste-este y sureste; que por efecto de la rotación de la Tierra se desvían un poco más al sureste. Puesto que la mayor parte del año atraviesan la superficie continental de Estados Unidos, estas corrientes son secas, calientes en verano, frías en invierno y en general no provocan lluvias en ninguna de las estaciones relativamente cercanas al área de influencia física mínima de la Microcuenca Hidrologica Forestal. No existen datos de anemómetros cercanos que permitan establecer la rosa de los vientos válida para la misma. Los datos de vientos más cercanos disponibles corresponden a la estación climatológica de Guaymas, Sonora, la cual se encuentra prácticamente a la misma latitud de la microcuenca, en la costa oriental del Golfo de California.

Intemperismos severos.

De acuerdo con el Atlas de Agua de la República Mexicana, en los meses de invierno las masas de aire polar invaden la península y enfrían aún más el ambiente durante la noche. Este fenómeno ocurre en la microcuenca de 7 a 10 veces al año, con una incidencia mayor en el mes de enero.

Las granizadas son también un fenómeno prácticamente desconocido en la región, reportándose para el período de 1921-1970 una frecuencia promedio inferior al 0.25%, es decir, menos de un día al año.

La frecuencia de la presencia de ciclones y huracanes que han llegado al Golfo de California tiene su origen en la llamada región matriz del Golfo de Tehuantepec. En los últimos años, en la microcuenca han ocurrido algunos eventos importantes de esta naturaleza, que en mayor o menor grado afectan las vialidades y localidades de la región. Los ciclones más recientes son: En septiembre del 2016 el huracán Newton categoría 1 paso por el poblado de Santa Rosalía. En 2023 los huracanes Fernanda y Hilary alcanzaron categoría 4, afectando la zona del campo geotérmico de Las Tres Vírgenes.

Geología y geomorfología

a) Geología regional

VERSIÓN PÚBLICA

La secuencia de eventos tectónicos, volcánicos y sedimentarios que dieron lugar a la conformación actual del área, se inician a fines del Cretácico, con el emplazamiento del batolito de California (K-gr) cuyas edades varían entre 84–91 millones de años (Ma). Es de carácter granodiorítico y constituye el basamento de la zona de estudio. Probablemente en la fase final de la orogenia Laramide, el batolito fue afectado por un levantamiento que produjo la erosión de las rocas sobreyacientes quedando expuesto a la erosión.

En el Oligoceno Superior un proceso de subsidencia permitió la acumulación de una arenisca subarcósica sobre el batolito, en la base de la Formación Comondú. Sus rasgos texturales indican que su depósito se realizó en un ambiente marino somero. La presencia de material volcánico intercalado con estos depósitos sugiere la coexistencia de una cuenca somera al oeste del arco volcánico de la Sierra Madre Occidental. Las edades radiométricas obtenidas en el material volcánico ubican a la Formación Comondú en el Oligoceno, 27 Ma.

Durante la fase final de la subducción de la paleoplaca Guadalupe, la secuencia registra un cambio de ambiente de marino somero a volcánico subaéreo, constituido principalmente por aglomerados de composición andesítica, indicando el desarrollo de vulcanismo andesítico hacia el oeste. El espesor reportado de este paquete en la zona de estudio es de 700 m. Esta unidad se le ha denominado Grupo Comondú y con base en edades radiométricas se le ubica en el rango de los 27–11 Ma, en el Oligoceno-Mioceno. En el período de transición entre la desaparición de la paleoplaca Guadalupe y la instauración de un nuevo régimen tectónico, se produjo en esta zona un fallamiento de tipo normal de dirección NE-SW que afectó a la Formación Comondú, y tuvo gran influencia en los eventos geológicos-estructurales posteriores.

Durante el Mioceno Medio se generó una depresión elongada denominada "Protogolfo", que marca el inicio de la apertura del Golfo de California, como consecuencia de la acción de la dorsal del Pacífico, iniciándose un período de fallamiento extensivo limitado por grandes zonas de falla con dirección NW-SE. Aprovechando las zonas de debilidad generadas, se emitieron derrames volcánicos que formaron una cubierta discontinua de andesitas y basaltos, que representan una etapa de transición entre el vulcanismo calcoalcalino del Grupo Comondú y las lavas alcalinas de San Ignacio, como consecuencia del cambio de régimen tectónico entre la subducción de la Placa de Guadalupe y la separación de la Baja California. La edad de este importante período volcánico va de 13–4.8 Ma, es decir Mioceno Medio-Plioceno Temprano.

VERSIÓN PÚBLICA

Durante este intervalo de tiempo se mantuvo activa la extensión NE-SW. A fines del Mioceno se inició el cambio de estilo tectónico dando lugar a desplazamientos laterales que, en general, reactivaron a las fallas NW-SE anteriores. La intensificación de los procesos deformantes provocó la profundización del Protogolfo, y dio comienzo una transgresión representada por la secuencia sedimentaria de la Cuenca de Santa Rosalía. En ella se depositaron las formaciones: Boleo, Tirabuzón e Infierno; por último, la formación Santa Rosalía representa una etapa de regresión y el fin de la cuenca. En resumen, la cuenca estuvo activa entre el Mioceno Superior y el Plioceno Tardío-Pleistoceno Temprano.

De acuerdo con los datos de campo y las edades radiométricas, simultáneamente a la acumulación de sedimentos se instalaron dentro de la cuenca dos centros eruptivos de composición andesítica-dacítica, que aprovecharon las zonas de debilidad NW-SE y funcionaron como islas. Uno de ellos se ubicó en lo que ahora es la Sierra de Reforma y el otro en Aguajito. Las edades obtenidas de unas lavas interdigitadas con los sedimentos y de productos del núcleo de ambos complejos, indican que dieron comienzo en el Mioceno Superior, 6.5 Ma El Aguajito, 5 Ma La Reforma.

A fines del Plioceno la cuenca prácticamente estaba extinta, se intensificó localmente la extensión en dirección NE-SW y se produjo un sistema de fallamiento antitético al sistema principal, de dirección NW-SE, que afectó a los depósitos de la cuenca sedimentaria (Tps). Como resultado de esta extensión se incrementó la actividad volcánica en La Reforma y posteriormente en El Aguajito.

En La Reforma los ciclos eruptivos son muy complejos. Al término del vulcanismo de 7-5 Ma se formó un volcán compuesto. Después de un lapso aún no definido se extravasaron por lo menos tres flujos piroclásticos principales. Los dos más antiguos aparentemente se depositaron en ambiente marino y el más reciente es sub-aéreo. La expulsión de este material pudo generar diferentes colapsos caldéricos, sin embargo, sólo es visible la caldera formada durante el último ciclo eruptivo. Esta estructura tiene 10 km de diámetro y su núcleo fue levantado como parte de un fenómeno resurgente, asociado a un nuevo aporte de magma y a movimientos isostáticos compensatorios. De acuerdo con las edades radiométricas se infiere que la actividad volcánica cesó en La Reforma hace 0.8 Ma y se trasladó a El Aguajito.

En este sitio se encontraba un estratovolcán de talla media formado simultáneamente con la depositación en la cuenca 6.5-4 Ma.

VERSIÓN PÚBLICA

El período eruptivo más reciente se inició hace 0.7 Ma con la evacuación de un flujo piroclástico de 2 km^3. Después se produjo una intumescencia que afectó una zona de 10 km de diámetro, incluyendo al edificio volcánico antes mencionado. Esta fase de deformación causada por un empuje vertical asociado al emplazamiento de magma generó una zona de debilidad anular a través de la cual las lavas riolíticas ascendieron y formaron una semicorona de domos. Aparentemente el volumen de material eyectado no fue suficiente para producir el colapso del techo de la cámara magmática y, por lo tanto, no se produjo una estructura caldérica, en su lugar debido al régimen de esfuerzos dominantes se originó un sistema de fallas normales con dirección N-S denominados Falla Cimarrón, que dividieron a la estructura dómica de El Aguajito en dos partes. La edad de este último período eruptivo varía entre 0.7 y 0.5 Ma. Al igual que La Reforma los productos pertenecen a la serie calcoalcalina.

Como se mencionó en el párrafo anterior, al emplazarse los domos riolíticos el régimen de esfuerzos se había modificado, de una extensión orientada NE-SW se pasó a otra E-W.

La Falla Cimarrón de tipo normal es la estructura más importante de esta etapa de deformación, además de afectar a la Sierra de El Aguajito, se prolongó hacia el sur sufriendo una ligera inflexión al oeste, a la altura del Cañón El Azufre. En la zona de inflexión se generó un gran número de fallas secundarias de dirección N-S y desplazamiento oblicuo. Adicionalmente se originó un sistema de diaclasado con la misma orientación acompañando a las estructuras principales. La zona de debilidad N-S formada en la parte meridional de El Aguajito propició que el vulcanismo se desplazara en esta dirección, y se formara un alineamiento de tres edificios volcánicos conocidos como Las Tres Vírgenes. La actividad se inició en el norte hace 0.44 Ma con la extravasación de lavas dacíticas formándose el volcán denominado El Viejo-El Partido.

Después de un lapso de aproximadamente 160 000 años, la actividad se trasladó nuevamente al sur, se formó un aparato volcánico de fuertes pendientes y composición dacítica, conocido como Volcán El Azufre. Siguiendo con la migración se instaló al sur del anterior, el volcán más reciente La Virgen, considerado aún activo. La composición de sus lavas es bimodal dacítica-basáltica. Todo el conjunto pertenece a la serie calcoalcalina. Más hacia el sur, siguiendo la misma dirección, existen pequeños domos dacíticos que podrían ser el preludio de un nuevo edificio volcánico.
Después del emplazamiento de los volcanes antes descritos, continuaron los esfuerzos extensionales en dirección E-W acompañados de compresión orientada casi N-S. Esta conjugación de esfuerzos dio como resultado movimientos oblicuos cuya componente principal son los desplazamientos

VERSIÓN PÚBLICA

laterales. Se reactivaron las fallas anteriores del sistema NW-SE y las fallas normales N-S de Cimarrón, fueron retomadas con movimientos prácticamente horizontales.

En la zona del campo geotérmico, además de las fallas N-S, se reactivó un sistema oblicuo orientado NW-SE, conocido como Las Víboras, que consta de una falla principal y dos bifurcaciones. Las manifestaciones termales están controladas por el conjunto de fallas NW-SE y N-S.

b) Geología estructural

Se estableció la cronología de las etapas de deformación para evaluar, desde el punto de vista estructural, la importancia de cada sistema de fracturamiento con el fin de diferenciar y cuantificar, tanto las fallas como las fracturas que favorecen la permeabilidad secundaria de las rocas que conforman el área de estudio.

Regionalmente se identificaron dos etapas de deformación, ambas relacionadas a la separación de la Baja California, la más antigua corresponde a fallas con dirección NW-SE en su mayoría normales, que se relacionan con el inicio de la evolución de la cuenca de Santa Rosalía. Estas estructuras sirven de límite en el oeste a dicha cuenca y posiblemente formaron un sistema de escalonamiento descendente hacia el este. En la actualidad no se observa claramente la traza original de ninguno de estos escarpes de fallas, porque se encuentran cubiertos por sedimentos o se han erosionado, sin embargo, existe gran cantidad de microestructuras que definen esta etapa de extensión.

Las rocas más antiguas del área de estudio como la granodiorita del arroyo El Yaqui y los lahares de la Formación Comondú, presentan este tipo de fracturamiento, existiendo una falla de esta orientación muy notoria en imágenes de satélite y en fotografías aéreas, se trata de una falla lateral derecha, denominada Bonfil, que aparentemente fue reactivada por eventos más recientes. Se encuentra desplazando a un aparato monogenético, de 2.8 Ma y a los depósitos aluviales, pero no así a los depósitos aluviales más recientes. Ello indica que esta estructura estuvo activa durante el Plioceno Tardío y principios del Cuaternario.

Desde el punto de vista vulcanológico, las zonas de debilidad creadas durante esta etapa favorecieron el ascenso del magma, dando origen a los centros volcánicos de La Reforma y El Aguajito. Es posible que la etapa de extensión orientada NE-SW se haya prolongado hasta el fin de la depositación en la cuenca, ya que el paquete de sedimentos del Plioceno Superior se encuentra afectado por un conjunto de fallas con dirección NW-SE las cuales tienen inclinaciones opuestas tanto al NE, que

VERSIÓN PÚBLICA

corresponden a las fallas principales con un desplazamiento de alrededor de 300 m por escalón, mientras que las fallas que tienen inclinación hacia el SW poseen un desplazamiento promedio de 30 m. Dicha disposición estructural se ha interpretado como un arreglo de fallas antitéticas con respecto a las fallas principales, indicativo de que la componente de extensión tuvo gran importancia desde el inicio de la evolución de la cuenca, Mioceno Superior, hasta casi el final de la depositación en el Plioceno Superior.

La importancia geotérmica de este grupo de fallas radica en el control que tuvieron en el emplazamiento de los magmas Plio-Cuaternarios. Actualmente algunas de las fracturas creadas en esta etapa se encuentran selladas por depósitos hidrotermales, como se observa en el arroyo El Salado, y otras están reactivadas.

A fines del Plioceno se produjo la segunda etapa de deformación debido a un cambio en la dirección de los esfuerzos. De una extensión con dirección NE-SW se pasó a otra E-W. Este episodio produjo fallas N-S y la reactivación de las fallas más antiguas.

Desde el punto de vista de la permeabilidad, esta etapa es muy importante pues originó un fracturamiento que puede permitir el movimiento de fluidos, se observan separaciones hasta de 10 cm entre fracturas. El basamento granodiorítico que aflora en el arroyo El Salado está afectado por estas estructuras y sólo se observa una incipiente depositación de epidota en sus paredes. Con frecuencia este fracturamiento está acompañado por diaclasamiento, el cual se caracteriza por no tener aberturas importantes y por estar sellado frecuentemente por arcilla.

El rasgo estructural más notorio de este evento es la falla Cimarrón de dirección N-S, divide en dos a la sierra de El Aguajito y corta a los domos riolíticos de 0.6-0.5 Ma. Al sur de esta sierra la zona de debilidad continúa, aunque su traza no es visible en superficie, pero sufre una inflexión al oeste y es a través de ella por donde se alimenta al vulcanismo de Tres Vírgenes.

Localmente se observan las mismas etapas de deformación, pero existen diferencias en cuanto al índice de fracturamiento. En general, los sitios más fracturados se ubican en las zonas de influencia de las estructuras mayores y fuera de ellos este índice es muy bajo, es decir, no es apto para permitir la circulación de fluidos.

Existen dos regiones que no están ligadas a fallas principales como son: el núcleo de La Reforma y El Aguajito, zona norte de Tres Vírgenes. En ellas la intensidad de fracturamiento es elevado, debido

VERSIÓN PÚBLICA

a que los esfuerzos relacionados con los movimientos tectónicos se sumaron a la deformación producida por la actividad magmática Plio-Cuaternaria.

En la primera, el fracturamiento se incrementó porque el complejo volcánico estuvo sujeto a movimientos verticales que se asocian con una etapa caldérica, la resurgencia del núcleo y los movimientos isostáticos compensatorios. La mayor cantidad de fracturas se observa en el núcleo y se considera que la última fase de deformación tuvo lugar hace 1 Ma aproximadamente. A pesar de ser una zona que posee elevada permeabilidad secundaria, no resulta de interés geotérmico porque a pesar de existir grandes zonas de alteración termal no se observaron manifestaciones termales activas.

En la región sur de la sierra de El Aguajito y norte del complejo de Las Tres Vírgenes, los esfuerzos verticales asociados al emplazamiento de productos volcánicos de ambos centros eruptivos se sumaron a la deformación generada por los eventos tectónicos y dieron lugar a un sector intensamente fracturado. En este sitio existe el mayor número de manifestaciones termales.

En el cañón de El Azufre, que divide El Aguajito y el complejo de Las Tres Vírgenes, existe un número importante de fallas con dirección N-S, que se caracterizan por tener pitch de 15°-18°. Esto implica que durante el episodio que originó este tipo de fallas, se produjeron movimientos oblicuos donde la componente lateral fue dominante. El sentido del desplazamiento en la mayor parte de este tipo de estructuras fue derecho. Además de la falla Cimarrón, existe un conjunto de estructuras con la misma dirección ubicado al oeste, las más importantes se conocen como Falla El Partido y La Cueva.

En esta misma zona, además del sistema N-S existe gran número de fallas normales derechas con pitch de 20°-25° y dirección NW-SE. Afectan al volcán El Viejo de 0.44 Ma y al domo El Potrero aún más reciente. Las fallas más importantes de este grupo se conocen como Sistema Las Víboras, consta de una estructura principal que se bifurca en su porción norte en tres segmentos y en su porción sur modifica su trayectoria de NW-SE a N-S. Aparentemente el segmento más importante controla la descarga de los fluidos hidrotermales y es posible que tengan influencia sólo en los primeros 1 500 m, debido a que no son fallas que penetran a grandes profundidades.

En general no es sencillo predecir qué inclinación tendrán a profundidad las fallas de este sector, ya que por lo común cuando poseen movimientos oblicuos donde domina la componente lateral, se

VERSIÓN PÚBLICA

presentan variaciones muy fuertes que incluso podrían cambiar de cuadrante cuando su echado es cercano a los 90°.

A nivel local se observan diaclasas con dirección NE-SW, que resultan de la etapa de deformación que generó las fallas NW-SE. Funcionan como planos de debilidad a través de los cuales se producen deslizamientos locales asociados al levantamiento de la sierra El Aguajito. El desprendimiento de mayor magnitud se ubica en la zona de La Herradura, antes conocida como "El Graben". Un proceso similar se inició al norte del cerro Blanco, las fracturas NE-SW limitan grandes bloques que podrían estarse deslizando al NW. En las paredes formadas por estas fracturas se observa gran cantidad de estrías verticales y horizontales relacionadas con este tipo de deslizamientos. Es posible que aún se encuentre activo debido a las pendientes de la sierra El Aguajito y a la intensa actividad sísmica del área.

El área de estudio está constituida por rocas del Cretácico Superior, que pertenece al Cinturón Batolítico de California que es un conjunto de grandes cuerpos intrusivos cuyas edades varían de 84-91 Ma. Sobreyaciendo al intrusivo se encuentra un potente paquete de rocas volcánicas llamado Formación Comondú de 26-19 Ma del Mioceno medio. A la Formación Comondú, está sobreyaciendo la Formación Santa Lucía (13-5 Ma, Mioceno superior). En discordancia angular con esas rocas volcánicas Miocénicas, se encuentran sedimentos marinos Pliocénicos que son cubiertos a la vez por productos volcánicos cuaternarios provenientes del grupo volcánico El Aguajito y Las Tres Vírgenes. Las Rocas Cretácicas, en el área se encuentra aflorando un Granito K (Gr), a 21 Km al ESE del volcán Las Tres Vírgenes, sobre el arroyo El Yaqui con edad cretácica y constituye el basamento regional (Figura 4.11.). También constituye el basamento del yacimiento geotérmico, de acuerdo con las edades de 81-84 ± 4 Ma, que se obtuvieron en una granodiorita de biotita en el pozo LV-2 a la profundidad de 1 145 y 1 248 m, en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes.

Rocas Terciarias (volcánicas). Las rocas volcánicas del área están asociadas a los centros eruptivos de La Caldera de Reforma, Sierras El Aguajito y Las Tres Vírgenes con edad Plio-Cuaternaria. En el área de estudio se distinguen dos fases volcánicas, una a partir del Mioceno Superior y la otra en el Plio-Cuaternario (Demant 1975). El evento volcánico más antiguo se originó a fines del Mioceno e inicios del Plioceno y está constituida por Andesitas Ts(A), Basaltos Ts(B), y Brecha volcánica intermedia Ts(Bvi) (**Figura 4.12**.).

VERSIÓN PÚBLICA

Rocas Cuaternarias (volcánicas). El otro evento volcánico se originó durante el Cuaternario y está constituido por: Andesita Q(A), Basalto Q(B), Basalto-Brecha volcánica básica Q(B-Bvb), Toba ácida Q(Ta), y Toba básica Q(Tb).

Rocas Cuaternarias (sedimentarias). La secuencia sedimentaria está formada por las formaciones; El Boleo, La Gloria, Infierno y Santa Rosalía, con edades del Plioceno Inferior-Plioceno Superior. Las rocas sedimentarias están representadas regionalmente por: Arenisca-toba ácida Q(ar-Ta), Conglomerado Q(cg), Arenisca-conglomerado Q(ar-cg), Arenisca Tpl(ar), Arenisca-Yeso Tpl(ar-y), y Limolita-Arenisca Tpl(lm-ar) (**Figura 4.12**.).

Por último, se tienen los materiales no consolidados, generados por los agentes del intemperismo y la erosión, que constituyen los valles y planicies que bordean las prominencias topográficas de la zona, constituidos por Aluvial Q(al).

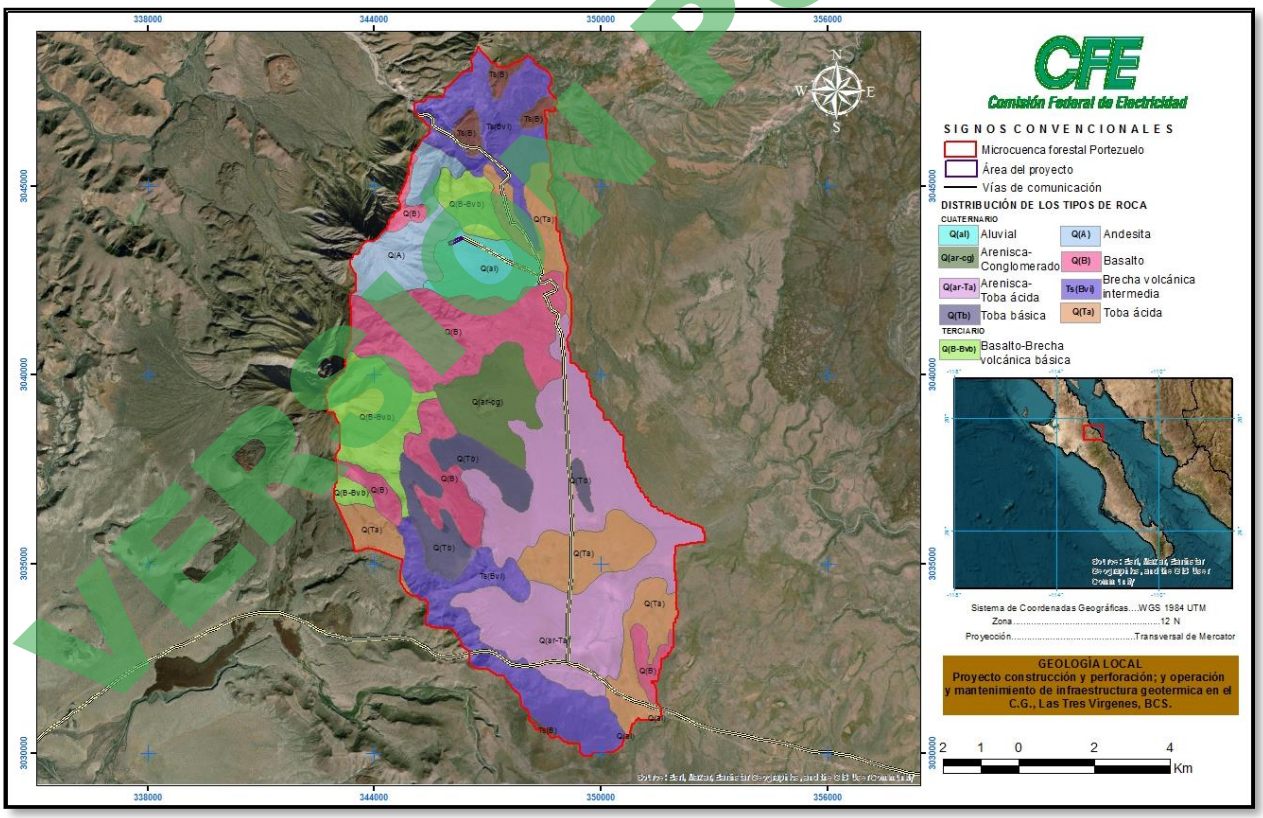


Figura 4.12. Geología de la microcuenca “Portezuelo”.

VERSIÓN PÚBLICA

Geomorfología

La geomorfología de la microcuenca Portezuelo, es el resultado de eventos tectónicos, volcánicos y erosivos ocurridos desde mediados del Mioceno hasta el Holoceno. Las principales características del relieve son apreciables en la **Figura 4.13**., en el cual es posible observar la representación gráfica del relieve topográfico de manera sistematizada, así como la intensidad y acción de los procesos que actúan en este mismo, el espesor y la composición de las formaciones superficiales, observando en ella un complejo de sierras que delimitan la cuenca y rodean el valle o mesa de Portezuelo, del cual tomó su nombre esta microcuenca.

Se definen cuatro sierras principales si se incluye al complejo de Las Tres Vírgenes, que fisiográficamente constituye también una sierra, pero que geomorfológicamente es una pequeña cadena volcánica en el área.

Sierra Santa Lucía. Se ubica en la porción centro-sur del área, tiene una orientación noroeste-sureste y aparentemente se trata de una prolongación de la cadena montañosa de La Giganta. Está constituida por rocas que pertenecen al Grupo Comondú, a las Andesitas Santa Lucía y a los Basaltos La Esperanza, su origen es volcánico. Tiene elevaciones de 600 a 900 m y pendientes que varían de un mínimo de 20% a un máximo de 50%. La Sierra de Santa Lucía está basculada hacia el poniente por efectos tectónicos y por algunas fallas que la subdividen en bloques. Su drenaje está bastante desarrollado por su antigüedad relativamente grande.

Sierra El Aguajito (o Santa Ana). Esta sierra es un complejo volcánico con etapas de un evento caldérico inconcluso, sin orientación definida y de forma aproximada circular, con un diámetro aproximado de 8 km y basculamiento hacia el norte, lo cual parece confirmado por el hecho de que al sur se presentan elevaciones de hasta 1 200 m, mientras que al norte las elevaciones máximas son de 900 m. Igualmente al sur, las pendientes son más pronunciadas, llegando hasta un 45% en las cercanías del cañón El Azufre, con un promedio de un 33%, mientras que las pendientes promedio al norte resultan ser de un 25%. En la porción norte, noreste y noroeste de la sierra, se presentan geoformas dómicas, dacíticas y riolíticas, con elevaciones de 300 hasta máximos de 600 m y fuertes pendientes localmente superiores al 50%.

Como se explicó antes, la sierra está compuesta por diversos tipos de rocas volcánicas cuaternarias, aflorando en parte de su núcleo, rocas del Grupo Comondú debido a un fuerte levantamiento.

VERSIÓN PÚBLICA

Volcán Las Tres Vírgenes. Como se ha descrito, el complejo de Las Tres Vírgenes, ubicado al poniente de la microcuenca, está constituido por cuatro volcanes; los volcanes están alineados en dirección general noreste-suroeste siendo, de sur a norte, La Virgen, El Azufre, El Viejo y Partido. La Virgen tiene una elevación máxima de 1 940 m y es la prominencia más elevada de toda el área, El Azufre tiene una altitud de 1 660 m siendo la segunda prominencia en el área, El Viejo presenta una elevación de 1 360 m y el volcán Partido tiene 1 440 m. Los volcanes exhiben geoformas prismáticas y de estratovolcanes con pendientes escarpadas y cortas y en sus alrededores hay conos volcánicos. La cadena montañosa que conforman estos volcanes tiene unos 11 km de largo por unos 7 km de ancho. El volcán La Virgen presenta pendientes hasta de 53%, mientras que el volcán El Azufre presenta pendientes máximas de 66% en su flanco oriental.

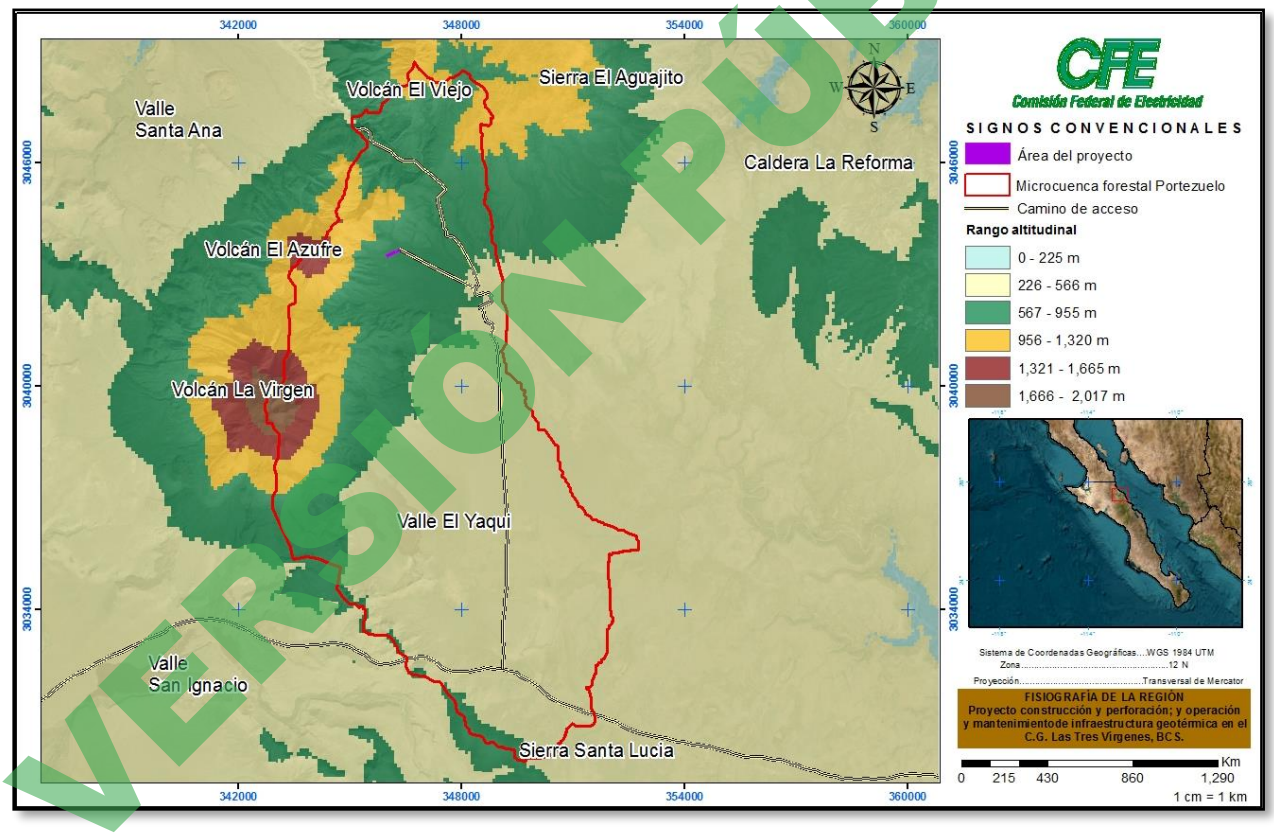


Figura 4.13. Mapa fisiográfico de la microcuenca Portezuelo.

Caldera La Reforma. Este complejo volcánico se localiza en la parte noreste de la microcuenca; como toda caldera volcánica, es de forma aproximadamente circular, con un diámetro de unos 10 km. Está ligeramente basculada al oriente presentando elevaciones de unos 1 200 m en su núcleo, así

VERSIÓN PÚBLICA

como en la porción noroeste, presenta domos riolíticos con elevaciones entre 400 y 600 m, así como al sur fuera del límite del colapso, ocurren volcanes prismáticos con direcciones de flujo hacia el oriente; estos conos tienen alturas de 300 a 400 m. Se considera que la caldera en su conjunto se encuentra en una etapa de madurez temprana. Las pendientes generales son variables desde un 25% hasta un 45% en ciertas porciones.

Valle El Yaqui. Este valle es la única meseta del área, teniendo una forma más o menos rectangular de orientación sensiblemente noroeste-sureste. Se localiza en la porción central de la microcuenca hidrológica; es de origen tectónico y está controlado por estructuras de la misma dirección. Este valle tiene en su cabecera al noroeste, una altitud de 500 m, por lo tanto, presenta un desnivel de 200 m en una extensión de 14 km. Con una pendiente promedio de 1.4%. El valle está limitado al norte, noroeste y oeste por los complejos volcánicos de La Reforma, El Aguajito y Las Tres Vírgenes, respectivamente, al sur por la Sierra de Santa Lucía y al oriente por la franja costera con elevaciones de 0 a 200 m.

En el contexto regional que acaba de describirse, el predio del proyecto se ubica al oriente de las estribaciones del complejo de Las Tres Vírgenes, específicamente al oriente del volcán El Azufre (**Figura 4.13.).**

Topografía.

En la Microcuenca Portezuelo encontramos una gran variedad de paisajes, en los que se observa una estrecha relación entre la topografía, el clima, el suelo y la vegetación. La topografía está representada principalmente por una extensa planicie con pendientes suaves que van desde los 0° hasta los 15° de inclinación, limitadas en el extremo norte por las laderas de los volcanes Las Tres Vírgenes, El Azufre y El Viejo, donde las pendientes oscilan entre los 25 – 45°. Finalmente, en las calderas volcánicas se pueden observar pendientes entre 45-65°, estos terrenos se clasifican como fuertemente inclinados **Figura 4.14.**

VERSIÓN PÚBLICA

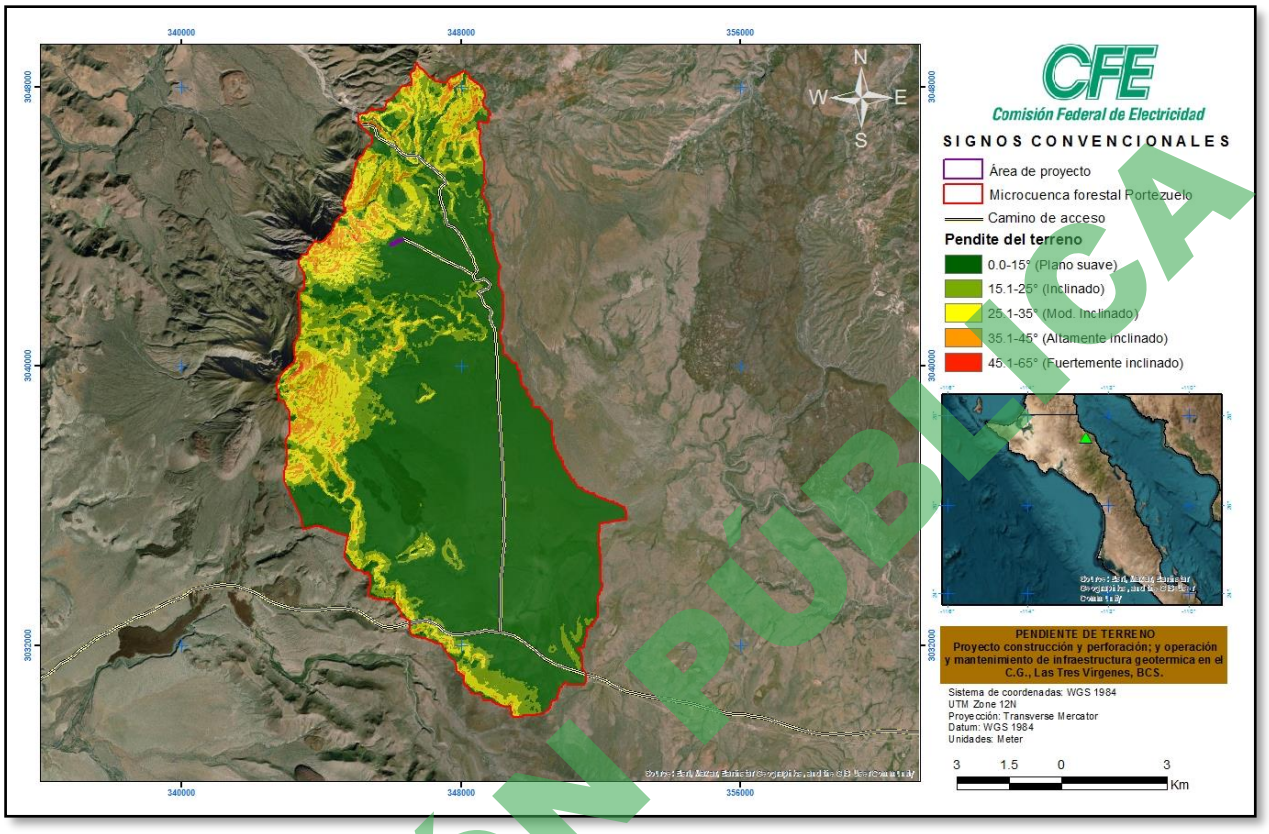


Figura 4.14. Topografía de la Microcuenca Portezuelo.

La sismicidad en los alrededores de campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes se considera de moderada a baja, con magnitudes menores a 4, cuyo origen está relacionado con la tectónica regional, es decir los sistemas de fallas NW-SE principalmente. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de la ocurrencia de sismos de mayor magnitud.

Los riesgos de deslizamientos, derrumbes e inundaciones están más relacionados con aspectos meteorológicos, especialmente en la época de huracanes, en donde las precipitaciones extraordinarias podrían aumentar el riesgo en zonas específicas y locales.

En relación con la posible actividad volcánica, El Azufre tiene reportado la ocurrencia de posible actividad volcánica en el siglo XVIII, en tiempos geológicos se considera su ocurrencia como muy reciente. Por lo que tampoco se puede descartar la posibilidad de reactivación de algún tipo de actividad volcánica. Debido a que el campo geotérmico se encuentra en una zona volcánica, termal y sísmica, en el que cualquier tipo de actividad antropogénica debe considerar las causas que estos eventos puedan ocasionar.

VERSIÓN PÚBLICA

Suelos

Tipos de suelo y distribución.

Los tipos de suelo dominantes en la Microcuenca Hidrológica Forestal "Portezuelo" son: los litosoles, denominados actualmente en las zonas montañosas, los regosoles que se localizan en las llanuras y los leptosoles que se distribuyen principalmente en las laderas de las elevaciones montañosas de la Microcuenca.Los fluvisoles, yermosoles y solonchaks, todos ellos localizados en el valle de la Microcuenca.

De acuerdo con el INEGI, la distribución de los suelos en la Microcuenca Hidrológico Forestal "Portezuelos" se presenta en la **Figura 4.15**. En ésta se aprecia, de acuerdo con la clasificación de suelos FAO (1988), que el 52.73% de la superficie de la microcuenca está representada por suelos litosoles; el 25.35 % corresponde a regosol calcárico y eutrico, fluvisol éutrico con 12.64%, yermosol háplico con 8.78 % y por ultimo el suelo tipo solonchaks cubriendo una superficie quivalente al 1.37 %.

Los litosoles cubren un 52.73% (5,231 ha) de la microcuenca hidrológica forestal "Portezuelo"; se encuentran básicamente en las elevaciones montañosas, en profundidades que van desde la roca desnuda y en acumulaciones intersticiales del suelo hasta suelos con profundidades menores de 10 cm. En la zona regularmente se hallan asociados con Regosoles que son suelos jóvenes y de poco desarrollo, mostrando las características del material de origen, esta asociación es muy común en las zonas montañosas de la región. La asociación I+Re/2 (litosol más regosol eútrico con textura media) es la más importante en la microcuenca, por su extensa distribución y porque en ella concurren las comunidades vegetales de mayor biomasa, además de presentar una elevada capacidad para infiltrar el agua de lluvia.

Los regosoles se encuentran frecuentemente asociados con yermosoles, litosoles y fluvisoles, cubriendo alrededor del 25.35% de la Microcuenca. Se ubican principalmente en los piedemontes de los cerros y en los lomeríos de las partes bajas; las unidades presentes en la Microcuenca son básicamente dos, los regosoles éutricos (Re) 2,547 ha y los regosoles calcáricos (Rc) 12 ha. Los primeros se encuentran frecuentemente asociados con fluvisoles éutricos y los segundos con yermosoles lúvicos.

VERSIÓN PÚBLICA

Los regosoles son el segundo tipo de suelo en orden de importancia tanto por su extensión como por la cantidad de biomasa que sustenta dentro de la Microcuenca. En esta unidad se distribuyen las comunidades vegetales que presentan un estrato arbóreo como tal, constituido principalmente por árboles de Bursera microphylla. Son suelos poco profundos que se caracterizan por no presentar multiples estratos, de color claro, pedregosos y muy parecidos a la roca madre. Su fertilidad es variable y su uso agrícola esta condicionado a su profundidad y pedregosidad.

La unidad presente en las áreas donde se desarrollarán las diferentes obras y/o actividades del Proyecto es básicamente Regosol éutrico.

En tercer orden de importancia tenemos a los fluvisoles, son suelos que se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por el agua de lluvia desde las partes altas de la cuenca hacia zonas bajas. Son poco desarrollados, en la Microcuenca se encuentran en las partes bajas y en el centro. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles en función del tipo de materiales que los forman. Estos suelos cubren alrededor del 12.64% (1,276 ha) de la superficie de la Microcuenca y el tipo de vegetación que desarrolla este tipo de suelo corresponde al Matorral desértico micrófilo.

Los yermosoles son suelos que se caracterizan por tener una capa superficial clara y un subsuelo rico en arcilla o semejante a la capa superficial. Presentan en ocasiones acumulación de cal o yeso en el subsuelo o bien "caliche", son suelos de textura gruesa. En la microcuenca se ubican en las partes bajas de los volcanes y frecuentemente se encuentran asociados con los regosoles. La unidad de suelo característica de este orden es el yermosol háplico, representando alrededor del 8.78% de la superficie de la microcuenca (886 ha).

Por último, se encuentra el suelo Solonchak **órtico** cubriendo el 1.37% de la Microcuenca (139 ha). Se encuentran en zonas sujetas a inundaciones periódicas donde se acumulan las sales, con un alto contenido de arcillas, correspondiendo a la parte más baja del valle. No se encuentran asociados con otras unidades de suelo, el tipo de vegetación que se desarrolla sobre este suelo corresponde a matorral sarcocaule, caracterizado por una vegetación poco densa.

VERSIÓN PÚBLICA

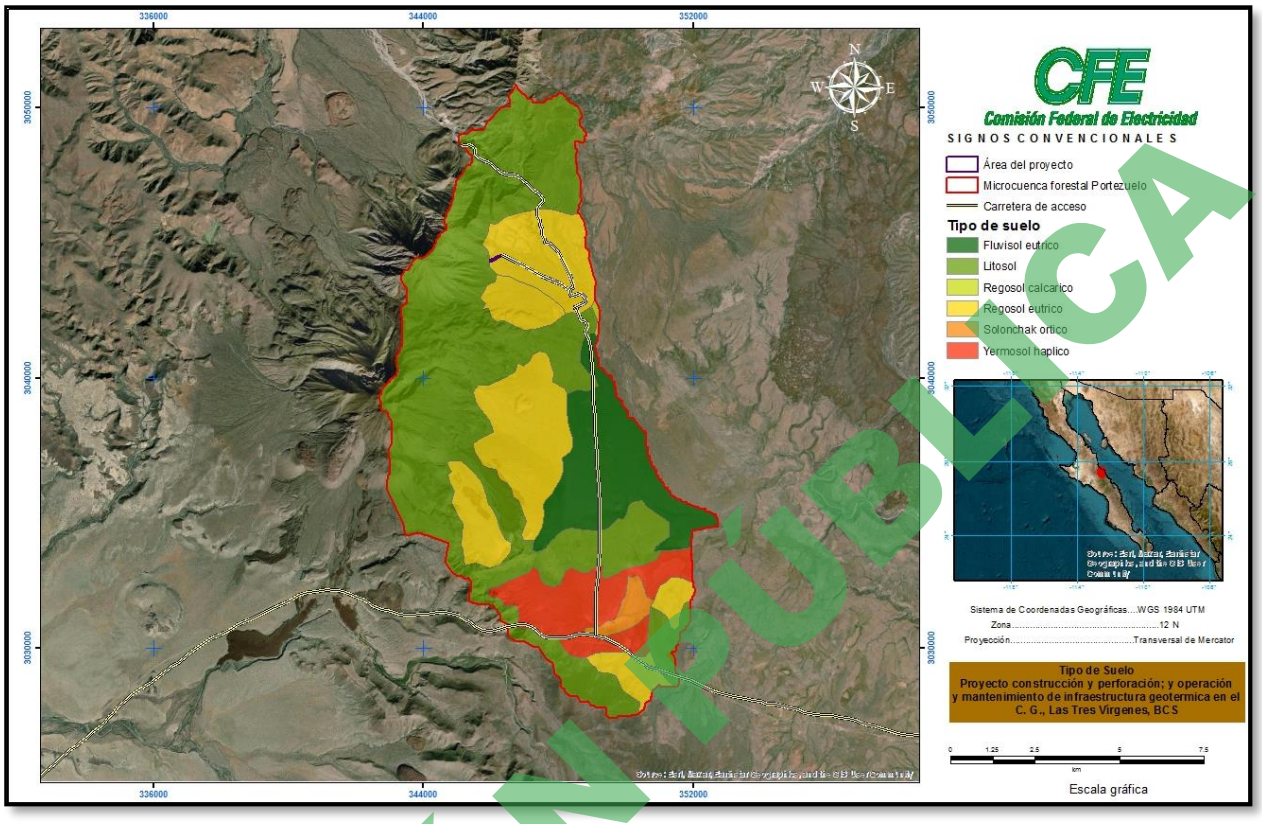


Figura 4.15. Distribución de los tipos de suelo en la Microcuenca Hidrologica Forestal "Portezuelos".

Hidrología Superficial y Subterránea

La región del campo geotérmico de Las Tres Vírgenes está ubicada en la zona septentrional del estado de Baja California Sur, a 33 km al noroeste de la ciudad de Santa Rosalía, dentro de la reserva de la biósfera El Vizcaíno, en la Región Hidrológica "Baja California centro este (Santa Rosalía)". El campo geotérmico de Las Tres Vírgenes comprende La cuenca del Yaqui al sureste y la cuenca de Santa Ana al noroeste; el parteaguas lo constituye el emplazamiento del Complejo Volcánico de las Tres Vírgenes (CVTV).

Localmente se encuentra entre la Caldera del Aguajito, CVTV y La Caldera La Reforma, específicamente el campo geotérmico está localizado en las cercanías del volcán Viejo (perteneciente al CVTV). El área de estudio está comunicada por la carretera libre Transpeninsular Número 1, que atraviesa la península de Baja California, y localmente comunica los poblados de San Ignacio con Santa Rosalía.

VERSIÓN PÚBLICA

Hidrología superficial

La Microcuenca se encuentra dentro de la Región Hidrologica RH-05 Baja California Centro-Este, los escurrimientos de las cuencas de la RH-05 drenan hacia el Golfo de California y se limitan a la vertiente oriental de la unidad geomorfológica de sierras altas, por lo que sus cuencas y subcuencas son de menor amplitud y extensión.

Los escurrimientos son poco significativos debido a la escasa precipitación, la cual, en la región varia de 300 mm en las sierras, y disminuye a 50 mm conforme se deciende hacia la costa (INEGI,1996).

A esto se suma las elevadas temperaturas y evaporación, ocasionando que la mayor parte del año el agua no fluya, lo que refleja una red hidrográfica compuesta de arroyos de régimen intermitente, cuya mayor densidad se presenta en las sierras donde existen pendientes de fuertes a moderadas con drenaje de tipo dendrítico, radial y rectangular, y cuaya densidad disminuye considerablemente a partir de las laderas de las sierras donde la pendiente se reduce hasta llegar a las llanuras en donde el drenaje adopta un patron de tipo paralelo. Los arroyos que desempocan en el Golfo de California son de corto recorrido, producto del relieve escarpado de la vertiente oriental de la Sierra la Giganta.

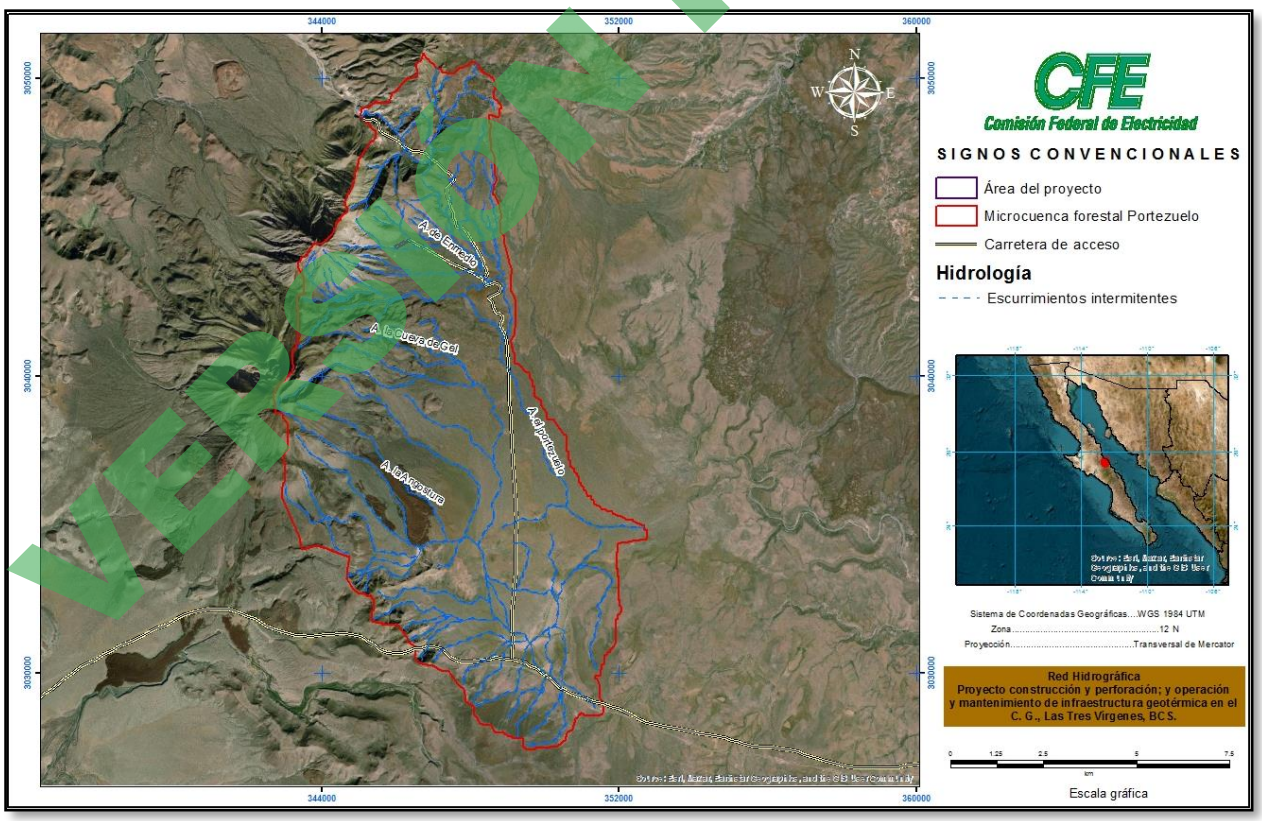


Figura 4.16. Escurrimientos intermitentes dentro de la microcuenca Potezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Hidrología Subterránea

Los acuíferos que pertenecen a las unidades geohidrológicas de la biosfera del Vizcaíno están incluidos en secuencias granulares no consolidadas cuyas edades van del Terciario al Reciente. La permeabilidad de estos depósitos varía de alta a media y los acuíferos manifiestan un comportamiento geohidrológico de tipo libre, aunque por las características estructurales de la región, existen depósitos de tipo confinado y semiconfinado. El manantialismo se presenta en zonas de montaña, en formaciones rocosas donde la permeabilidad secundaria permite la filtración del agua precipitada, que posteriormente es liberada en volumen muy poco significativos de manera gradual hacia zonas topográficas bajas, en donde constituye un aliciente importante en aquellas comunidades que no cuentan con obras hidráulicas.

Tipos de Acuíferos y Yacimiento Geohidrológico-Hidrotermal

En el área de estudio los sistemas acuíferos (**Figura 4.17**) están constituidos por acuíferos someros libres y confinados, los cuales cambian su carácter hidráulico a acuífero libre, y un yacimiento geohidrológico-hidrotermal profundo.

Acuífero somero

Son del tipo libre y confinado. Hacia la subcuenca el Yaqui y San Alberto son confinados y se transforman a libres cuando no están cubiertos por capas de Ignimbritas y cuando afloran como manantiales. En la cuenca de San Ignacio es libre, ya que no hay una capa sello o impermeable que las cubra. En el campo geotérmico el acuífero es semiconfinado. En general en esta zona se le encuentra a una profundidad de 36 a 100 metros en promedio. La zona acuífera en el Yaqui, San Alberto y San Ignacio está restringida a zonas sobre los cauces de los arroyos principales, a zonas donde existen rocas con buena permeabilidad primaria y secundaria, y en contacto con material granular aluvial potente. La geometría de la zona acuífera somera es irregular debido a las variaciones de permeabilidad de las rocas donde se alojan (Formación Santa Lucía - Aluvión), probablemente los acuíferos se presentan ocasionalmente como lentes aislados.

VERSIÓN PÚBLICA

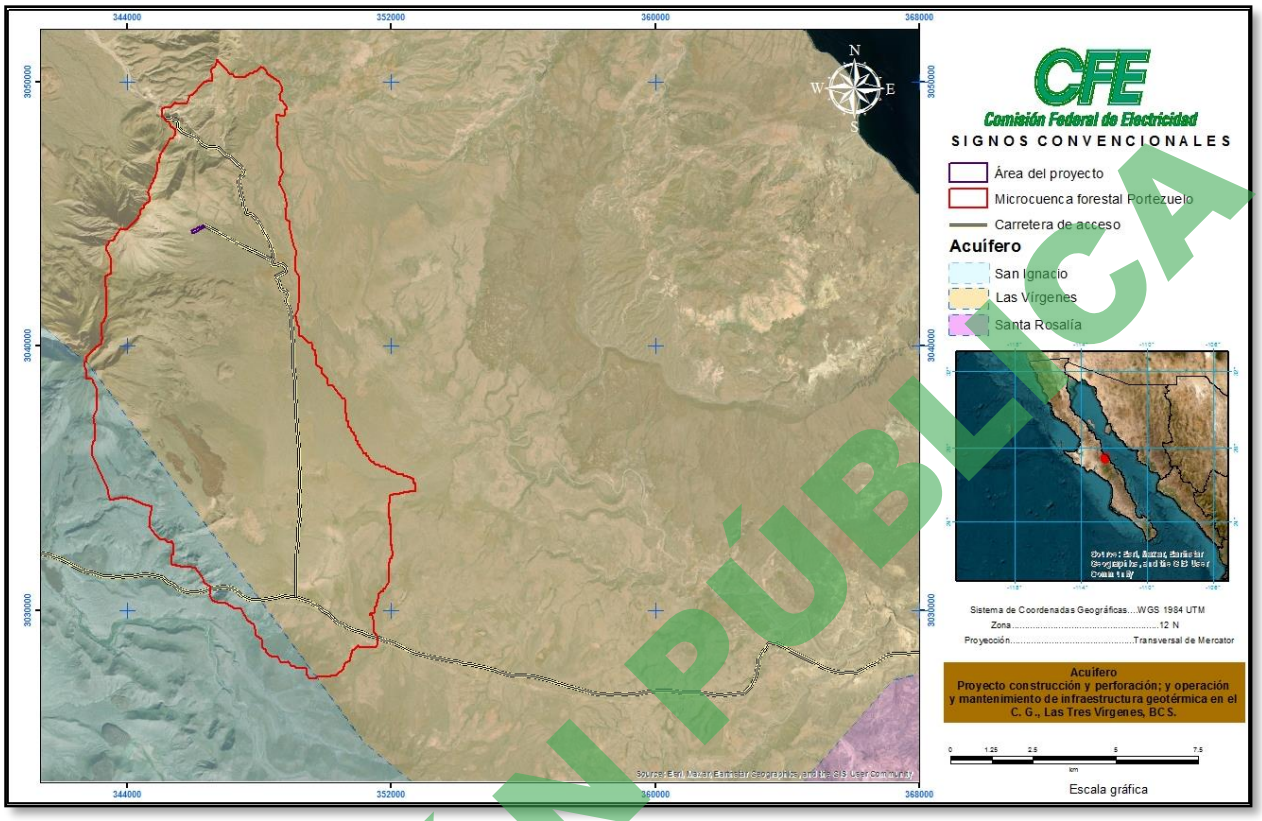


Figura 4.17. Acuifero Las Vírgenes.

VERSIÓN PÚBLICA

Yacimiento Geohidrológico-Hidrotermal Profundo:

De acuerdo con datos de la CFE, el yacimiento geotérmico, yace en la parte norte- noreste del Complejo Volcánico Tres Vírgenes, es de carácter confinado, donde las capas sello son horizontes de capas impermeables constituidas por rocas volcánicas (lavas y brechas), rocas vulcano-sedimentariasconsolidadas, cementadas y con alteración hidrotermal, y por rocas piroclásticas; ignimbríticas. El yacimiento se sitúa a profundidades mayores de 700 m.

Zonas de recarga

Las zonas de recarga se pueden dividir en primarias y en secundarias. Las áreas de recarga primarias están constituidas por rocas del Complejo Volcánico Las Tres Vírgenes, las rocas de deslizamiento que bordean al Complejo Volcánico Las Tres Vírgenes, la ladera sur de la Caldera El Aguajito, la margen oriental de la Sierra de San Jorge, y la esquina noroeste de la Sierra del Mezquital en los límites con el volcán La Virgen. Estas unidades constituyen unidades permeables y muy permeables.

Las zonas de recarga secundarias comprenden zonas de fallas, representadas por las fallas que cortan al Complejo Volcánico Las Tres Vírgenes y zona geotérmica.

Sistema Hidrogeológico-Geotermal

En el área de estudio, se precipitaron un volumen de lluvia (calculado de los últimos 20 año) de 16.99 mm anuales, de los cuales una parte se evapotranspira y al entrar en contacto con el terreno en un capa impermeable de un coeficiente de escurrimiento de 0.27, una parte de la humedad satura el suelo para después pasar a formar zonas acuíferas someras en zonas de fallas a través del graben de Las Tres Vírgenes, en las unidades litológicas almacenadoras someras (este proceso debe ser más eficiente durante los periodos de lluvias de los huracanes que llegan atravesar la península de Baja California). De esta manera en la Cuenca de Tres Vírgenes propuesta se estimó (por el método racional) que hay un volumen medio anual disponible de agua de 0.1938409488 MMC (calculado en los últimos 20 años). Este volumen de agua una parte alimenta el acuífero somero, y un porcentaje debe alimentar a través de zonas de fallas lentamente el sistema geotérmico profundo.

Los sistemas de fallas permiten que el agua del acuífero somero fluya hasta la parte interna del sistema graben en la zona geotérmica, donde el gradiente geotérmico oscila de 100 a 260 grados centígrados de temperatura e interacción de agua roca caliente ocurre.

El agua somera en la parte NW del área de influencia (cuenca Tres Vírgenes) en San Alberto, El Tule, y en la parte Norte en el manantial el Azufre, Cañón el Azufre y Agua Agria, es de tipo sulfatada sódica, lo que indica que el agua meteórica del acuífero somero tiene interacción con fluidos geotérmicos, los fluidos geotérmicos pueden condensar parciamente en agua subterránea somera. Los fluidos geotérmicos en esta zona son controlados por los sistemas de fallas que afectan a la cuenca. Por estas mismas zonas donde circulan los fluidos geotérmicos son las zonas donde recarga de agua superficial circula hacia el subsuelo e interacción de fluidos geotérmicos y agua meteórica ocurre, lo cual a su vez también causa aumento en la temperatura del agua de los manantiales. Por su parte, el agua somera en la parte Sureste (hacia la cuenca el Yaqui) en los manantiales el Yaqui, Carrizo, es de tipo sulfatada-sódica y clorurada, indicando la influencia de fluidos del sistema geotérmico de la Caldera La Reforma.

El agua somera de la parte sur de la Cuenca Tres Vírgenes, representada principalmente por el pozo Rancho Tres Vírgenes es sulfatada sódica, este carácter muestra a pesar de que se sitúa alejado de la zona geotérmica, una influencia de H_2S geotermal de un sistema geotérmico, probablemente relacionado al volcán activo La Virgen. El manantial El Mezquital, situado al sur del volcán La Virgen, con agua tipo bicarbonatada, también puede indicar influencia de gas CO_2 magmático del volcán activo la Virgen.

VERSIÓN PÚBLICA

4.2.2. Aspectos bióticos

Vegetación

La Península de Baja California se encuentra ocupada por comunidades vegetales de características áridas y semiáridas. La mayor parte de su superficie la ocupan diferentes subregiones del Desierto Sonorense; dentro de la Península, esta región fitogeográfica alberga unas 2 000 especies de vegetales superiores (León De La Luz *et al.,* 1995).

El área de estudio de este proyecto forma parte del Desierto Sonorense (Shreve y Wiggins, 1964). A esta zona, Nelson (1922) la llamó Desierto del Vizcaíno por su cercanía con la bahía del mismo nombre. De acuerdo con Rzedowski (1988), el área de estudio se ubica en la provincia fisiográfica del Sistema Montañoso de Baja California y, con base en la propuesta de clasificación fitogeográfica de la Península de Baja California –apoyada tanto en datos bibliográficos como en la experiencia-, la flora y la vegetación del territorio del Vizcaíno presentan condiciones ambientales muy particulares, lo cual se refleja en el predominio de las comunidades vegetales y formas biológicas muy características (Bravo-Hollis, 1978). La vegetación corresponde al matorral xerófilo (Rzedowski, 1988), representado por diferentes comunidades clasificadas de acuerdo con las adaptaciones al ambiente adverso en el que habitan.

De acuerdo con León De La Luz *et al.* (1992), se han reconocido tres distintos tipos de variantes del matorral xerófilo o comunidades vegetales, que de acuerdo con sus rasgos particulares se reconocen como: *matorral sarcocaule, matorral sarcocrasicaule y matorral desértico micrófilo*. Son notables los diferentes tipos de plantas suculentas, los de hojas arrosetadas o concentradas hacia los extremos de los tallos, los de plantas áfilas, los tipos gregarios y coloniales, los provistos de tomentos blancos, etc. La microfilia, la pérdida de hojas durante la época desfavorable y la presencia de espinas son caracteres comunes. A grandes rasgos, la flora vascular de la zona de estudio se desarrolla dentro de tres topoformas (León De La Luz *et al.,* 1995):

1) Las serranías que corresponden al complejo Las Tres Vírgenes al oeste, cuyo volcán es el de mayor altitud de la zona; la sierra de El Aguajito; la caldera La Reforma y la sierra Santa Lucía.
2) Los pies de montes de dichas serranías, dominados por diferentes especies de cactus y leguminosas arbustivas; y
3) La planicie central o valle, dominado por matorrales de baja estatura.

Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas de México adquieren según el predominio de las formas biológicas que están en su composición, rasgos particulares determinados por las condiciones ambientales en que crecen, tales como la aridez, temperatura, tipos de suelos y

VERSIÓN PÚBLICA

variaciones topográficas. De acuerdo con (León De La Luz, J. et al., 2000) la superficie de la microcuenca hidrológica forestal "El Portezuelo" delimitada como área de estudio del proyecto, representa un claro ejemplo de las combinaciones de estas condiciones ambientales, las cuales han originado cuatro tipos de vegetación que corresponden a:

1) Matorral sarcocaule
2) Matorral sarcocrasicaule
3) Matorral desértico micrófilo y
4) Vegetación halófila xerófila.

En la **Figura 4.17** se presenta la distribución de los tipos de vegetación existentes en el SA; y en la **Tabla 4.5** siguiente podemos ver las superficies y porcentajes de cobertura para cada uno de los cuatro tipos de vegetación presentes en este.

Como se puede observar, el matorral sarcocaule es la comunidad vegetal predominante, seguida en extensión por el matorral desértico micrófilo.

Tabla 4.5. Tipos de vegetación en el SAR y la superficie que ocupan.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	%
Matorral sarcocaule	6,710.69	66.50
Matorral sarcocrasicaule	579.20	5.74
Matorral desértico micrófilo	2,694.96	26.70
Vegetación halófila xerófila	105.57	1.04
Total	**10,090.42**	**100.00**

VERSIÓN PÚBLICA

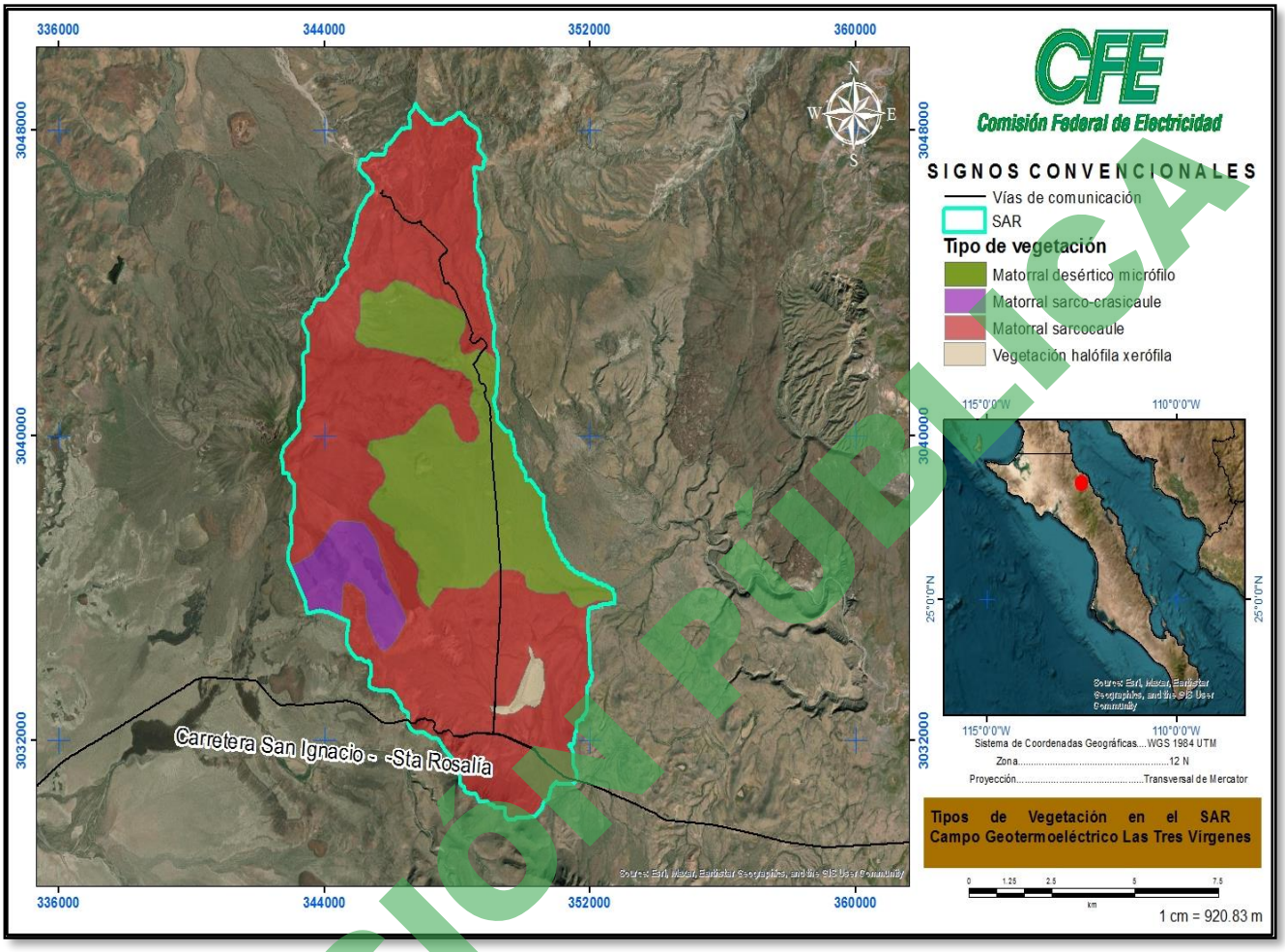


Figura 4.17 Distribución de los tipos de vegetación en la Microcuenca Hidrologica Forestal Portezuelo.

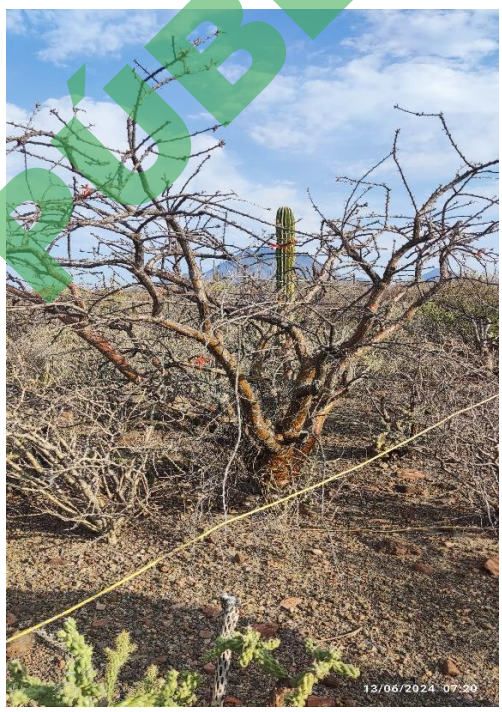
VERSIÓN PÚBLICA

Matorral Sarcocaule.

Este tipo de vegetación se distribuye en la mayor parte del SA, ocupa alrededor de **6,710.69 ha** aproximadamente el **66.50 %** de la superficie; se desarrolla sobre suelos rocosos y pedregosos de origen volcánico. Esta asociación se caracteriza por la dominancia fisonómica de árboles y arbustos de tallo grueso, de crecimiento tortuoso, semi suculentos, de madera blanda y con algunas especies que poseen corteza papirácea y exfoliante.

Aunque los tallos crasos y craso-columnares son también evidentes y llegan a ser en algunos sitios cuantitativamente importantes dentro de la comunidad **Figura 4.18** dadas las condiciones ecológicas, las actividades pecuarias en el SA son limitadas, es importante mencionar que no hay actividad agrícola INECOL, 2011[1].





VERSIÓN PÚBLICA

[1] INECOL, 2011. Estudio de fauna y flora en el área de influencia de C. G. las Tres Vírgenes, Baja California Sur. 327 p.



Figura. 18 vegetación representativa del matorral Sarcocaule.

Los elementos florísticos más representativos del estrato arbóreo para este tipo de vegetación se encuentran: *Fouquieria diguetii* (palo Adán), *Bursera microphylla* (torote colorado), *Pachycereus pringlei* (cardón), *Cercidium microphyllum* (dipúa), *Olneya tesota* (uña de gato), *Lysiloma candidum* (palo blanco) y *Bursera hindsiana* (copal).

Con respecto al estrato arbustivo, las especies más comunes y de mayor distribución son: *Jatropha cuneata* (matacora), *Krameria parvifolia* (mezquitillo), *Opuntia cholla* (cholla), *Jatropha cinerea* (lomboy), *Larrea tridentata* (gobernadora), *Cylindropuntia bigelovii* (ciribe), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria), entre otras.

Matorral Sarcocrasicaule.

Esta comunidad vegetal tiene un gran número de formas de vida o biotipos. Se desarrolla principalmente en la parte central de Baja California sobre terrenos ondulados graníticos y coluviones. En el SA se distribuye de manera irregular, principalmente en los pequeños valles centrales, ocupando **579.20 ha** es decir el **5.74 %** de la superficie. Este tipo de comunidad es una variación del matorral sarcocaule, el cual se caracteriza por la dominancia de un estrato arbóreo cuyas especies componentes poseen tallos crasos y craso columnares, principalmente de especies cactáceas (de 5 hasta 19 m de altura) y de matorral crasicaule (tallos suculentos-jugosos). En la **Figura 4.19** se observa el aspecto fisonómico de este tipo de vegetación [2].

Las especies más conspicuas de este matorral en el SA son: *Pachycereus pringlei* (cardón), *Fouquieria diguetii* (palo adán) y *Cercidium microphyllum* (palo verde), en el estrato arbóreo. Con relación al estrato arbustivo, los elementos más representativos son: *Opuntia cholla* (cholla), *Cylindropuntia bigelovii* (ciribe), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria), *Lophocereus schottii* (garambullo), *Ferocactus herrerae* (biznaga), *Cylindropuntia molesta* y *Stenocereus thurberi* (pitaya dulce).

[2] INECOL, 2011. Estudio de fauna y flora en el área de influencia de C.G. las Tres Vírgenes, Baja California Sur. 327 p.

VERSIÓN PÚBLICA



VERSIÓN PÚBLICA

Figura. 4.19 Vegetación representativa del matorral Sarcocrasicaule.

Vegetación halófila xerófila.

En la zona de menor altitud del SA se identificaron comunidades denominadas Vegetación halófila xerófila, misma que ocupa alrededor de **105.57 ha.** Es decir, el **1.04 %** de la superficie total; la vegetación halófila se caracteriza por conjuntar especies con una tolerancia relativamente alta a la salinidad. Sin embargo, esta última se identifica por su composición principalmente de especies herbáceas entre las que podemos mencionar: *Cynodon dactylon*, *Cenchrus ciliaris*, *Bidens pilosa*, *Boerhavia erecta* y *Asclepias lemonii* **Figura 4.20**

En general, el estado de conservación de las comunidades vegetales identificadas dentro del SA se considera bueno. Se observa una baja afectación de forma puntual y de poca extensión principalmente hacia el estrato herbáceo debido al pastoreo selectivo del ganado[3].

VERSIÓN PÚBLICA

[3] INECOL, 2011. Estudio de fauna y flora en el área de influencia de C.G. las Tres Vírgenes, Baja California Sur. 327 p.





VERSIÓN PÚBLICA



Figura 4.20 Aspectos de la vegetación halófila xerófila.

Matorral desértico micrófilo.

Este tipo de vegetación ocupa alrededor del **26.70%** de la superficie del SA y es equivalente a **2,694.96 ha.** En cuanto a su estructura vertical, es la comunidad vegetal más simple, ya que está constituida básicamente por un sólo estrato (el arbustivo), que difícilmente rebasa los 2 m de altura. No obstante, se encuentran algunas especies de porte arbóreo entre las que podemos mencionar: *Bursera microphylla*, *Olneya tesota*, *Pithecellobium confine*, *Bursera hindsiana*, etc. Otras especies identificadas en el estrato arbustivo son: *Encelia farinosa*, *Krameria gragyi*, *Larrea tridentata*, *Jatropha cinerea*, *Opuntia tesajo* y *Cilindropuntia molesta* entre otras. Por otra parte, en el apartado de las cactáceas encontramos especies como: *Stenocereus gummosus, Pachycereus pringlei, Lophocereus schottii, Cylindropuntia cholla, Mammillaria dioica, Echinocereus brandegeei.*

La mayoría de las especies que componen el matorral desértico micrófilo, presentan una reducida superficie foliar; es decir, las especies presentan hojas o foliolos de tamaño pequeño; corresponde a arbustos cuyos dominantes fisonómicos carecen de espinas (carácter inerme). La comunidad se desarrolla predominantemente en superficies aluviales, así como en depresiones y laderas. La mayor parte de sus componentes son caducifolios, es la comunidad vegetal con menor número de especies, respecto a los otros tipos de vegetación identificados en el SA **Figura 4.21.**

En cuanto al estado de conservación del matorral desértico micrófilo, podemos mencionar que al igual que el resto de las comunidades vegetales que integran el SA se encuentran bien conservadas. Ya que al estar dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, las actividades humanas se encuentran limitadas y vigiladas (extracción de ejemplares, recolección de leña, ganadería extensiva, cambios de uso de suelo, etc). Lo

VERSIÓN PÚBLICA

anterior, aunado con la baja incidencia de disturbios naturales de gran magnitud, como pudieran ser: incendios, huracanes, plagas, enfermedades, presencia de especies invasoras; permiten un desarrollo de la vegetación acorde con sus procesos ecológicos.



VERSIÓN PÚBLICA

Figura 4.21 Vegetación representativa del matorral desértico micrófilo.

Caracterización de la vegetación.

Para conocer la flora de un lugar necesariamente hay que estudiarla, la metodología usada para su muestreo es fundamental ya que mediante esta obtendremos su caracterización. La metodología usada para muestrear le llamamos "Técnica de muestreo", para esto se debe conocer con claridad los objetivos del estudio, así como las características fisonómicas estructurales de la vegetación que se desea muestrear, así como los recursos humanos, económicos y materiales disponibles para realizar los trabajos (Moreno, 1984[4]).

Estado de conservación.

Las categorías de riesgo para su conservación fueron consultadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010[5], la Lista Roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022[6]) y los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (UNEP-WCMC, 2022[7]).

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

La NOM-059 se encarga de identificar especies y/o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en territorio nacional mexicano. Las categorías que emplea son las siguientes, 1) Probablemente extinta en el medio silvestre (E): Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano; 2) En Peligro de extinción (P): aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros; 3) Amenazada (A): aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones; 4) Sujeta a protección especial (Pr): son aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

VERSIÓN PÚBLICA

4 Moreno, N. P. 1984. Glosario Botánico Ilustrado. CECSA. 300 p.

5 NOM-059-SEMARNAT-2010/Modificación a su Anexo Normativo III/FE de erratas Modificación del Anexo Normativo III.DOF 4/03/2020..

6 IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2022-2. Disponible en: https://www.iucnredlist.org. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

7 UNEP-WCMC (Comps.) [2022]. The Checkiist of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compilado por UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Disponible en: http://checklist.cites.org. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

Unión internacional para la conservación de la naturaleza

La IUCN (por sus siglas en inglés), clasifica en la "Lista Roja" a aquellas especies que enfrentan un alto riesgo de extinción global. De acuerdo con la lista, las especies se agrupan en: 1) Extinto (EX) cuando todos los individuos han desaparecido, 2) Extinto en estado silvestre (EW) cuando sobrevive únicamente en cautiverio o como naturalizada fuera de su área de distribución original, 3) En peligro crítico (CR) cuando enfrenta un riesgo de extinción extremadamente alto en vida silvestre, 4) En peligro (EN) cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre, 5) Vulnerable (VU) cuando enfrenta un riesgo de extinción alto en vida silvestre, 6) Casi amenazado (NT) cuando no se cumple con los criterios para considerarla "En peligro crítico", "En peligro" o "Vulnerable", pero podría llegar a estarlo en un futuro cercano, 7) Preocupación menor (LC) cuando la especie evaluada es abundante y de amplia distribución, 8) Datos insuficientes (DD) cuando no existe información adecuada sobre la abundancia y distribución para realizar una evaluación del riesgo de extinción del taxón, y 9) No evaluado (NE) cuando la especie no ha sido analizada y clasificada con base en los criterios de valoración antes mencionados.

Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

La CITES (por sus siglas) es un acuerdo internacional que involucra a todos los gobiernos y tiene como objetivo regular el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres, minimizando las amenazas para la supervivencia de las especies. Los Apéndices I, II y III de la Convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva: Apéndice I se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices de la CITES.

Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica. Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

VERSIÓN PÚBLICA

Metodología utilizada para el muestreo de la vegetación.

La metodología utilizada para la delimitación, caracterización y descripción fitosociológica del SA se realizó durante el periodo de lluvias ya que en esta temporada se logra registrar la mayor presencia de las especies, gracias a la disponibilidad de agua que favorece la germinación y crecimiento sobre todo de las plantas herbáceas.

Se inició con la revisión de antecedentes, derivada de información relacionada con la vegetación del campo geotérmico. En esta, se destacan los trabajos realizados para y/o por la CFE (CIB, 1991[8]; CFE, 1996[9]; CFE, 2005[10]; INECOL, 2011[11]). Simultáneamente y con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se elaboró un mapa potencial de la vegetación y uso del suelo, para tener una idea general de la distribución de los principales tipos y comunidades vegetales dentro del SA. Este mapa tiene como base la Serie VII (INEGI, 2021[12]); es importante resaltar que dicho mapa se validó de acuerdo con recorridos y observaciones en campo.

La fase de campo consistió en dos tareas específicas, la primera fue la validación en el terreno del mapa de uso de suelo y comunidades vegetales generado mediante el SIG; y la segunda el muestreo de la vegetación correspondiente al matorral desértico micrófilo agrupada en cuatro estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas). El trabajo de campo se realizó durante la temporada de lluvias donde se requirió de una semana de muestreo y dos brigadas de trabajo.

Los sitios de muestreo fueron circulares con radio de 11.3 m y una superficie de 400 m^2, se realizaron un total de 42 muestreos, donde se contaron y midieron las todas las especies presentes en los cuatros estratos determinados (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas). **En la Tabla 4.6** se presentan las coordenadas centrales de los sitios de muestreo, estos se distribuyeron en los cuatro tipos de vegetación comprendida en el SA. Por para una lo anterior, consideramos que los muestreos realizados son representativos para caracterizar la vegetación que comprende el SA.

VERSIÓN PÚBLICA

[8] CIB. 1991. Manifestación de Impacto ambiental Modalidad Especifica, Perforación exploratoria en la zona Geotérmica Tres Vírgenes B.C.S. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. 432 p.

[9] CFE. 1996. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia del Proyecto Geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes, Baja California Sur. 205 pp.

[10] CFE. 2005. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular del Proyecto Geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes, 4ª etapa. 383 p.

[11] Instituto Nacional de Ecología. Los desiertos de Sonora y Baja California. 2007. http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/artnopubli/368/asilvestres.html. Consultado: octubre 2011.

[12] Uso de Suelo y Vegetación de México, Serie VI, INEGI, 2017-2021.

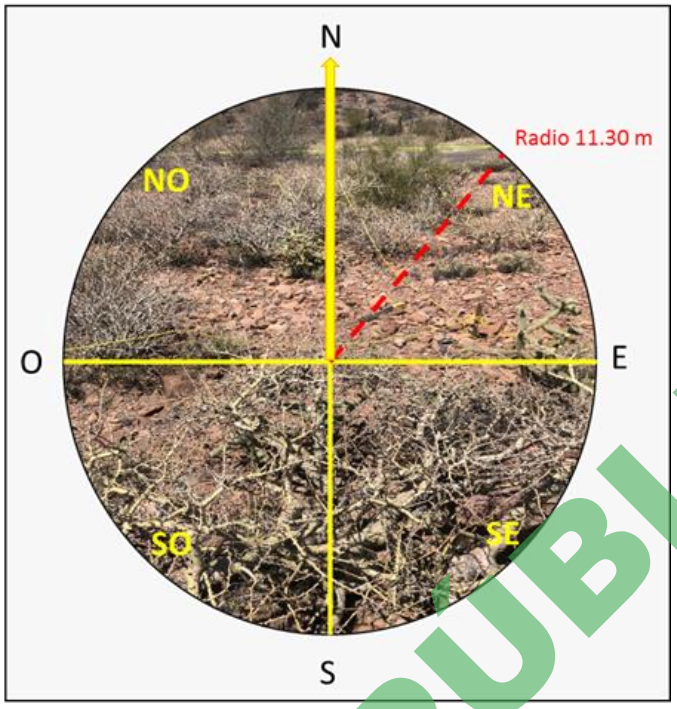


Figura 4.22. Distribución espacial de los puntos cardinales.

Tamaño de muestra.

El número de sitios de muestreo que se considerarón necearios para caracterizar la biodiversidad en el SA (**tamaño de muestra)** se calculó mediante un pre-muestreo de seis sitios, determinando el número total de especies por sitio de muestreo para los estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas). Una vez cuantificado el número de especies, se calculó el tamaño de muestra empleando la fórmula con un nivel de confianza del 95%, resultando que se necesitan muestrear al menos **26 sitios circulares de 400 m²**. Derivado de esto, se decidió realizar **42 sitios** de muestreo, con una superficie total de 16,800 m² de muestreo. Es decir, una intensidad de muestreo de 0.0044 % de la superficie del SA. El cálculo del tamaño de muestra se presenta en la **Tabla 4.7** y se incluye en formato Excel como **Anexo 4.1.**

VERSIÓN PÚBLICA

Cálculo del tamaño de muestra parael SA con una superficie de 10,090.42 ha

Premuestreo de seis sitios de acuerdo al número total de especies

Sitio	No. de especies por sitio (x)	$(x_i - \bar{x})^2$
2	13	4.0
14	15	0.0
23	17	4.0
30	18	9.0
35	15	0.0
38	12	9.0
∑	90	26.0
	$\bar{x} =$ **15.00**	

$$\textit{Medi} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \frac{90}{6} = \mathbf{15}$$

Varianza	$S^2=$	5.20
Desv. Estándar	s=	2.28

$$\textit{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{26}{5} = \mathbf{5.2}$$

$$\textit{Desviación estándar} \quad S = \sqrt{S^2} = \sqrt{5.2} = \mathbf{2.28}$$

$$\textit{Coeficiente de Variación} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 = \frac{2.28}{15} \times 100 = \mathbf{15.2}$$

$$n = \frac{t^2(C.V.^2)}{E^2 + \frac{t^2(C.V.^2)}{N}}$$

Tamaño de muestra	n= 26.2
Tamaño de muestra	t= 1.683
"t" de Student (1-α = criación	C.V.% 15.20
Número de sitios de toda la población	N= 252,260
Error de muestra (5%)	E= 5

Sustituyendo los valores en la fórmula

$$\mathbf{n = \frac{(2.83)(231.11)}{25 + 0.0026} = \frac{654.54}{25.003} = 26.2}$$

Por lo tanto, el número de sitios por levantar de acuerdo al cálculo del tamaño de muestra es de 26.2 sitios de muestreo, determinándose realizar el muestreo de 42 sitios cada uno con una superficie de 400 m^2.

Tabla 4.7. Calculo del tamaño de muestra para el SA.

VERSIÓN PÚBLICA

Delimitación de los sitios circulares en su proyección horizontal (Medina, 1983[13]).

Los muestreos de vegetación se realizaron mediante sitios circulares con un radio de 11.3 m, considerando la inclinación de la pendiente en el terreno donde se ubica el sitio. En cada sitio de muestreo se estableció un punto central, el cual fue estacado y georreferenciado con coordenadas UTM. A partir de este punto central se dividió el circulo en cuatro segmentos tomando como referencia los puntos cardinales: N, S, E y O, como se muestra en la **Figura 4.22**

Para fines de este estudio se clasificó la vegetación de acuerdo con la forma de crecimiento predominante que presenta cada una de las especies registradas en los muestreos de campo. De esta manera, tenemos cuatro estratos: El estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas. Los 42 sitios de muestreo se distribuyeron en los diferentes tipos de vegetación aplicando un mayor esfuerzo de muestreo en el tipo de vegetación que ocupa una mayor superficie del SA. Quedando esta distribución de la siguiente manera: matorral sarcolaule 23 sitios, matorral desértico micrófilo 15 y para matorral sarcocrasicaule y la vegetación halófilo-xerófila dos sitios de muestreo en cada una de estas.

En la **Tabla 4.8**, se enlistan los sitios de muestreo, su coordenada central y el tipo de vegetación que le corresponde de acuerdo con la serie VII de uso y vegetación de INEGI, **Figura 4. 23.**

VERSIÓN PÚBLICA

[13] Medina, R. 1983. Delimitación de sitios circulares de muestreo en inventarios forestales. Revista Ciencia Forestal, No. 43 Vol. 8, Pp. 1-23

Tabla 4.8. Coordenadas de los sitios de muestreo por tipo de vegetación.

Muestreos vegetación			
No.	Coordenadas UTM		Tipo de vegetación
	X	Y	
1	345,596	3,046,668	Matorral sarcocaule
2	347,167	3,045,438	Matorral sarcocaule
3	345,701	3,046,266	Matorral sarcocaule
4	347,781	3,050,303	Matorral desértico micrófilo
5	347,542	3,044,335	Matorral sarcocaule
6	345,889	3,043,548	Matorral desértico micrófilo
7	345,913	3,043,127	Matorral desértico micrófilo
8	347,253	3,043,107	Matorral desértico micrófilo
9	348,459	3,043,000	Matorral sarcocaule
11	348,844	3,040,810	Matorral desértico micrófilo
12	346,989	3,039,540	Matorral desértico micrófilo
13	348,988	3,039,398	Matorral desértico micrófilo
14	348,988	3,038,374	Matorral desértico micrófilo
15	349,113	3,038,082	Matorral desértico micrófilo
16	349,099	3,037,021	Matorral desértico micrófilo
17	349,662	3,037,804	Matorral desértico micrófilo
18	348,921	3,036,448	Matorral desértico micrófilo
19	349,686	3,036,732	Matorral desértico micrófilo
20	348,575	3,032,250	Matorral sarcocaule
21	349,329	3,035,014	Matorral sarcocaule
22	349,451	3,035,991	Matorral sarcocaule
23	350,678	3,033,647	Matorral sarcocaule
24	350,377	3,033,743	Vegetación halófila xerófila
25	348,675	3,033,250	Matorral sarcocaule
26	347,239	3,033,433	Matorral sarcocaule
27	349,986	3,033,163	Vegetación halófila xerófila
28	350,216	3,032,465	Matorral sarcocaule
29	350,648	3,031,594	Matorral sarcocaule
30	351,172	3,030,971	Matorral sarcocaule
31	350,306	3,031,507	Matorral sarcocaule
32	350,084	3,031,027	Matorral sarcocaule
33	349,340	3,031,858	Matorral sarcocaule
34	348,552	3,032,049	Matorral sarcocaule
35	348,137	3,033,227	Matorral sarcocaule
36	346,595	3,032,570	Matorral sarcocaule
38	345,982	3,035,243	Matorral sarcocrasicaule
40	346,303	3,035,305	Matorral sarcocrasicaule
50	349,397	3,037,834	Matorral desértico micrófilo
51	347,329	3,032,997	Matorral sarcocaule
52	351,129	3,031,295	Matorral sarcocaule
54	348,128	3,036,821	Matorral desértico micrófilo
55	346,846	3,045,543	Matorral sarcocaule

VERSIÓN PÚBLICA

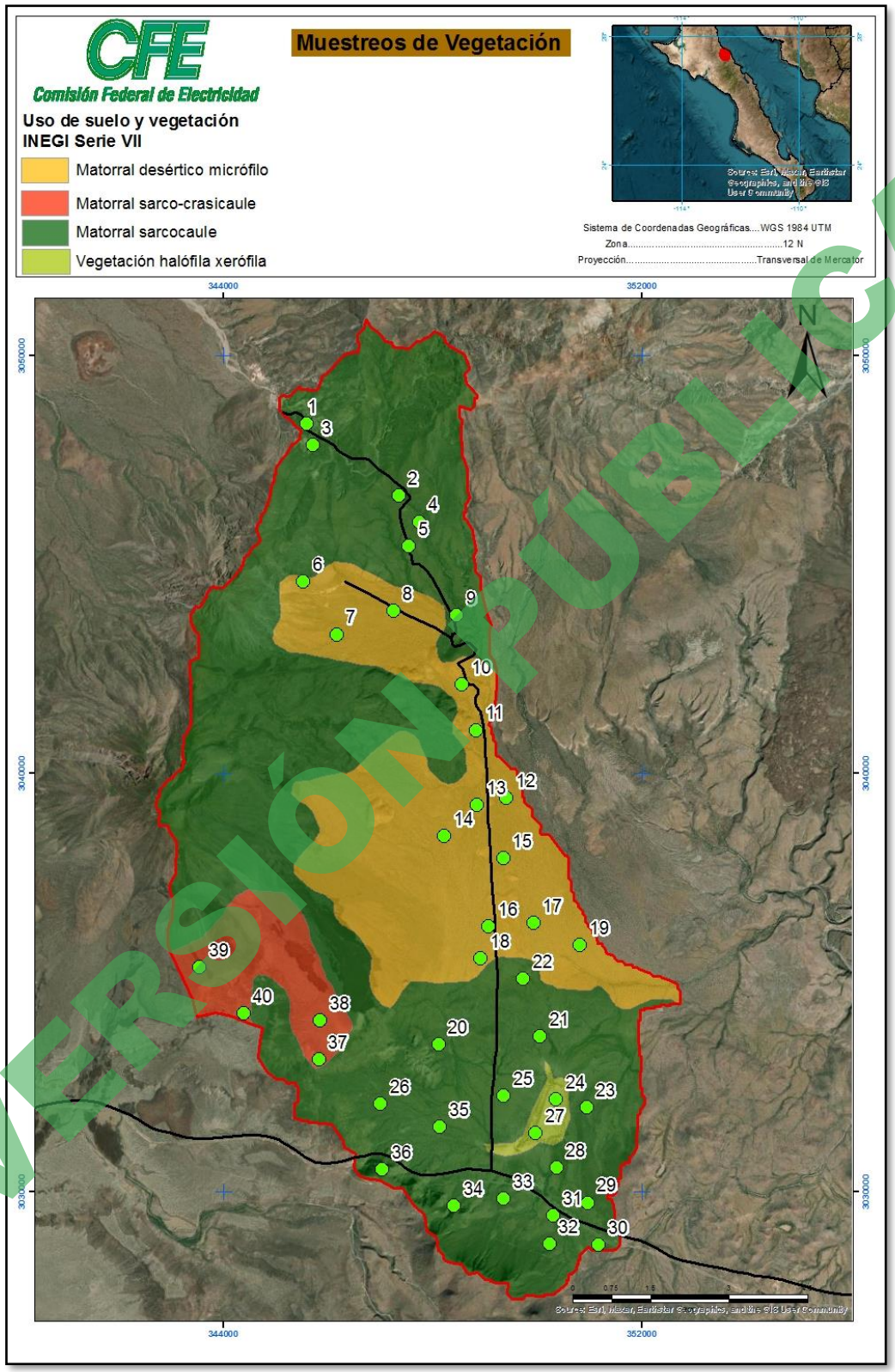


Figura 4.23. Sitios de muestreo en el SA de acuerdo con el tipo de vegetación .

VERSIÓN PÚBLICA

Listado florístico por tipo de vegetación muestreada en el SA.

Como resultado de los muestreos realizados a continuación se presenta el listado florístico con su abundancia de individuos por ha, tipo de vegetación, su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 así como en los listados UICN y CITES.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.9. Listado Floristico.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059 SEMARNAT 2010	UICN/CITES	No. de individuos por ha.			
					Matorral desértico micrófilo	Matorral sarcocaule	Matorral sarcocrasicaule	Vegetación halófila xerófila
Estrato arbóreo								
Burceraceae	*Bursera microphylla*	Torote colorado	Sin estatus	LC / -	131.67	157.61		
Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	Sin estatus	LC / -	116.67	57.61		
Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado	Sin estatus	LC / -	20.00	2.17		
Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adán	Sin estatus	VU / -	31.67	152.17		
Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo blanco	Sin estatus	NE / -	30.00	2.17		
Fabaceae	*Neltuma articulata*	Mezquite de Baja California	Sin estatus	LC / -		58.70		12.50
Fabaceae	*Neltuma glandulosa*	Mezquite dulce	Sin estatus	NE / -		18.48		2,750.00
Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo fierro	Pr	NT / -	5.00	11.96		
Anacardiaceae	*Pachycormus discolor*	Copalquin	Sin estatus	LC / -		1.09		
				Total	**335.00**	**461.96**		**2,762.50**
Estrato arbustivo								
Euphorbiaceae	*Acalypha californica*	Hierba del cáncer	Sin estatus	NE / -	3.33			
Euphorbiaceae	*Adelia brandegeei*	Pimientilla	Sin estatus	NE / -		2.17		
Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	Sin estatus	LC / -	28.33	231.52		
Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla bronca	Sin estatus	NE / -	8.33	2.17		
Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	Sin estatus	NE / -	230.00	27.17	137.50	
Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca	Sin estatus	NE / -	26.67	4.35		
Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso	Sin estatus	NE / -	230.00	245.65		
Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Sin estatus	LC / -	291.67	30.43	25.00	
Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	Sin estatus	NE / -	220.00	675.00	25.00	
Acanthaceae	*Justicia californica*	Chuparrosa	Sin estatus	NE / -		3.26		
Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Krameria	Sin estatus	NE / -	41.67	23.91		
Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cósahui	Sin estatus	NE / -	48.33	80.43		
Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Sin estatus	NE / -	151.67	205.43	462.50	
Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla	Sin estatus	NE / -	203.33	203.26		
Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla	Sin estatus	NE / -	5.00	4.35		
Asparagaceae	*Nolina palmeri*	Agave nolina	Sin estatus	NE / -		10.87		
Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	Sin estatus	NE / -	56.67	10.87		
Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	Sin estatus	NE / -	196.67	230.43		
Fabaceae	*Senna confinis*	Sena	Sin estatus	NE / -	1.67	4.35		
Simmondsiaceae	*Simmondsia chinensis*	Jojoba	Sin estatus	NE / -		7.61		
Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola	Sin estatus	NE / -	225.00	44.57		
Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol	Sin estatus	NE / -	11.67	15.22		
				Total	**1,980.00**	**2,063.04**	**650.00**	
Estrato herbáceo								
Malvaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito	Sin estatus	NE / -	96.67	113.04		
Asteraceae	*Ambrosia chenopodifolia*	Estafiate	Sin estatus	NE / -	28.33	277.17		
Papaveraceae	*Argemone munita*	Cardo	Sin estatus	NE / -				3,600.00
Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	Sin estatus	NE / -	530.00	13.04		
Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga	Sin estatus	NE / Apéndice II	30.00	92.39		
Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	Sin estatus	NE / -	35.00	116.30		
Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa	Sin estatus	NE / -	1.67	1.09		
Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa	Sin estatus	NE / -	411.67	9.78	2,300.00	
Pteridaceae	*Notholaena californica*	Helecho	Sin estatus	NE / -		96.74		
Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla	Sin estatus	NE / -	31.67	108.70		
Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	Sin estatus	NE / -	476.67	6.52		
Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo	Sin estatus	NE / -	153.33	701.09		
				Total	**1,795.00**	**1,535.87**	**2,300.00**	**3,600.00**
Estrato cactáceas								
Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	Sin estatus	LC / Apéndice II	330.00	428.26	512.50	
Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	Sin estatus	LC / Apéndice II	581.67	868.48	1,100.00	
Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	Sin estatus	LC / Apéndice II	16.67	279.35	150.00	
Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	Sin estatus	LC / Apéndice II	41.67	81.52	12.50	
Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga	Sin estatus	LC / Apéndice II	6.67	17.39		
Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	Sin estatus	LC / Apéndice II	25.00	163.04	12.50	
Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	Pr	LC / Apéndice II	70.00	43.48	37.50	
Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	Pr	LC / Apéndice II	23.33	10.87	25.00	
Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria	Sin estatus	LC / Apéndice II	230.00	230.43		
Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	Sin estatus	LC / Apéndice II	13.33	34.78		
				Total	**1,338.33**	**2,157.61**	**1,850.00**	

VERSIÓN PÚBLICA

Con base en la información florística derivada de los muestreos realizados en el SA se lograron identificar 53 especies distribuidas en 22 familias. **En el estrato arbóreo** se identificaron nueve especies en cinco familias, siendo la familia fabácea la de mayor número de especies. Las nueve especies del estrato arbóreo se registraron la vegetación de matorral sarcocaule, donde las especies más abundantes son: *Bursera microphylla* y *Fouquieria diguetii* con 157.61 y 152.17 individuos/ha respectivamente. El segundo tipo de vegetación con mayor riqueza de especies es matorral desértico micrófilo con seis especies, donde la especie con mayor abundancia también es *Bursera microphylla* con 131.67 individuos/ha. En la vegetación halófila xerófila solamente se registraron las especies *Neltuma articulata* y *N. glandulosa* con 12.5 y 2,750 individuos por ha respectivamente, la mayor abundancia de la especie *N. glandulosa* se debe a que son la regeneración natural de individuos jóvenes de tamaño pequeño. En esta etapa se presenta una alta tasa de mortalidad debido a las condiciones extremas del sitio, alta temperatura, suelo salino y la poca disponibilidad de agua limitando la supervivencia de estos individuos impidiéndoles llegar a ser individuos adultos. Por último, en la vegetación correspondiente a matorral sarcocrausicaule no se registró ninguna especie arbórea.

En el **estrato arbustivo** se identificaron el mayor número de especies e individuos. Las 22 especies se distribuyen en 11 familias, la familia con mayor número de especies es Euphorbiaceae. El matorral sarcocaule nuevamente es la vegetación con más riqueza de especies 21 y una abundancia 2,63.04 individuos/ha; donde las especies más abundantes son: *Jatropha cuneata* y *Encelia farinosa* con 675 y 245.65 individuos/ha respectivamente. El segundo tipo de vegetación con más riqueza específica es el matorral desértico micrófilo con 18 especies y 1,980 individuos/ha, donde las especies más abundantes son: *Jatropha cinerea* con 291.67 individuos/ha, *Encelia farinosa* y *Atriplex policarpa* con 230 individuos/ha cada una. En la vegetación de matorral sarcocrasicaule, se registraron cuatro especies, siendo *Larrea tridentata* la de mayor abundancia con 462.50 individuos/ha., esta es una planta de la familia Zygophyllaceae, que es muy común en los desiertos de Norteamérica, desde el Bajío, en México, hasta la parte más septentrional del desierto de Chihuahua, en los Estados Unidos. Se le conoce como gobernadora debido a su habilidad para inhibir el desarrollo de otras plantas a su alrededor obteniendo de ese modo más agua, también es conocida como hediondilla debido a su olor. Es importante mencionar que no se registró ninguna especie arbustiva en la vegetación halófila xerófila.

En lo que corresponde al **estrato herbáceo** se identificaron 12 especies comprendidas en nueve familias, siendo la familia Malvaceae la más representativa con tres especies. El matorral sarcocaule cuenta con 11 especies y 1,535.87 individuos /ha, donde la especie

VERSIÓN PÚBLICA

Sphaeralcea ambigua es la más abundante con 701.09 individuos/ha. Mientras que en matorral desértico micrófilo se identificaron 10 especies, con una abundancia de 1,795 individuos/ha. Donde las especies *Bidens pilosa, Psorothamnus schottii* y *Melochia tomentosa* son las especies más abundantes en este tipo de vegetación.

Por otro lado, en la vegetación halófila xerófila únicamente se identificó la especie *Argemone munita* con una abundancia de 3,600 individuos/ha y en el matorral sarcocrasicale durante los muestreos solamente se registró la especie *Melochia tomentosa* con una abundancia de 2,300 individuos/ha.

Finalmente, lo correspondiente al **estrato de las cactáceas** está compuesto por diez especies. Dentro del matorral sarcocaule y el desértico micrófilo se registraron el 100% de las especies. Sin embargo, la mayor abundancia se presenta en el matorral sarcocaule con 2,157.61 individuos/ha contra 1,338.33 individuos dentro del matorral desértico micrófilo. Dentro del matorral sarcocrasicaule solo se identificaron siete especies y en la vegetación halófila xerófila no se registró ninguna especie. Las especies más abundantes son: *Cylindropuntia bigelovii* y *C. cholla.*

Especies endémicas o en alguna categoría de riesgo

De acuerdo con la lista de especies catalogadas en alguna categoría de protección según la NOM 059-SEMARNAT-2010, se registraron tres especies en el SAR que están catalogadas con estatus de protección especial (Pr). La primera de estas es *Olneya tesota* (palo fierro), especie arbórea de la familia Fabaceae, con distribución en la vegetación de matorral desértico micrófilo y en matorral sarcocaule; las otras dos especies son *Pachycereus schottii* (garambullo) y *Pachycereus pringlei* (cardón), especies pertenecientes a la familia cactácea con presencia en el SA dentro de las vegetaciones de matorral desértico micrófilo, matorral sarcocaule y matorral sarcocrasicaule.

La única especie enlistadas en la UICN en el estatus casi amenazadas (NT) indicando que actualmente la especie no está en peligro, pero en un futuro cercano puede cambiar al estatus en peligro o vulnerable tenemos a la especie *Olneya tesota*. Mientras que, la especie *Fouquieria diguetii* se registra con estatus vulnerable (VU), el resto de las especies se registra en las categorías Lc (preocupación menor) y/o NE (no evaluado) indicando que actualmente su permanencia no presenta ningún riesgo.

Por último, tenemos 11 especies registradas en el apéndice II de CITES que incluye especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio; una de ellas *Euphorbia xanti* herbácea y

VERSIÓN PÚBLICA

los diez restantes son todas las cactáceas que fueron identificadas en los muestreos realizados.

Calculo de Índice de Valor de Importancia.

La vegetación es un recurso natural clave para mantener el equilibrio de los ecosistemas, por lo que es necesario disponer de información cuantitativa sobre sus características y distribución. El Índice de Valor de Importancia (IVI) fue desarrollado por (Curtis & McIntosh, 1951[14]). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados (Corella *et al.,* 2001[15]).

En el presente estudio se calculó el índice de valor de importancia (I.V.I.) para cada uno de los estratos estudiados. Este Índice es uno de los más robustos para evaluar la diversidad, ya que se conforma de tres factores que ayudan a describir una comunidad. Estos factores son la Abundancia relativa, Frecuencia y la Dominancia relativas. El (I.V.I.) se calcula con la sumatoria de estos tres factores mediante la siguiente fórmula (Espinosa *et al*, 2010[16]).

$$I.V.I. = Ar + Fr + Dor$$

Donde:

I.V.I. = Índice de valor de importancia
Ar = Abundancia relativa
Fr = Frecuencia relativa
Dor = Dominancia relativa

Abundancia relativa

La abundancia es un parámetro que implica el número de individuos en relación con una superficie donde se encuentran distribuidos (Sarmiento, F., 2000[17]). Aquí puede ser útil distinguir una densidad bruta, que considera al espacio total y la densidad específica o ecológica, que considera el espacio que efectivamente puede ser colonizado por una población dada. Cuando por alguna característica del organismo no resulta posible trabajar

[14] Curtis J. T, McIntosh RP (1951) An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
[15] Corella J.F, Valdez H.J.I, Cetina A.V.M, González CFV, Trinidad S.A, Aguirre, R.J.R. (2001) Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México 26(90): 73-102.
[16] Espinosa V., Valdez J.I., Ángeles P.G. y Castillo A.O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia. 26(1) 1-17
[17] Sarmiento, F.O., 2000. Diccionario de Ecología. Quito, Ecuador. 512 p.

VERSIÓN PÚBLICA

con el número de individuos, se puede utilizar la biomasa por unidad de espacio como una medida adecuada de la densidad (Morlans, 2004[18]).

La abundancia se calcula sumando el número de individuos por especie en cada uno de los sitios muestreados.

Abundancia absoluta = No. de individuos sitio 1 + No. de individuos sitio 2 …. de cada especie.

Para el presente estudio, la abundancia extrapolada a una hectárea se calculó usando el número de individuos muestreados por especie multiplicado por una ha y divido entre la superficie total muestreada en ha.

Donde:

$$\text{Abundancia por ha} = \frac{\text{No. de individuos por especie muestreados X 1 ha}}{\text{Superficie muestreada (ha)}}$$

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\text{Abundancia absoluta por especie/ha X 100}}{\text{Abundancia absoluta de todas las especies/ha}}$$

Frecuencia Relativa

La frecuencia es un término bioestadístico que refiere a las veces con las que se repite un evento por unidad de tiempo. Por tanto, se obtienen distribución de frecuencias de observaciones realizadas o se establece escalas de frecuencia, i.e. abundante, frecuente, común, escaso, raro (Margalef, 1981[19]).

La frecuencia es el número de veces que apareció una especie en los sitios de muestreo respecto al total de todos los sitios muestreados para cada uno de los tipos de vegetación identificados. Para calcular la frecuencia relativa, se divide la frecuencia de cada una de las especies entre la frecuencia de todas las especies y se multiplica por cien.

Para el presente estudio, la frecuencia absoluta se calculó usando la presencia o ausencia de la especie en cada uno de los sitios de muestreo.

Donde:

[18] Morlan, M.C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 15 p.
[19] Margalef, R. Ecología. Barcelona: Editorial Omega, 1981. Margalef, R. Ecología. Barcelona: Editorial Omega, 1981.

VERSIÓN PÚBLICA

Frecuencia absoluta = Presencia de la especie sitio 1 + presencia de la especie sitio 2 + …..presencia en el sitio X

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \quad (100)$$

Dominancia Relativa

La dominancia ecológica se define como el ejercicio de una influencia de control superior de una o más especies sobre todas las demás especies que habitan en el mismo ecosistema. Lo anterior, en virtud de su número, tamaño, productividad o actividades relacionadas. Se trata de una planta o un animal que es particularmente abundante en una zona determinada, o que controla una porción significativa del flujo de energía dentro de una comunidad. De hecho, la mayoría de las comunidades ecológicas están definidas por sus especies dominantes.

La dominancia absoluta se representa por el área que ocupada una especie con relación a una superficie muestreada. Para nuestro caso, primero se determinó la dominancia absoluta para cada individuo, cuantificando su cobertura promedio diámetro de copa 1 más el diámetro de copa 2 y dividido entre dos:

$$Cobertura\ promedio = \frac{\text{Diámetro de copa 1} + \text{Diámetro de copa 2}}{2}$$

Para posteriormente calcular la dominancia absoluta por individuo con la siguiente ecuación:

Donde:

Dominancia absoluta = Cobertura absoluta de cada especie

$$Dominancia\ absoluta = \frac{\pi \left(\frac{Diámetro\ 1 + Diámetro\ 2}{2}\right)^2}{4} * abundancia$$

Posteriormente, se suman los valores de dominancia absoluta individuales para obtener la dominancia absoluta de la especie.

VERSIÓN PÚBLICA

Por último, la dominancia relativa se determina dividiendo la dominancia absoluta de cada especie entre la dominancia absoluta de todas las especies y multiplicada por 100 (Espinosa *et al*, 2010).

Donde:

$$Dominancia\ relativa = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} * 100$$

Resultados y análisis del cálculo del I.V.I. por tipo de vegetación en el SA.

En las tablas siguientes se presentan los análisis de abundancia, frecuencia y dominancia relativas que son necesarias para calcular el I.V.I. La base de datos en formato Excel se encuentra en el **Anexo 4.2.**

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.10. I.V.I para la vegetación del Matorral desértico micrófilo.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de matorral desértico micrófilo.																										
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo															Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I.
				4	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	50	54								
1	Burseraceae	*Bursera microphylla*	Torote Colorado	26	14	10	4	6	1	4	1	4	2	4			3		6000	79	131.67	39.30	12.00	29.27	513.76	41.34	**109.91**
2	Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado, Granadita				10	1	1										6000	12	20.00	5.97	3.00	7.32	24.02	1.93	**15.22**
3	Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adan	6			2			1		5	3	2					6000	19	31.67	9.45	6.00	14.63	123.95	9.97	**34.06**
4	Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo Blanco			2		9		7									6000	18	30.00	8.96	3.00	7.32	154.10	12.40	**28.67**
5	Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo Fierro	1					2										6000	3	5.00	1.49	2.00	4.88	25.33	2.04	**8.41**
6	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Palo Verde	7	3	1	13	9	1	5	3	2	1	2	5	9	3	6	6000	70	116.67	34.83	15.00	36.59	401.56	32.31	**103.72**
																		Total		201	335.00	100.00	41.00	100.00	1242.71	100	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral desértico micrófilo.																										
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo															Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I.
				4	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	50	54								
1	Euphorbiaceae	*Acalypha californica*	Hierba del Cáncer									2							6000	2	3.33	0.17	1.00	1.15	1.92	0.11	**1.43**
2	Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	17															6000	17	28.33	1.43	1.00	1.15	5.49	0.31	**2.89**
3	Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla Bronca	5															6000	5	8.33	0.42	1.00	1.15	0.04	0.002	**1.57**
4	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	25	16	32	16	47		2									6000	138	230.00	11.62	6.00	6.90	44.03	2.48	**21.00**
5	Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca	14		2													6000	16	26.67	1.35	2.00	2.30	6.16	0.35	**3.99**
6	Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso		53	14	19	4		36	12								6000	138	230.00	11.62	6.00	6.90	180.67	10.19	**28.71**
7	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy			4					25	94	18		12			22	6000	175	291.67	14.73	6.00	6.90	263.13	14.85	**36.47**
8	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	24	12	6	4	4	26	13	3			18		12	10		6000	132	220.00	11.11	11.00	12.64	467.66	26.39	**50.14**
9	Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Cósahui del Norte				6	10	1	8									6000	25	41.67	2.10	4.00	4.60	36.77	2.07	**8.78**
10	Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cosahui	5				2				3	10			1	2	6	6000	29	48.33	2.44	7.00	8.05	57.79	3.26	**13.75**
11	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora				6			4	7		2		5	62		5	6000	91	151.67	7.66	7.00	8.05	270.00	15.24	**30.94**
12	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla				20	6	15	31	6	9	3	18	1		13		6000	122	203.33	10.27	10.00	11.49	144.64	8.16	**29.92**
13	Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla							1							2		6000	3	5.00	0.25	2.00	2.30	3.83	0.22	**2.77**
14	Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	5		1	3		1			5		6			13		6000	34	56.67	2.86	7.00	8.05	152.12	8.58	**19.49**
15	Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	12	46	35	12		4	9									6000	118	196.67	9.93	6.00	6.90	108.25	6.11	**22.94**
16	Fabaceae	*Senna confinis*	Sena													1			6000	1	1.67	0.08	1.00	1.15	0.24	0.01	**1.25**
17	Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola					68	5	19	11	31	1						6000	135	225.00	11.36	6.00	6.90	23.63	1.33	**19.59**
18	Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol				3	3					1						6000	7	11.67	0.59	3.00	3.45	5.89	0.33	**4.37**
																		Total		1188	1980.00	100	87.00	100	1772.24	100	**300.00**

VERSIÓN PÚBLICA

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo														Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I.
				4	6	7	**8**	11	12	13	14	15	16	17	18	19	50	54								
1	Malvaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito				33	12		13									6000	58	96.67	5.39	3.00	8.33	2.07	0.61	**14.32**
2	Asteraceae	*Ambrosia chenopodiifolia*	Estafiate	17															6000	17	28.33	1.58	1.00	2.78	1.70	0.50	**4.85**
3	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	9			3	3		1		1						301	6000	318	530.00	29.53	6.00	16.67	162.95	47.58	**93.78**
4	Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga						18										6000	18	30.00	1.67	1.00	2.78	3.18	0.93	**5.38**
5	Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	9			6	6											6000	21	35.00	1.95	3.00	8.33	4.85	1.42	**11.70**
6	Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa								1								6000	1	1.67	0.09	1.00	2.78	0.79	0.23	**3.10**
7	Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa				1	17		2				23		204			6000	247	411.67	22.93	5.00	13.89	42.91	12.53	**49.35**
8	Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla							1	5	2	5	2	2		2		6000	19	31.67	1.76	7.00	19.44	10.06	2.94	**24.14**
9	Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	22			10						70		184				6000	286	476.67	26.56	4.00	11.11	110.64	32.31	**69.97**
10	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo	14			7			35				26			10		6000	92	153.33	8.54	5.00	13.89	3.32	0.97	**23.40**
																	Total			1077	1795	100.00	36	100.00	342.45	100	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo														Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I.
				4	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	50	54								
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	27	9	7	1	32	35	14	7	2	4	8	19	1	32		6000	198	330.00	24.66	14.00	21.54	147.32	6.01	**52.21**
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona							37	27	50	65	36	29	50	55		6000	349	581.67	43.46	8.00	12.31	286.66	11.70	**67.47**
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	1					2	7									6000	10	16.67	1.25	3.00	4.62	2.65	0.11	**5.97**
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	17				2		6									6000	25	41.67	3.11	3.00	4.62	6.57	0.27	**8.00**
5	Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga	1	1			2											6000	4	6.67	0.50	3.00	4.62	0.39	0.02	**5.13**
6	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	5				1		8							1		6000	15	25.00	1.87	4.00	6.15	20.84	0.85	**8.87**
7	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	1	1	1	1	3			4		7	1	1	5	6	11	6000	42	70.00	5.23	12.00	18.46	1779.55	72.63	**96.32**
8	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo				9	4			1								6000	14	23.33	1.74	3.00	4.62	19.23	0.78	**7.14**
9	Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria		1	2			28		4	28	10	42		1	19	3	6000	138	230.00	17.19	10.00	15.38	164.71	6.72	**39.29**
10	Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	2				3		1		1						1	6000	8	13.33	1.00	5.00	7.69	22.35	0.91	**9.60**
																		Total		803	1338.33	100.00	65.00	100.00	2450.27	100	**300.00**

Indica los valores más altos para cada uno de los factores

Indica los valores más bajos para cada uno de los factores

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis del I.V.I. para la vegetación del Matorral desértico micrófilo

Los resultados del I.V.I en el **estrato arbóreo** de las seis especies registradas, *Bursera microphylla* y *Parkinsonia microphylla* fueron las que presentan el valor ecológico más alto con 109.91 y 103.72 % respectivamente, sumando así el 213.63 del valor total 300% de I.V.I. Mientras que, el 8.41 % es el valor más bajo presentado por la especie *Olneya tesota*. Mientras que, en el **estrato arbustivo** de las 18 especies registradas, las de mayor importancia son: *Jatropha cinerea* y *Jatropha cuneata* con valores de 50.14 y 36.47 % respectivamente. En cambio, las especies de menor valor de importancia son: *Acalypha californica*, *Asclepia subulata* y *Senna confinis* con valores menores a 2 % este bajo porcentaje se debe a una abundancia menor o igual a cinco ind/ha, y una baja frecuencia ya que solo se registraron en un sitio de muestreo.

En el estrato de las plantas **herbáceas** se registraron diez especies, de las cuales las especies *Bidens pilosa* con 93.78 %y *Psorothamnus schottii* con 69.97 % suman el 163.75% del valor total (300%). Por otro lado, las especies de menor valor de I.V.I. son: *Ambrosia chenopodifolia* e *Ibervillea sonorae* con una abundancia y frecuencia ya que solo se registraron en un sitio de muestreo. Finalmente, el estrato de las **cactáceas** está conformado por diez especies. Donde las especies *Pachycereus pringlei* y *Cylindropuntia cholla* cuentan con los mayores valores de I.V.I 96.32 y 67.47 % respectivamente. En el caso de la primera especie se debe a que se encuentra distribuida en doce de los quince sitios muestreados y a la cobertura de las copas de estos individuos.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.11. I.V.I. para la vegetación del Matorral sarcocaule

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de Matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo																								Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				1	2	3	5	9	20	21	22	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	51	52	55									
1	Burceraceae	*Bursera microphylla*	Torote colorado	20	18	4	11	10	10	6				1				5	6	6	9		19	5	8	7	9,200	145.00	157.61	34.12	16.00	21.92	564.67	32.07	**88.11**
2	Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado	1				1																			9,200	2.00	2.17	0.47	2.00	2.74	3.93	0.22	**3.43**
3	Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adán	4	15	2	2	8	5	15		1		23		3	5	9	5	14	6	1	8	7	6	1	9,200	140.00	152.17	32.94	20.00	27.40	798.53	45.35	**105.69**
4	Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo blanco																							2	9,200	2.00	2.17	0.47	1.00	1.37	24.54	1.39	**3.23**
5	Fabaceae	*Neltuma articulata*	Mezquite de Baja California									47				3	2							2			9,200	54.00	58.70	12.71	4.00	5.48	70.34	4.00	**22.18**
6	Fabaceae	*Neltuma glandulosa*	Mezquite dulce	2	1	3											1	3	4				2			1	9,200	17.00	18.48	4.00	8.00	10.96	73.53	4.18	**19.14**
7	Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo fierro		2			1	1	2														5			9,200	11.00	11.96	2.59	5.00	6.85	47.35	2.69	**12.13**
8	Anacardiaceae	*Pachycormus discolor*	Copalquin	1																							9,200	1.00	1.09	0.24	1.00	1.37	7.07	0.40	**2.01**
9	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	3		6	11	5	2	2				1	1	2	2	5			4	1		1	3	4	9,200	53.00	57.61	12.47	16.00	21.92	170.81	9.70	**44.09**
																										Total		425.00	461.96	100.00	73.00	100.00	1,760.77	100	**300**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo																								Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				1	2	3	5	9	20	21	22	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	51	52	55									
1	Euphorbiaceae	*Adelia brandegeei*	Pimientilla			2																					9,200	2.00	2.17	0.11	1.00	0.79	1.57	0.08	**0.97**
2	Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	3	1																		209				9,200	213.00	231.52	11.22	3.00	2.36	16.17	0.80	**14.38**
3	Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla bronca																					2			9,200	2.00	2.17	0.11	1.00	0.79	0.06	0.00	**0.90**
4	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	6		13											4							1	1		9,200	25.00	27.17	1.32	5.00	3.94	7.14	0.35	**5.61**
5	Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca						3	1																	9,200	4.00	4.35	0.21	2.00	1.57	1.86	0.09	**1.88**
6	Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso	9		24	1		1	4	1	2		1		1	44		13	70	42	1	6	2	4		9,200	226.00	245.65	11.91	17.00	13.39	218.48	10.79	**36.08**
7	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy						3		2			14		1	2	4				2					9,200	28.00	30.43	1.48	7.00	5.51	47.10	2.33	**9.31**
8	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	18	42	33	13	41	54	47		13		6		16	37	24	21	48	59	1	25	41	50	32	9,200	621.00	675.00	32.72	20.00	15.75	789.05	38.97	**87.44**
9	Acanthaceae	*Justicia californica*	Chuparrosa									3															9,200	3.00	3.26	0.16	1.00	0.79	0.21	0.01	**0.96**
10	Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Krameria	1		8		13																			9,200	22.00	23.91	1.16	3.00	2.36	28.15	1.39	**4.91**
11	Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cósahui						2	5		1		15		8		2		6	5		2	3	20	5	9,200	74.00	80.43	3.90	12.00	9.45	57.02	2.82	**16.16**
12	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora			5			2		35	1	19	23	12	18	6	4		4	4	20		36			9,200	189.00	205.43	9.96	14.00	11.02	396.11	19.56	**40.54**
13	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla	2	9	1	4	29				13				16	18	22	23	2	16		9		17	6	9,200	187.00	203.26	9.85	15.00	11.81	243.29	12.02	**33.68**
14	Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla	4																							9,200	4.00	4.35	0.21	1.00	0.79	2.36	0.12	**1.11**
15	Asparagaceae	*Nolina palmeri*	Agave nolina			10																					9,200	10.00	10.87	0.53	1.00	0.79	2.98	0.15	**1.46**
16	Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	1		3		2									1		1				1		1		9,200	10.00	10.87	0.53	7.00	5.51	26.54	1.31	**7.35**
17	Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	39			43	8		17									49						27	29	9,200	212.00	230.43	11.17	7.00	5.51	129.00	6.37	**23.05**
18	Fabaceae	*Senna confinis*	Sena						1			3															9,200	4.00	4.35	0.21	2.00	1.57	0.05	0.002	**1.79**
19	Simmondsiace	*Simmondsia chinensis*	Jojoba																				7				9,200	7.00	7.61	0.37	1.00	0.79	7.56	0.37	**1.53**
20	Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola	18			19	2	2																		9,200	41.00	44.57	2.16	4.00	3.15	43.97	2.17	**7.48**
21	Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol			3	8	3																			9,200	14.00	15.22	0.74	3.00	2.36	6.14	0.30	**3.40**
																										Total		1,898.00	2063.04	100	127.00	100	2,024.81	100	**300**

VERSIÓN PÚBLICA

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo																								Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				1	2	3	5	9	20	21	22	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	51	52	55										
1	Cucurbitaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito		11										11	2		54							9	17	9,200	104.00	113.04	7.36	6.00	9.09	2.96	1.36	**17.81**
2	Asteraceae	*Ambrosia chenopodiifolia*	Estafiate	11	41	20								1	2							1			10	169	9,200	255.00	277.17	18.05	8.00	12.12	56.41	25.95	**56.12**
3	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	4			2	6																			9,200	12.00	13.04	0.85	3.00	4.55	3.63	1.67	**7.06**
4	Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga	5			28	24		28																	9,200	85.00	92.39	6.02	4.00	6.06	10.61	4.88	**16.96**
5	Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	13			25	41																	18	10	9,200	107.00	116.30	7.57	5.00	7.58	16.49	7.58	**22.73**
6	Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa							1																	9,200	1.00	1.09	0.07	1.00	1.52	0.01	0.004	**1.590**
7	Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa	3		1		3																		2	9,200	9.00	9.78	0.64	4.00	6.06	4.42	2.03	**8.73**
8	Pteridaceae	*Notholaena californica*	Helecho																28				61				9,200	89.00	96.74	6.30	2.00	3.03	14.29	6.57	**15.90**
9	Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla				1	4	5	1		1		4		3	3	6	22		20	10	11	2	7		9,200	100.00	108.70	7.08	15.00	22.73	23.88	10.99	**40.79**
10	Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	5		1																					9,200	6.00	6.52	0.42	2.00	3.03	0.49	0.22	**3.68**
11	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo			22	35	147	84	44		3		8		14		14	8	136	85	1	15	12	17		9,200	645.00	701.09	45.65	16.00	24.24	84.21	38.74	**108.63**
																									Total			1,413.00	1535.87	100.00	66	100.00	217.40	100	**300**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo																								Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				1	2	3	5	9	20	21	22	23	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	51	52	55										
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	1	47	24	38	30	6	3	11	41	4	2	9	14	22	31	16		1	32	10	10	5	37	9,200	394.00	428.26	19.85	22.00	15.94	149.23	13.02	**48.81**
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona					32	47	3	27	22		33	87	14	47	6	72	106	80	58	32	32	101		9,200	799.00	868.48	40.25	17.00	12.32	451.35	39.39	**91.96**
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo				33	12		112	4	1		19		3	11		21		12		26	3			9,200	257.00	279.35	12.95	12.00	8.70	123.91	10.81	**32.46**
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	8	5	1	3	1	1	3	1					6		5	14		2		20	3	2		9,200	75.00	81.52	3.78	15.00	10.87	14.24	1.24	**15.89**
5	Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga			1				2		3			1	1		1	1				5	1			9,200	16.00	17.39	0.81	9.00	6.52	0.83	0.07	**7.40**
6	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	2	6		1	2	2	25					4	8	1	4	6	16	13	1	46	11	2		9,200	150.00	163.04	7.56	17.00	12.32	33.24	2.90	**22.78**
7	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	2		1			1	1	2	3	4	3	2	2	1	2	5			3			6	2	9,200	40.00	43.48	2.02	16.00	11.59	8.80	0.77	**14.38**
8	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	1	3						1	1							1			1		1	1		9,200	10.00	10.87	0.50	8.00	5.80	6.85	0.60	**6.90**
9	Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria			20	12	7	5		1			5		1		67	11	24	8	6	32	6	1	6	9,200	212.00	230.43	10.68	16.00	11.59	328.66	28.68	**50.95**
10	Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	2			6	1						1			21						1				9,200	32.00	34.78	1.61	6.00	4.35	28.84	2.52	**8.48**
																									Total			1,985.00	2157.61	100.00	138.00	100.00	1,145.94	100	**300**

Indica los valores más altos para cada uno de los factores

Indica los valores más bajos para cada uno de los factores

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis del I.V.I. para la vegetación Matorral sarcocaule

En el **estrato arbóreo** se registraron nueve especies, para este tipo de vegetación de hecho es la que presento mayor riqueza específica, las especies *Fouquieria diguetii* y *Bursera microphylla* fueron las que presentan el valor ecológico más alto con 105.69 y 88.11 % respectivamente, sumando así el 193.8 % del valor total 300% de I.V.I. Mientras que, el 2.01 % es el valor más bajo presentado por la especie *Pachycormus discolor*.

En el **estrato arbustivo** de las 21 especies registradas, las de mayor importancia ecológica son: *Jatropha cuneata* y *Larrea tridentata* con valores de 87.44 y 40.54 % respectivamente. La especie de *J. cuneata* cuenta con los valores más altos de abundancia, frecuencia y dominancia relativa, lo que indica que es la más representativa en este estrato registrándose en 20 de los 23 sitios muestreados y de acuerdo con la proyección de sus copas es la que más área ocupa. En cambio, las especies de menor valor de importancia son: *Adelia brandegeei*, *Justicia californica* y *Asclepias subulata* con valores menores a uno por ciento, este bajo porcentaje se debe a una abundancia menor a cuatro ind/ha, y una baja frecuencia ya que solo se registraron en un sitio de muestreo.

En el estrato de las plantas **herbáceas** se registraron once especies, de las cuales *Ambrosia chenopodiifolia* con 56.12 % y *Sphaeralcea ambigua* con 108.63 % son las especies de mayor valor de importancia sumando el 164.75 % del valor total (300 %). Por otro lado, las especies de menor valor de I.V.I. son: *Psorothamnus schottii* 3.68 % e *Ibervillea sonorae* 1.59 % con las menores abundancias, frecuencias y dominancias registradas para este estrato.

Por último, el estrato de las **cactáceas** está conformado por diez especies. Donde las especies *Cylindropuntia cholla* y *Stenocereus gummosus* presentaron los mayores valores de I.V.I. 91.96 y 50.95 % respectivamente. Las dos especies son características de este tipo de vegetación, ya que son muy abundantes y se pueden observar comúnmente a lo largo de este paisaje. La especie *C. cholla* es la más abundante en este estrato con 868.48 individuos por ha. Por otro lado, la especie *Pachycereus schottii* con un valor de I.V.I. 6.9 % es la menos abundante distribuyéndose en ocho sitios de muestreo.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.12. I.V.I. para la vegetación Halófila Xerófila

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación halófila xérofila.														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				24	27									
1	Fabaceae	*Neltuma articulata*	Mezquite de Baja California		1	800	1	12.50	0.45	1.00	33.33	3.14	0.77	**34.56**
2	Fabaceae	*Neltuma glandulosa*	Mezquite dulce	40	180	800	220	2750.00	99.55	2.00	66.67	404.83	99.23	**265.44**
			Total				221	2762.50	100.00	3.00	100.00	407.97	100	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación halófila xérofila.														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				24	27									
Sin registros														
			Total				0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación halófila xérofila.														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				24	27									
1	Papaveraceae	*Argemone munita*	Cardo	80	208	800	288	3600.00	100.00	2.00	100.00	3.14	100.00	**300.00**
			Total				288	3600	100.00	2	100.00	3.14	100	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación halófila xérofila.														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				24	27									
Sin registros														
			Total				0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	

Indica los valores más altos para cada uno de los factores

Indica los valores más bajos para cada uno de los factores

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis del I.V.I. para la vegetación Halófila Xerófila.

La vegetación halófila xerófila es la que en menos superficie ocupa en el SA, tan solo con 105.57 ha. Este tipo de vegetación se desarrolla en zonas áridas y semiáridas, donde los suelos son salados, someros y de baja fertilidad. En México, este tipo de vegetación está dominado por vegetación arbustiva de bajo porte y herbácea.

Derivado de los muestreos realizados dentro del SA en este tipo de vegetación, solamente se registraron tres especies en los cuatros estratos analizados. Estas fueron: dos especies arbóreas *Neltuma articulata, Neltuma glandulosa* con abundancias de 12.5 y 2,750 individuos por ha respectivamente; y una especie herbácea *Argemone munita* con 3,600 individuos por ha.

En el estrato arbóreo la especie con mayor I.V.I es *Neltuma glandulosa* con 265.44 % por 34.56 % del *Neltuma articulata* ambas conocidas comúnmente como mezquites, estas especies son las dominantes en este tipo de vegetación. Mientras que en el estrato de las herbáceas la única especie identificada alcanza el valor máximo de I.V.I. 300 %. Finalmente, para los estratos arbustivo y cactáceo no se registró ninguna especie.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.13. I.V.I. para la vegetación Matorral sarcocrasicaule.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en matorral sarcocrasicaule														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				38	40									
1	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	1	4	800	5	62.50	100.00	2.00	100.00	109.00	100.00	**300.00**
			Total				5	62.50	100.00	2.00	100.00	109.00	100.00	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en matorral sarcocrasicaule														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				38	40									
1	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	5	6	800	11	137.50	21.15	2.00	33.33	8.45	3.82	**58.30**
2	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	2		800	2	25.00	3.85	1.00	16.67	8.49	3.83	**24.35**
3	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	2		800	2	25.00	3.85	1.00	16.67	2.18	0.98	**21.50**
4	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	21	16	800	37	462.50	71.15	2.00	33.33	202.38	91.37	**195.85**
			Total				52	650.00	100.00	6.00	100.00	221.50	100.00	**300.00**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en matorral sarcocrasicaule														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				38	40									
1		*Melochia tomentosa*			184	800	184	2300.00	100.00	1.00	100.00	15.49	100.00	**300.00**
			Total				184	2300	100.00	1	100.00	15.49	100.00	**300**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en matorral sarcocrasicaule														
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sitios de muestreo		Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha)	Abund. Relativa	Frec.	Frec. Relativa	Dominancia	Dominancia Relativa	I.V.I. %
				38	40									
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	1	40	800	41	512.50	27.70	2.00	18.18	24.15	13.78	**59.66**
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	77	11	800	88	1100.00	59.46	2.00	18.18	85.46	48.76	**126.40**
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	12	0	800	12	150.00	8.11	1.00	9.09	2.77	1.58	**18.78**
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	1	0	800	1	12.50	0.68	1.00	9.09	0.01	0.01	**9.77**
5	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	1	0	800	1	12.50	0.68	1.00	9.09	0.01	0.01	**9.77**
6	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	1	2	800	3	37.50	2.03	2.00	18.18	0.18	0.10	**20.31**
7	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	1	1	800	2	25.00	1.35	2.00	18.18	62.68	35.77	**55.30**
			Total				148	1850.00	100.00	11.00	100.00	175.26	100.00	**300.00**

Indica los valores más altos para cada uno de los factores

Indica los valores más bajos para cada uno de los factores

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis del I.V.I. para la vegetación Matorral sarcocrasicaule

El matorral sarcocrasicaule está conformado por una comunidad vegetal con gran número de formas de vida o biotipos, entre los que destacan especies sarcocaules (tallos gruesos carnosos) y crasicaules (tallo suculento-jugoso). Se desarrolla principalmente en la parte central de Baja California sobre terrenos ondulados graníticos y coluviones. Lo anterior se corrobora en los muestreos realizados dentro del SA, ya que las mayores riquezas de especies se presentan en los estratos arbustivo y cactáceas.

En los estratos arbóreo y herbáceo únicamente se registró una sola especie *Parkinsonia microphylla* con una abundancia de 62.5 y *Melochia tomentosa* 2,300 individuos por ha. Derivado de ser especies únicas en su estrato, toman el valor máximo de I.V.I. 300 %.

Mientras que el estrato arbustivo es el segundo de mayor riqueza con cuatro especies observadas, la especie *Larrea tridentata* y *Atriplex policarpa* son las de mayor valor de I.V.I. con 195.85 y 58.30 % respectivamente. Las dos especies restantes del género *Jatropha* representan el 45.85 %, ya que son poco abundantes.

Por último, en el estrato de las plantas cactáceas compuesto de siete especies; donde las especies *Cylindropuntia cholla* y *C. bigelovii* son las más abundantes, frecuentes y con mayor valor de I.V.I. con 126.4 y 59.6 % respectivamente. Mientras que, las especies *Echinocereus brandegeei* y *Mammillaria dioica* son las de menor valores en abundancia, frecuencia y dominancia. Por lo tanto, cuentan con los resultados de I.V.I. más bajos 9.77 % para cada una.

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis de la biodiversidad de flora para la vegetación de Matorral desértico micrófilo en el SA.

Para realizar el análisis de biodiversidad se utilizó la metodología propuesta por Shannon-Wiener la cual está diseñada para medir la biodiversidad especifica de un sitio determinado.

El índice de Shannon-Wiener mide la biodiversidad a partir de la riqueza y abundancia de las especies para calcular la uniformidad de las muestras de análisis, así pues, como mayor sea H', mayor será la diversidad.

Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5. Aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies

Este índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi \ ln \ pi$$

Donde:

H'= Índice de Shannon-Wiener
S = Número de especies (riqueza de especies).
Pi = Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos.
Es decir: ni/N

- ni = Número de individuos de la especie i
- N = Número total de individuos de todas las especies.

ln = Logaritmo natural.

En el **anexo 4.3** correspondiente se encuentra la base de datos donde se calculó el índice de Shannon-Wiener. El cálculo de la variable pi = abundancia relativa de la especie i, donde se divide el número de individuos de cada una de las especies entre el número total de individuos de las especies que componen el estrato, posteriormente se calcula (ln pi) logaritmo natural de pi para cada especie. Finalmente, el índice de Shannon-Wiener por especie resulta de multiplicar pi por ln pi, y la sumatoria de estos índices nos da el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los estratos.

VERSIÓN PÚBLICA

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.14. Diversidad para la vegetación del Matorral desértico micrófilo.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Burseraceae	*Bursera microphylla*	Torote Colorado	6000	79.00	131.67	0.39	0.93	0.3670
2	Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado, Granadita	6000	12.00	20.00	0.06	2.82	0.1683
3	Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adan	6000	19.00	31.67	0.09	2.36	0.2230
4	Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo Blanco	6000	18.00	30.00	0.09	2.41	0.2161
5	Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo Fierro	6000	3.00	5.00	0.01	4.20	0.0628
6	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Palo Verde	6000	70.00	116.67	0.35	1.05	0.3673
		Total	**6**		201.00	335.00	1.00	13.78	**1.4045**

Arbóreo	
Individuos/ ha	335.00
Riqueza (S)	6
Índice de Shannon	1.4045
H máx = Log(S)	1.7918
Equidad Pielow (J')	0.7838
Hmax-Hcalc	0.3873

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Euphorbiaceae	*Acalypha californica*	Hierba del Cáncer	6000	2.00	3.33	0.00	6.39	0.0108
2	Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	6000	17.00	28.33	0.01	4.25	0.0608
3	Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla Bronca	6000	5.00	8.33	0.00	5.47	0.0230
4	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	6000	138.00	230.00	0.12	2.15	0.2501
5	Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca	6000	16.00	26.67	0.01	4.31	0.0580
6	Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso	6000	138.00	230.00	0.12	2.15	0.2501
7	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	6000	175.00	291.67	0.15	1.92	0.2821
8	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	6000	132.00	220.00	0.11	2.20	0.2441
9	Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Cósahui del Norte	6000	25.00	41.67	0.02	3.86	0.0813
10	Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cosahui	6000	29.00	48.33	0.02	3.71	0.0906
11	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	6000	91.00	151.67	0.08	2.57	0.1968
12	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla	6000	122.00	203.33	0.10	2.28	0.2337
13	Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla	6000	3.00	5.00	0.00	5.98	0.0151
14	Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	6000	34.00	56.67	0.03	3.55	0.1017
15	Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	6000	118.00	196.67	0.10	2.31	0.2294
16	Fabaceae	*Senna confinis*	Sena	6000	1.00	1.67	0.00	7.08	0.0060
17	Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola	6000	135.00	225.00	0.11	2.17	0.2471
18	Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol	6000	7.00	11.67	0.01	5.13	0.0303
		Total	**18**		1,188.00	1,980.00	1.00	67.48	**2.4109**

Arbustivo	
Individuos/ ha	1,980.00
Riqueza (S)	18
Índice de Shannon	2.4109
H máx = Log(S)	2.8904
Equidad Pielow (J')	0.8341
Hmax-Hcalc	0.4795

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Malvaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito	6000	58.00	96.67	0.05	2.92	0.1573
2	Asteraceae	*Ambrosia chenopodiifolia*	Estafiate	6000	17.00	28.33	0.02	4.15	0.0655
3	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	6000	318.00	530.00	0.30	1.22	0.3602
4	Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga	6000	18.00	30.00	0.02	4.09	0.0684
5	Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	6000	21.00	35.00	0.02	3.94	0.0768
6	Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa	6000	1.00	1.67	0.00	6.98	0.0065
7	Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa	6000	247.00	411.67	0.23	1.47	0.3377
8	Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla	6000	19.00	31.67	0.02	4.04	0.0712
9	Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	6000	286.00	476.67	0.27	1.33	0.3521
10	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo	6000	92.00	153.33	0.09	2.46	0.2102
		Total	**10**		1,077.00	1,795.00	1.00	32.60	**1.7058**

Herbáceo	
Individuos/ ha	1,795.00
Riqueza (S)	10
Índice de Shannon	1.7058
H máx = Log(S)	2.3026
Equidad Pielow (J')	0.7408
Hmax-Hcalc	0.5967

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral desértico micrófilo.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	6000	198.00	330.00	0.25	1.40	0.3452
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	6000	349.00	581.67	0.43	0.83	0.3622
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	6000	10.00	16.67	0.01	4.39	0.0546
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	6000	25.00	41.67	0.03	3.47	0.1080
5	Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga	6000	4.00	6.67	0.00	5.30	0.0264
6	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	6000	15.00	25.00	0.02	3.98	0.0744
7	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	6000	42.00	70.00	0.05	2.95	0.1543
8	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	6000	14.00	23.33	0.02	4.05	0.0706
9	Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria	6000	138.00	230.00	0.17	1.76	0.3027
10	Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	6000	8.00	13.33	0.01	4.61	0.0459
		Total	**10**		803.00	1,338.33	1.00	32.74	**1.5443**

Cactáceo	
Individuos/ ha	1,338.33
Riqueza (S)	10
Índice de Shannon	1.5443
H máx = Log(S)	2.3026
Equidad Pielow (J')	0.6707
Hmax-Hcalc	0.7583

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis de diversidad para la vegetación del Matorral desértico micrófilo

De acuerdo con los muestreos realizados en la vegetación del SA, para el **estrato arbóreo** se determinó una diversidad de 1.4045, de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener (H') (0.5- 5) se considera bajo por tener un valor menor a 2. Esto se debe principalmente a la riqueza especifica ya que únicamente se registrarón seis especies con una abundancia de 335 individuos por ha. La familia más representativa es la Fabaceae con tres especies, donde las especies *Parkinsonia microphylla* y *Bursera microphylla* son las que presentan el valor más alto del índice de H'. Respecto al índice de equidad de Pielou (J') se tiene un valor de 0.7838 indicando que existe una equidad alta en la distribución de las abundancias de las especies por ser un valor cercano a 1, esto nos indica que dicha comunidad es tolerante a los factores ambientales adversos.

Respecto al estrato de las **plantas arbustivas** es el de mayor riqueza y diversidad de los cuatros estratos evaluados. No obstante, de acuerdo con los rangos que puede tomar este índice el resultado obtenido (H') = 2.4109 se considera que el estrato cuenta con una biodiversidad media. Las especies más abundantes y que aportan al valor de biodiversidad del estrato son: *Encelia farinosa*, *Jatropha cinerea*, *J. cuneata* y *Atriplex policarpa*. La equidad en la distribución de las especies que integran este estrato también se considera alta de acuerdo con el resultado obtenido del índice de Pielou 0.8341.

En lo correspondiente al estrato de las **plantas herbáceas** se identificaron un total de diez especies con una abundancia total de 1,795 individuos por ha, resultando un índice de diversidad (H') = 1.7058 que de acuerdo con los valores de referencia que maneja este índice es un valor considerado bajo. La especie que presenta mayor probabilidad de dominar en este estrato con un valor de 0.3625 es *Bidens pilosa.* La familia con mayor representatividad fue la Malvaceae con tres especies. De acuerdo con el valor de equidad estimado J' = 0.7408 se puede afirmar que las abundancias de las diez especies que integran el estrato presentan una equidad alta.

El estrato de las **plantas cactáceas**, en el cual se determinaron 1,338.33 individuos por ha distribuidos en diez especies con un índice de diversidad (H') de 1.5443, el cual se considera bajo de acuerdo con los valores que maneja este índice. Los valores que presentan las especies *Cylindropuntia cholla* y *C. bigelovii* de 0.3622 y 0.3452 respectivamente nos indican que son las especies que dominan el estrato. La equidad más baja dentro de este tipo de vegetación se presenta en este estrato, de acuerdo con el valor del índice de equidad J' = 0.6707.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.15. Diversidad para la vegetación del Matorral Sarcocaule.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Burceraceae	*Bursera microphylla*	Torote colorado	9,200	145.00	157.61	0.34	1.08	0.37
2	Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado	9,200	2.00	2.17	0.00	5.36	0.03
3	Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adán	9,200	140.00	152.17	0.33	1.11	0.37
4	Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo blanco	9,200	2.00	2.17	0.00	5.36	0.03
5	Fabaceae	*Neltuma articulata*	Mezquite de Baja California	9,200	54.00	58.70	0.13	2.06	0.26
6	Fabaceae	*Neltuma glandulosa*	Mezquite dulce	9,200	17.00	18.48	0.04	3.22	0.13
7	Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo fierro	9,200	11.00	11.96	0.03	3.65	0.09
8	Anacardiaceae	*Pachycormus discolor*	Copalquin	9,200	1.00	1.09	0.00	6.05	0.01
9	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	9,200	53.00	57.61	0.12	2.08	0.26
		Total	9		425.00	461.96	1.00	29.97	**1.5424**

Arbóreo	
Individuos/ ha	461.96
Riqueza (S)	9
Índice de Shannon	1.5424
H máx = Log(S)	2.1972
Equidad Pielow (J')	0.7020
Hmax-Hcalc	0.6548

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Euphorbiaceae	*Adelia brandegeei*	Pimientilla	9,200	2.00	2.17	0.00	6.86	0.01
2	Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	9,200	213.00	231.52	0.11	2.19	0.25
3	Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla bronca	9,200	2.00	2.17	0.00	6.86	0.01
4	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	9,200	25.00	27.17	0.01	4.33	0.06
5	Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca	9,200	4.00	4.35	0.00	6.16	0.01
6	Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso	9,200	226.00	245.65	0.12	2.13	0.25
7	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	9,200	28.00	30.43	0.01	4.22	0.06
8	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	9,200	621.00	675.00	0.33	1.12	0.37
9	Acanthaceae	*Justicia californica*	Chuparrosa	9,200	3.00	3.26	0.00	6.45	0.01
10	Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Krameria	9,200	22.00	23.91	0.01	4.46	0.05
11	Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cósahui	9,200	74.00	80.43	0.04	3.24	0.13
12	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	9,200	189.00	205.43	0.10	2.31	0.23
13	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla	9,200	187.00	203.26	0.10	2.32	0.23
14	Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla	9,200	4.00	4.35	0.00	6.16	0.01
15	Asparagaceae	*Nolina palmeri*	Agave nolina	9,200	10.00	10.87	0.01	5.25	0.03
16	Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	9,200	10.00	10.87	0.01	5.25	0.03
17	Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	9,200	212.00	230.43	0.11	2.19	0.24
18	Fabaceae	*Senna confinis*	Sena	9,200	4.00	4.35	0.00	6.16	0.01
19	Simmondsiace	*Simmondsia chinensis*	Jojoba	9,200	7.00	7.61	0.00	5.60	0.02
20	Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola	9,200	41.00	44.57	0.02	3.83	0.08
21	Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol	9,200	14.00	15.22	0.01	4.91	0.04
		Total	21		1,898.00	2,063.04	1.00	91.98	**2.1233**

Arbustivo	
Individuos/ ha	2,063.04
Riqueza (S)	21
Índice de Shannon	2.1233
H máx = Log(S)	3.0445
Equidad Pielow (J')	0.6974
Hmax-Hcalc	0.9213

VERSIÓN PÚBLICA

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Cucurbitaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito	9,200	104.00	113.04	0.07	2.61	0.19
2	Asteraceae	*Ambrosia chenopodiifolia*	Estafiate	9,200	255.00	277.17	0.18	1.71	0.31
3	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	9,200	12.00	13.04	0.01	4.77	0.04
4	Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga	9,200	85.00	92.39	0.06	2.81	0.17
5	Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	9,200	107.00	116.30	0.08	2.58	0.20
6	Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa	9,200	1.00	1.09	0.00	7.25	0.01
7	Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa	9,200	9.00	9.78	0.01	5.06	0.03
8	Pteridaceae	*Notholaena californica*	Helecho	9,200	89.00	96.74	0.06	2.76	0.17
9	Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla	9,200	100.00	108.70	0.07	2.65	0.19
10	Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	9,200	6.00	6.52	0.00	5.46	0.02
11	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo	9,200	645.00	701.09	0.46	0.78	0.36
		Total	15		1,413.00	1,535.87	1.00	38.45	**1.6861**

Herbáceo	
Individuos/ ha	1,535.87
Riqueza (S)	15
Índice de Shannon	1.6861
H máx = Log(S)	2.7081
Equidad Pielow (J')	0.6226
Hmax-Hcalc	1.0219

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral sarcocaule.

No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	9,200	394.00	428.26	0.20	1.62	0.32
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	9,200	799.00	868.48	0.40	0.91	0.37
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	9,200	257.00	279.35	0.13	2.04	0.26
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	9,200	75.00	81.52	0.04	3.28	0.12
5	Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga	9,200	16.00	17.39	0.01	4.82	0.04
6	Cactaceae	*Lophocereus schottii*	Garambullo	9,200	4.00	4.35	0.00	6.21	0.01
7	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	9,200	150.00	163.04	0.08	2.58	0.20
8	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	9,200	40.00	43.48	0.02	3.90	0.08
9	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	9,200	6.00	6.52	0.00	5.80	0.02
10	Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria	9,200	212.00	230.43	0.11	2.24	0.24
11	Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	9,200	32.00	34.78	0.02	4.13	0.07
		Total	11		1,985.00	2,157.61	1.00	37.53	**1.7239**

Cactáceo	
Individuos/ ha	2,157.61
Riqueza (S)	11
Índice de Shannon	1.7239
H máx = Log(S)	2.3979
Equidad Pielow (J')	0.7189
Hmax-Hcalc	0.6740

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis de diversidad para la vegetación del Matorral sarcocaule

Una vez calculado el Índice de Shannon para cada especie, sumamos todas estas contribuciones individuales para calcular el Índice total de Shannon (H`) en el estrato. El valor del Índice de Biodiversidad de Shannon-Weaver para el **estrato arbóreo** en vegetación de matorral sarcocaule está compuesto por nueve especies con 461.96 individuos por ha, es de H`= 1.5424, este resultado nos dice que es una biodiversidad baja. Mientras que, la equidad 0.7020 se considera un valor alto de acuerdo con los parámetros del índice de Pielou donde el valor máximo es 1.

El estrato de las **plantas arbustivas** es el de mayor riqueza dentro del matorral sarcocaule, se compone de 21 especies y 2,063.04 individuos por ha. De acuerdo con lo anterior, el valor del índice de Shannon H` =2.1233 es considerado medio. Las especies que más aportan a este índice dentro la comunidad son: *Jatropha cuneata*, *Agave cerulata* y *Ruellia californica*. Por otro lado, el valor de equidad J' = 0.6974 se considera medio indicando que las abundancias de las especies se distribuyen de manera más o menos homogénea.

La biodiversidad estimada mediante el índice de Shannon en los estratos de las **plantas herbáceas y cactáceas** es de 1.6861 y 1.7239 respectivamente; estos valores de acuerdo con los parámetros del índice representan una baja biodiversidad. Sin embargo, la equidad representada por el índice de Pielou es de 0.6226 para las plantas herbáceas considerado bajo y de 0.7189 para las cactáceas siendo este un valor alto. Los dos estratos están compuestos por once especies cada uno de ellos.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.16. Diversidad para la vegetación del Matorral sarcocrasicaule.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	800	5	62.50	1.0000	0.0000	0.0000
			Total	1		5	62.50	1.00	0.000	**0.000**

Arbóreo	
Individuos / ha	62.50
Riqueza (S)	1
Índice de Shannon	0.0000
H máx = Log(S)	0.0000
Equidad Pielow (J')	0.0000
Hmax-Hcalc	0.0000

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	800	11	137.50	0.2821	1.2657	0.3570
2	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	800	2	25.00	0.0513	2.9704	0.1523
3	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	800	2	25.00	0.0513	2.9704	0.1523
4	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	800	37	462.50	0.9487	0.0526	0.0499
			Total	4		39	487.50	1.00	3.023	**0.2023**

Arbustivo	
Individuos / ha	487.50
Riqueza (S)	4
Índice de Shannon	0.2023
H máx = Log(S)	1.3863
Equidad Pielow (J')	0.1459
Hmax-Hcalc	1.1840

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1		*Melochia tomentosa*		800	184	2,300.00	1.0000	0.0000	0.0000
			Total			184	2,300.00	1.00	0.000	**0.0000**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	800	41	512.50	0.2770	1.2836	0.3556
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	800	88	1,100.00	0.5946	0.5199	0.3091
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	800	12	150.00	0.0811	2.5123	0.2037
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	800	1	12.50	0.0068	4.9972	0.0338
5	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	800	1	12.50	0.0068	4.9972	0.0338
6	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	800	3	37.50	0.0203	3.8986	0.0790
7	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	800	2	25.00	0.0135	4.3041	0.0582
			Total	7		148	1,850.00	1.00	22.513	**1.0731**

Cactáceo	
Individuos / ha	1,850.00
Riqueza (S)	7
Índice de Shannon	1.0731
H máx = Log(S)	1.9459
Equidad Pielow (J')	0.5515
Hmax-Hcalc	0.8728

VERSIÓN PÚBLICA

Análisis de diversidad para la vegetación del Matorral sarcocrasicaule

Dentro del **estrato arbóreo y herbáceo** únicamente se registró una especie. Por lo tanto, el valor del índice de Shannon y Pielou es de cero, indicando que estas plantas tienen poca relevancia. Mientras que, en el **estrato de los arbustos** se compone de cuatro especies y 487.5 individuos por ha. El índice de Shannon calculado es de 0.2023 y el de equidad 0.1459 ambos valores son considerados bajos. Por último, el estrato de mayor riqueza y diversidad es el de las plantas **cactáceas** con siete especies y 1,850 individuos por ha, con un resultado del índice de Shannon de 1.0731 y de equidad 0.5515 los dos considerados bajos de acuerdo con el rango que manejan cada uno de estos índices.

Análisis de diversidad para la vegetación Halófila xerófila

La vegetación Halófila xerófila es la de menor riqueza dentro de los cuatro tipos de vegetación estudiada, registrando en total tres especies para los cuatro estratos evaluados. Esto lo podemos corroborar con los resultados bajos de los índices de diversidad y equidad; ya que en los **estratos arbustivo y cactáceas** no se registró ninguna especie y en el de las plantas herbáceas solo una dando como resultado un valor de cero para la diversidad y equidad. Únicamente en el estrato arbóreo se registraron dos especies de mezquite dando como resultado valores bajos de diversidad H`=0.0289 y de equidad J'=0.0418.

VERSIÓN PÚBLICA

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.17. Diversidad para la vegetación Halófila xerófila.

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbóreo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	800	5	62.50	1.0000	0.0000	0.0000
			Total	1		5	62.50	1.00	0.000	**0.000**

Arbóreo	
Individuos / ha	62.50
Riqueza (S)	1
Índice de Shannon	0.0000
H máx = Log(S)	0.0000
Equidad Pielow (J')	0.0000
Hmax-Hcalc	0.0000

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Arbustivo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	800	11	137.50	0.2821	1.2657	0.3570
2	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	800	2	25.00	0.0513	2.9704	0.1523
3	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	800	2	25.00	0.0513	2.9704	0.1523
4	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	800	37	462.50	0.9487	0.0526	0.0499
			Total	4		39	487.50	1.00	3.023	**0.2023**

Arbustivo	
Individuos / ha	487.50
Riqueza (S)	4
Índice de Shannon	0.2023
H máx = Log(S)	1.3863
Equidad Pielow (J')	0.1459
Hmax-Hcalc	1.1840

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Herbáceo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1		*Melochia tomentosa*		800	184	2,300.00	1.0000	0.0000	0.0000
			Total			184	2,300.00	1.00	0.000	**0.0000**

Cálculo del Indice de Valor de Importancia para el estrato Cactáeo en vegetación de matorral sarcocrasicaule.									
No.	Familia	Especie	Nombre común	Sup. muestreada (m^2)	Abund.	Abund. (ind/ha) = n	pi = n/N	Ln pi	H`
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	800	41	512.50	0.2770	1.2836	0.3556
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	800	88	1,100.00	0.5946	0.5199	0.3091
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	800	12	150.00	0.0811	2.5123	0.2037
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	800	1	12.50	0.0068	4.9972	0.0338
5	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	800	1	12.50	0.0068	4.9972	0.0338
6	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	800	3	37.50	0.0203	3.8986	0.0790
7	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	800	2	25.00	0.0135	4.3041	0.0582
			Total	7		148	1,850.00	1.00	22.513	**1.0731**

Cactáceo	
Individuos / ha	1,850.00
Riqueza (S)	7
Índice de Shannon	1.0731
H máx = Log(S)	1.9459
Equidad Pielow (J')	0.5515
Hmax-Hcalc	0.8728

Fauna

Son diversos los factores que pueden delimitar el área de distribución de las especies de fauna silvestre, estos factores pueden ser geográficos, físicos y biológicos como son los tipos de vegetación y la orografía. El estado de Baja California Sur, salvo la región de Los Cabos, se encuentra en la región biogeográfica Neártica, constituyendo esto uno de los principales factores que determinan la presencia de ciertas especies tanto de flora como de fauna (Álvarez y de Lachica, 1991[20]; Álvarez-Castañeda et al., 1995[21]).

El área de estudio se encuentra situada al sureste de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno en el distrito faunístico denominado Desierto del Vizcaíno, el cual representa un importante centro de diferenciación biológica, debido a su ubicación al localizarse en la parte media de la península, así como a su gran extensión que abarca de la costa del pacífico a la del Mar de Cortés (Gallina et. al, 1991[22]). La zona alberga una importante biodiversidad de fauna sobre todo en los grupos de avifauna y herpetofauna.

Cabe mencionar también que, pese a la extrema aridez del lugar, la zona alberga una rica comunidad de fauna, con respecto a otras áreas menos áridas. Otro factor importante que llega a determinar los patrones de distribución de las especies, son las actividades humanas, y a pesar de no ser una zona con alta densidad poblacional, existe cierto grado de modificación del ambiente dado por el crecimiento de las poblaciones, por las carreteras y por el establecimiento del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes.

Por este motivo, resulta importante realizar estudios en las zonas donde existan este tipo de instalaciones, ya que esto permitirá contribuir al conocimiento de las especies presentes en el sitio, y determinar la influencia que las actividades humanas tienen sobre las comunidades de fauna silvestre.

VERSIÓN PÚBLICA

[20] Álvarez, T. & F. de Lachica. 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. Pp. 221-295. *In:* D. A. Flores, L. G. Quintero, T. Álvarez & F. de Lachica. (Eds.). *El escenario geográfico.* Recursos Naturales. Sep-INAH. México, D. F.

[21] Álvarez-Castañeda, S. T., E. Rios, P. Cortés-Calva, N. González-Ruiz, y C. Gabriela Suárez-Gracida. 2008. Los Mamíferos de las Reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaíno. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 331 pp.

[22] Galina, Patricia, Sergio Álvarez S., R. González y Sonia Gallina .1991. Aspectos generales sobre la fauna de vertebrados, en Alfredo Ortega y Laura Arriaga (eds.), *La reserva de la bios-fera El Vizcaíno en la península de Baja California,* México, Cibnor, S.C., 242 p.

Trabajo de gabinete

Listado potencial

Mediante bibliografía especializada se realizó un listado taxonómico de las especies que, potencialmente, se distribuyen en la región. Para ello, se llevó a cabo una revisión minuciosa de la clasificación taxonómica, estacionalidad, distribución vertical, niveles tróficos, importancia ecológica y cinegética de cada especie (Liner, 2007; Liner y Casas-Andreu, 2008; Wilson et al., 2010; 2013a; 2013b; Blackburn y Wake, 2011; Pyron et al., 2013; Pyron y Wallach, 2014; Zheng y Wiens, 2016; Crother, 2017; Johnson et al., 2017; Rhodin et al., 2021; Leyte-Manrique et al., 2022; Luna-Reyes et al., 2022; Frost, 2023; Ramírez-Bautista et al., 2023; Uetz et al., 2023).

Estado de conservación

Las categorías de riesgo para su conservación fueron consultadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019), la Lista Roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022) y los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (UNEP-WCMC, 2022).

Muestreos de campo

Durante los meses de junio a noviembre de 2023, se realizó la campaña de monitoreo de fauna presente en el área de estudio. Con la finalidad de complementar el trabajo de actualización de la lista de especies de fauna registradas en los diferentes estudios de impacto ambiental realizados con anterioridad. Los sitios de muestreo se localizan dentro de la Microcuenca Portezuelo, tomando como base la clasificación de uso de suelo y vegetación de la Serie VII INEGI, 2021[23], resultando las siguientes unidades ambientales: Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Sarco Crasicaule, Matorral Sarcocaule y Vegetación Halófila Xerófila.

A continuación, se presenta la metodología de muestreo aplicada para los principales grupos de fauna en el área de estudio.

Colecta oportunista. - Consistio en la búsqueda no sistemática de organismos a diferentes horas del día o estaciones del año, o bien la búsqueda intensiva bajo condiciones climáticas particulares que favorezcan

[23] INEGI, (2021). “Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.”, 1° edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

VERSIÓN PÚBLICA

la presencia de organismos. Los recorridos nocturnos caminando o en vehículo también entran en esta categoría (Aguirre G. y E. Cázares., 2009[24]).

Encuentro visual. - Consiste en la observación y conteo de organismos a lo largo de trayectos de distancia fija o bien aleatorios, generalmente durante un período de tiempo fijo (Feinsinger, P., 2003[25]).

Transectos. - Son recorridos de longitud previamente establecida que permiten evaluar diferencias faunísticas entre varias áreas como gradientes topográficos, gradientes de hábitat, zonas con diferentes tipos de vegetación, etc.

Remoción de individuos. - Es la extracción física o por marcado consecutivo de los organismos para contabilizarlos en un área dada, generalmente de por lo menos una hectárea de superficie (Burnham, K., et al.,1980[26]).

Captura-recaptura. - Es un método que se basa en la probabilidad potencial de recapturar individuos marcados previamente una vez que son liberados para reincorporarse a su población de origen (Tellería, J. 2004[27]).

Los ganchos o bastones herpetológicos son de gran ayuda para la captura de reptiles ya que al remover hojas, piedras, troncos, ramas, etc. se puede evitar una mordedura, además de no maltratar a los organismos por capturar (Manzanilla, J. y J. Péfaur, 2000[28]).

La captura de serpientes requiere de un procedimiento que consiste en inmovilizar la cabeza. Primero se sujeta la cabeza con un bastón herpetológico contra el suelo en un lugar firme y se toma de la parte posterior de la cabeza con los dedos pulgar y medio, al mismo tiempo colocando el dedo índice en la parte superior, con la otra mano se sujeta el cuerpo, posteriormente se deposita en una bolsa de tela

VERSIÓN PÚBLICA

[24] Aguirre L.y E. Cázares. 2009. Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. Pp. 369-300. In: Moreno P. y B. Wemer (Eds) Brevario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable. No. 1 RAMSAR, Instituto de Ecología, A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior.

[25] Feinsinger, P. (2003). El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Fundación Amigos de la Naturaleza.

[26] Burnham, K. P.; Anderson, D. R. & Laake, J. L. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildlife Monographs (72).

[27] Tellería, J. L. (2004). Métodos de censo en vertebrados terrestres. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

[28] Manzanilla, J. & Péfaur, J. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. Revista Ecología. Latinoamericana, 7(1-2), 17-30.

introduciendo primero la parte posterior, el saco debe torcerse, doblarse y amarrarse en el extremo. Es conveniente transportar la bolsa alejada del cuerpo (Casas A., et. al., 1991[29]).

Trampa caja. - Los pequeños mamíferos pueden ser capturados con trampas caja de marca Sherman, Havahart y Victor. Para los mamíferos medianos existen trampas Tomahawk de diferentes tamaños, plegables o fijas, con una o dos puertas abatibles.

Cámaras trampa. - La disponibilidad y reducción de costos en la elaboración de trampas de cámara las ha vuelto populares, pueden ser activas o pasivas, constan de un sensor de movimiento y/o calor. Son una técnica recomendada para obtener tendencias y estimaciones confiables de las poblaciones de carnívoros (Karanth et al., 2004[30]).

Redes de niebla. - Redes ornitológicas o redes de captura. Los murciélagos son capturados mediante redes de nylon que se fabrican de diferentes largos y altos, así como de diferentes tamaños de luz en la trama (Ministerio del Ambiente, 2015[31]). También son usadas para la captura de aves y realizar monitoreo de las poblaciones. La captura con redes puede usarse para determinar la proporción de sexos, de juveniles, productividad, etc. (Wunderle, 1994[32]).

Método acústico activo. - Se desarrolló mediante transectos a pie, el principio de este método es grabar con un detector ultrasónico (Pettersson M500-384) los llamados de ecolocación de los murciélagos y analizarlos, haciendo posible identificar la especie que emitió el ultrasonido Pech-Canche et al., 2011[33]; Zamora-Gutiérrez et al., 2016[34].

VERSIÓN PÚBLICA

[29] Casas A., G. Valenzuela y A. Ramírez. 1991. Como hacer una colección de Anfibios y Reptiles. Instituto de Biología, UNAM. Cuadernos No. 10. México.

[30] Karanth, K., J. Nichols N. Samba. 2004 Photographic sampling of elusive mammals in tropical forests. Pp. 229-247. In: Thompson, W. L. (Ed.). Sampling rare and elusive species: concepts, designs, or elusive species. Island Press, Washington.

[31] Ministerio del Ambiente. 2015. Guía de inventario de la fauna silvestre. 1a ed. Lima, Perú. 84 pp.

[32] Wunderle, J. 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report. SO-100. US. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.

[33] Pech-Canche, J.M., Estrella, E., López-Castillo, D.L., Hernández-Betancourt, S.F. y Moreno, CE. (2011). Complementarity and efficiency of bat capture methods in a lowland tropical dry forest of Yucatán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 82: 896-903.

[34] Zamora-Gutiérrez, V, C. Lopez-Gonzalez, C. MacSwiney-Gonzalez, B. Fenton, G. Jones, E. Kalko, S. Puechmaille, V. Stathopoulos y K. Jones. (2016) Acoustic identificaron of Mexican bats based on taxonomic and ecological constraints on cali design. Methods in Ecology and Evolution.

Análisis de datos

Curva de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies son empleadas para conocer si el esfuerzo de muestreo en campo fue satisfactorio. Se presume que, el número de especies está correlacionado positivamente con el número de muestreos. En los primeros muestreos se registran con mayor frecuencia las especies comunes y conforme se incrementan los muestreos se anexan las especies menos comunes.

El descenso de la pendiente en la curva de acumulación de especies sugiere que, el muestreo es satisfactorio y representativo. Por el contrario, si la pendiente de la curva se mantiene inclinada es prueba de que el inventario es insuficiente y se recomienda incrementar el esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003)[35]. Para este estudio se emplearon tres diferentes estimadores de riqueza (Chao 1, Chao 2 y ACE).

Riqueza y abundancia relativa

Se estimó la riqueza y abundancia de las especies presentes en la microcuenca Portezuelo. La riqueza de especies es el número de especies que ocurren en una determinada zona al mismo tiempo (Melic, 1993[36]), en este estudio se emplearon los datos de los transectos que corresponden a los diferentes sitios muestreados. La abundancia relativa es la proporción de una especie con respecto al resto de las especies en un sitio determinado, se obtiene como resultado de la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{(Ai * 100)}{At}$$

Donde Ai es la abundancia de una especie o grupo específico y At es la abundancia total, que es el sumatorio total de las frecuencias de las especies o grupos.

Una vez obtenido el porcentaje se ubicó dentro de alguna categoría de Pettingill (1969)[37]: rara (1-9.9 %), no común (10-30.9 %), moderadamente común (31-64.9 %), común (65-89.9 %) y abundante (90-100 %).

VERSIÓN PÚBLICA

[35] Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8: 151-161.
[36] Melic, A. 1993. Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas. Zapateri Revista Aragonesa de Entomología (3): 97-104.
[37] Pettingill, O. S. 1969. Ornithology in laboratory and field. Fourth edition. Burgess, Minneapolis, Minnesota, USA, 544 pp.

Índice de diversidad shannon-weinner

Para medir la riqueza de especies se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera las abundancias relativas para estimar la diversidad mediante la ecuación 1. El valor de H' se ha utilizado en diferentes estudios ecológicos (Magurran, 1988[38]) y se expresa con un número positivo que, en la mayoría de los ecosistemas naturales, varía entre 1 y 5. Aunque su valor habitual oscila entre 2 y 3. Valores inferiores a 2 se consideran relativamente bajos y superiores a 3 relativamente altos.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\cdot ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right)$$

Ecuación (1)

Dónde:

S = Número de especies registradas

N = Número total de individuos registrados de todas las especies

ni = Número de individuos de la especie

Estado de conservación

El análisis sobre el estado de conservación y sus categorías de riesgo fueron consultadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019[39]), la Lista Roja de las especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022[40]) y los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (UNEP-WCMC, 2022[41]).

VERSIÓN PÚBLICA

[38] Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.

[39] SEMARNAT. 2019. 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. 14 de noviembre de 2019.

[40] IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. Disponible en: https://www.iucnredlist.org. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

[41] UNEP-WCMC (Comps.) 2022. The Checklist of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compilado por UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Disponible en: http://checklist.cites.org. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

Los datos recabados e información analizada se encuentran disponibles en formato Excel en el **Anexo 4.4;** A continuación, se presenta el método aplicado y los resultados obtenidos para los diferentes grupos de fauna.

Resultados

Herpetofauna

De inicio y a considerar como punto de partida, el resultado de la revisión bibliográfica de los trabajos realizados para la zona de Las Tres Vírgenes, B.C. se obtuvo una lista con un total de 35 especies, de las cuales dos son anfibios y 33 reptiles, pertenecientes a 11 familias, con distribución potencial en el área de estudio.

El muestreo de la herpetofauna se llevó a cabo mediante el conteo de individuos por relevamiento de encuentro visual, a través del método de transectos en línea diurnos y nocturnos. Este método consistió en realizar caminatas de distancia y tiempo fijo. Cada transecto presentó una longitud de 1,000 m con una amplitud de observación de 50 m, el tiempo total de cada recorrido fue de 120 minutos (2 horas) (**Tabla 4.18**). Para mejorar la probabilidad de detección se empleó la triangulación de sonidos, búsqueda, observación, conteo y captura de individuos en diferentes hábitats y microhábitats (troncos, arbustos, rocas, grietas, hojarasca, etc.).

Tabla 4.18. Ubicación geográfica de los transectos establecidos para el monitoreo de la herpetofauna dentro de la microcuenca Portezuelo del C. G. Las Tres Vírgenes, BCS. (*ID=Código de identificación).

PERIODO	SITIO	ID	VEGETACIÓN	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
				X	Y	X	Y
Primera Campaña (Jun-Jul)	Zona Norte	ZN-TH01	Matorral Sarcocaule	345,157	3,045,906	345,622	3,046,755
		ZN-TH02		345,978	3,046,464	345,671	3,045,699
	Plataforma 14	PF14-TH01	Matorral Desértico Micrófilo	345,369	3,042,585	345,990	3,043,261
		PF14-TH02		346,260	3,042,821	345,595	3,043,333
	Microcuenca	MC-TH01	Matorral Desértico Micrófilo	348,162	3,042,822	347,253	3,042,717
		MC-TH02		348,649	3,042,636	347,839	3,042,449
	Planicie Central	PC-TH01	Matorral Desértico Micrófilo	348,269	3,039,779	348,745	3,038,958
		PC-TH02		348,859	3,038,552	349,000	3,037,643
	Desierto Sur	DS-TH01	Matorral Sarcocaule	349,077	3,032,234	348,190	3,032,241
		DS-TH02		349,107	3,032,751	350,010	3,033,033

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.18. Ubicación geográfica de los transectos establecidos para el monitoreo de la herpetofauna dentro de la microcuenca Portezuelo del C. G. Las Tres Vírgenes, BCS. (*ID=Código de identificación).

PERIODO	SITIO	ID	VEGETACIÓN	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
				X	Y	X	Y
		DS-TH03	Vegetación Halófila-Xerofila	349,842	3,033,186	350,268	3,034,113
Segunda Campaña (Ago-Sep)	Plataforma 14	PF14-TH04	Matorral Desértico Micrófilo	346,058	3,043,554	345,290	3,043,026
		PF14-TH05		346,798	3,043,404	346,071	3,042,685
	Microcuenca	MC-TH03	Matorral Sarcocaule	348,641	3,042,558	348,700	3,041,688
		MC-TH04	Matorral Desértico Micrófilo	347,965	3,042,552	347,037	3,042,359
	Planicie Central	PC-TH04	Matorral Desértico Micrófilo	349,276	3,039,231	349,837	3,038,436
		PC-TH05		347,981	3,036,896	347,199	3,037,461
	Desierto Sur	HU-TH01	Halófila Xerófila	350,310	3,033,023	350,540	3,034,001
		DS-TH04	Matorral Sarcocaule	348,938	3,033,475	347,894	3,033,491
		DS-TH05		348,023	3,032,696	347,144	3,032,980
	Matorral Oeste	MO-TH01	Matorral Sarco-Casicaule	344,346	3,035,414	344,478	3,036,350
		MO-TH02		345,729	3,034,595	345,637	3,035,350
Tercera Campaña (Oct-Nov)	Zona Norte	ZN-TH01	Matorral Sarcocaule	345,157	3,045,906	345,622	3,046,755
		ZN-TH05		347,704	3,044,844	347,910	3,043,844
	Plataforma 14	PF14-TH01	Matorral Desértico Micrófilo	345,369	3,042,585	345,990	3,043,261
		PF14-TH04		346,058	3,043,554	345,290	3,043,026
		PF14-TH05		346,798	3,043,404	346,071	3,042,685
	Microcuenca	MC-TH03	Matorral Sarcocaule	348,641	3,042,558	348,700	3,041,688
	Planicie Central	PC-TH05	Matorral Desértico Micrófilo	347,981	3,036,896	347,199	3,037,461
		PC-TH06		349,557	3,037,508	349,316	3,038,331
		PC-TH07		349,545	3,037,496	349,300	3,038,325
	Desierto Sur	DS-TH06	Matorral Sarcocaule	349,799	3,034,987	350,352	3,034,063
		HU-TH01	Halófila-Xerofila	350,310	3,033,023	350,540	3,034,001
	Matorral Oeste	MO-TH03	Matorral Sarco-Casicaule	346,345	3,034,962	345,882	3,035,785
		MO-TH04		343,471	3,035,521	344,180	3,036,249

Se establecieron 6 sitios generales de muestreo: Zona Norte, Plataforma 14, Microcuenca, Planicie Central, Desierto Sur y Matorral Oeste. En cada uno, el establecimiento de la ruta del transecto estuvo en

VERSIÓN PÚBLICA

función de la presencia de plataformas, cuencas y cambios de paisaje dependiendo de la altitud. Los sitios seleccionados permitieron una representación de los cuatro tipos de vegetación presentes: Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Sarcocaule, Matorral Sarco-Crasicaule y Vegetación Halófila-Xerófila (**Figura 4.24).**

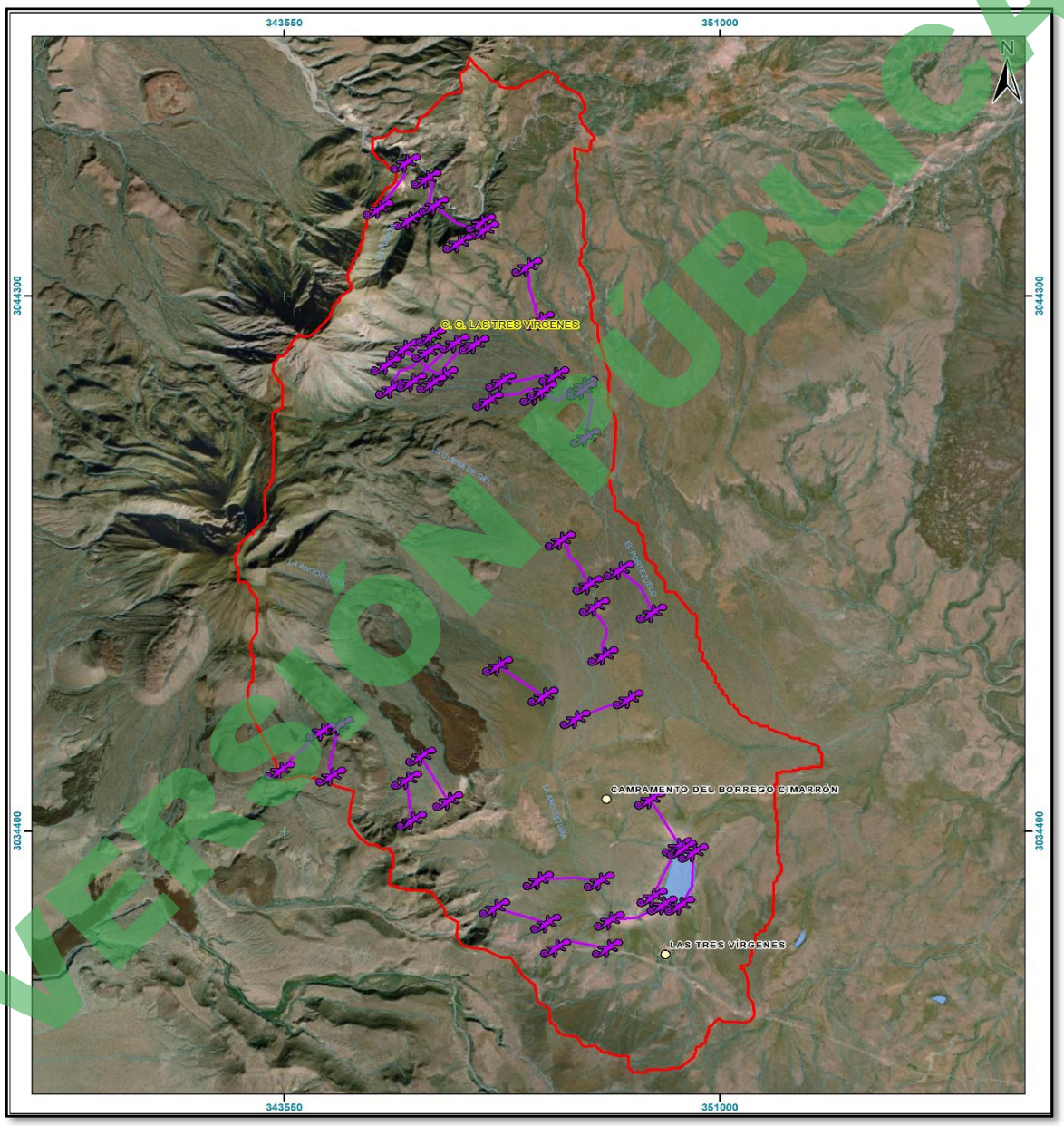


Figura 4.25. Distribución de los transectos establecidos para el monitoreo de la herpetofauna dentro de la microcuenca portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

El total de transectos establecidos corresponde a 35. Cada uno fue visitado dos veces, es decir, se realizaron 72 recorridos durante los 6 meses de monitoreo. Dado que cada recorrido fue realizado por 2 técnicos de manera simultánea, se tiene un esfuerzo neto de muestreo de 144 horas.

Resultados de campaña de monitoreo

Para el periodo de monitoreo de seis meses (junio - noviembre) se obtuvo una riqueza de 19 especies de herpetofauna, las cifras corresponden a 17 especies de reptiles y dos anfibios pertenecientes a seis familias distribuidas en dos órdenes (Anura y Squamata) **(Tabla 4.19).** Con ayuda de estos datos se obtuvieron los índices de diversidad, riqueza y abundancia correspondientes al área de influencia del campo geotérmico (microcuenca Portezuelo).

Tabla 4.19. Listado de especies de herpetofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
1	Anura	Bufonidae	*Anaxyrus punctatus*	Sapo de puntos rojos	Nativa
2	Anura	Scaphiopodidae	*Scaphiopus couchii*	Sapo cavador	Nativa
1	Squamata	Crotaphytidae	*Gambelia copeii*	Lagartija leopardo narigona de Baja California	Nativa
2	Squamata	Iguanidae	*Dipsosaurus dorsalis*	Iguana de desierto	Nativa
3	Squamata	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Cachora arenera	Nativa
4	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma coronatum*	Camaleón sudcalifornianо	Endémica
5	Squamata	Phrynosomatidae	*Scelopoms magister*	Lagartija espinosa del desierto	Nativa
6	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus orcutti*	Lagartija espinosa de granito	Nativa
7	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaums nigricaudus*	Cachora arbolera cola negra	Nativa
8	Squamata	Phrynosomatidae	*Uta stansburiana*	Lagartija costado manchado común	Nativa
9	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis hyperythrus*	Huico de garganta naranja	Nativa
10	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico tigre del noroeste	Endémica
11	Squamata	Charinidae	*Lichanura trivirgata*	Boa rosada del noroeste	Nativa
12	Squamata	Colubridae	*Bogertophis rosaliae*	Culebra ratonera de Baja California	Nativa

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.19. Listado de especies de herpetofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

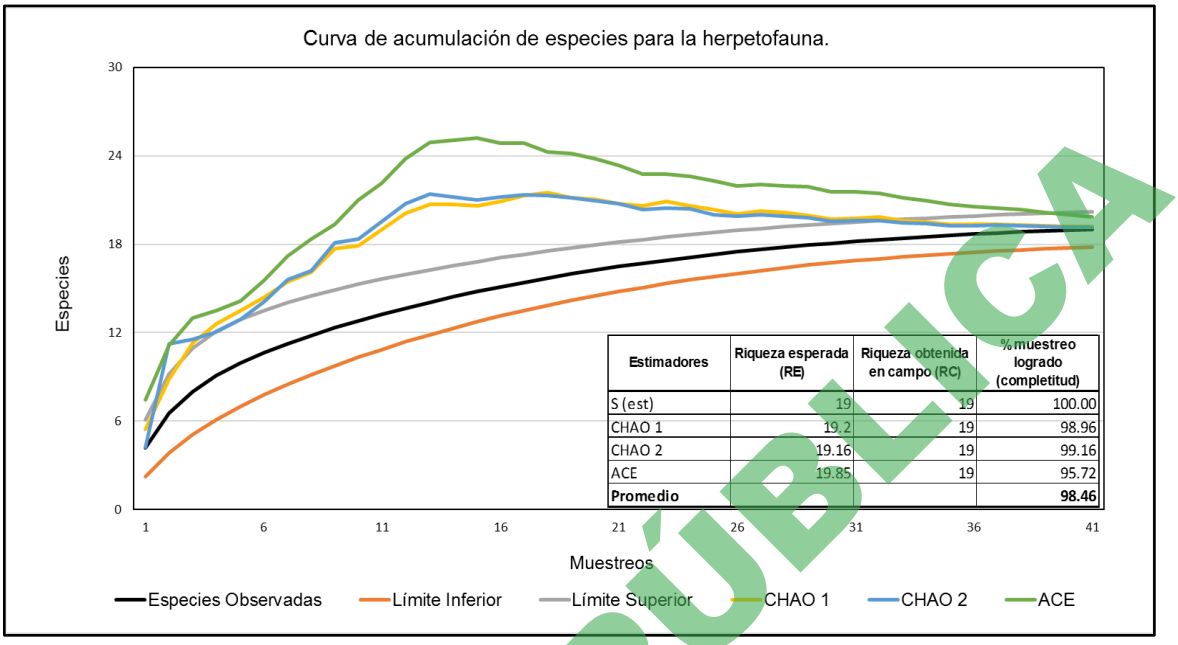
No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
13	Squamata	Colubridae	*Pituophis catenifer*	Topera	Nativa
14	Squamata	Colubridae	*Salvadora hexalepis*	Culebra chata occidental	Nativa
15	Squamata	Viperidae	*Crotalus enyo*	Víbora de cascabel de Baja California	Nativa
16	Squamata	Viperidae	*Crotalus mitchellii*	Víbora de cascabel moteada peninsular	Nativa
17	Squamata	Viperidae	*Crotalus ruber*	Víbora de cascabel de diamantes rojos	Nativa

Curva de acumulación de especies

Utilizando los datos obtenidos durante los transectos que se realizaron en el periodo de monitoreo de junio a noviembre de 2023 se computaron los datos para obtener los indicadores en los modelos de Chao 1, Chao 2 y ACE que nos muestran el esfuerzo del muestreo respecto a las especies esperadas a encontrar.

Como se observa en la **Figura 4.25**, con el esfuerzo de muestreo aplicado se puede observar que la curva se aproxima a la asíntota, lo cual nos deja ver que se logró registrar una cantidad de especies bastante satisfactoria. Respecto a los estimadores podemos notar también que los tres coinciden con el número de especies que se encontraron para el monitoreo, en este caso los valores fueron Chao 1 19.2, Chao 2 19.16 y ACE 19.85 teniendo prácticamente el mismo valor para la riqueza obtenida.

VERSIÓN PÚBLICA



Estimadores	Riqueza esperada (RE)	Riqueza obtenida en campo (RC)	% muestreo logrado (completitud)
S (est)	19	19	100.00
CHAO 1	19.2	19	98.96
CHAO 2	19.16	19	99.16
ACE	19.85	19	95.72
Promedio			**98.46**

Figura 4.25. Curvas de acumulación y comparación con estimadores no paramétricos de la herpetofauna registrada en la microcuenca portezuelo.

.

Para evaluar la suficiencia de la intensidad de muestreo se realizó el análisis de acumulación de especies por sitio de muestreo donde se puede ver que inicialmente la pendiente de la curva comienza siendo elevada; y a medida que sigue el muestreo aparecen las especies menos abundantes y poco comunes, lo que hace crecer el número de especies hasta que finalmente la pendiente de la curva desciende hasta estabilizarse lo que nos indica que la intensidad de muestreo fue suficiente y nuestros resultados son representativos **Figura 4.26** en donde se puede ver que a partir del muestreo decimo se logra la asíntota en la curva de acumulación.

VERSIÓN PÚBLICA

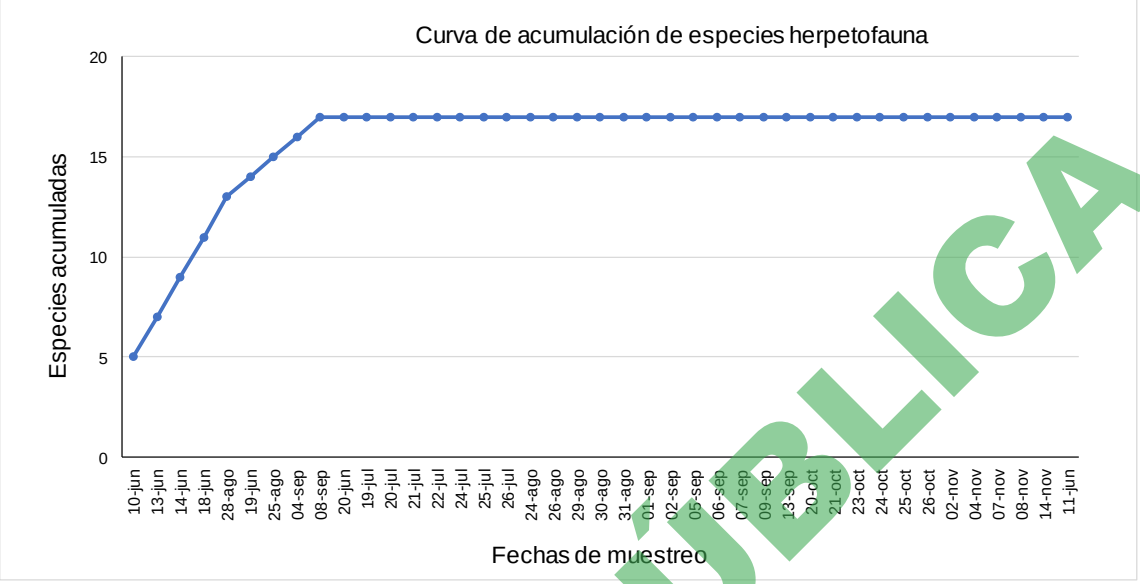


Figura 4.26. Curvas de acumulación de especies para herpetofauna.

Riqueza y abundancia relativa

Mediante los datos obtenidos con los transectos y observaciones a voluntad, se registraron 388 avistamientos de individuos que como ya se mencionó pertenecen a 19 especies; La comunidad se encuentra mayormente representada por la cachora arenera *Callisaurus draconoides* con una abundancia relativa (Ar) de 18.81 %, seguida de la cachora arbolera cola negra *Urosaurus nigricaudus* 15.98% y la lagartija costado manchado común *Uta stansburiana* 15.98 %, el huico de garganta naranja *Aspidoscelis hyperythrus* 15.46 % y la iguana del desierto *Dipsosaurus dorsalis* 14.18 %. ver **Tabla 4.20** para mayor referencia.

Tabla 4.20. Valores de abundancia y abundancia relativa de la herpetofauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
1	*Anaxyrus punctatus*	2	0.52
2	*Scaphiopus couchii*	5	1.29
3	*Callisaurus draconoides*	73	18.81
4	*Urosaurus nigricaudus*	62	15.98
5	*Uta stansburiana*	62	15.98
6	*Aspidoscelis hyperythrus*	60	15.46

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.20. Valores de abundancia y abundancia relativa de la herpetofauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
7	*Dipsosaurus dorsalis*	55	14.18
8	*Aspidoscelis tigris*	29	7.47
9	*Crotalus ruber*	11	2.84
10	*Sceloporus orcutti*	7	1.80
11	*Gambelia copeii*	1	0.26
12	*Lichanura trivirgata*	4	1.03
13	*Crotalus enyo*	4	1.03
14	*Sceloporus magister*	3	0.77
15	*Crotalus mitchetlii*	3	0.77
16	*Pituophis catenifer*	2	0.52
17	*Bogertophis rosaliae*	1	0.26
18	*Salvadora hexalepis*	2	0.52
19	*Phrynosoma coronatum*	2	0.52
	Total	388	100

VERSIÓN PÚBLICA

Diversidad

El análisis del índice de diversidad de Shannon para la herpetofauna registrada en la microcuenca nos muestra que, los valores obtenidos expresan que la diversidad encontrada durante el monitoreo tiene un valor de (H'=2.1982), lo que indica una diversidad media de especies y una distribución equitativa de las mismas, por lo que se establece que el ecosistema en cuestión alberga una variedad de especies medianamente equitativa; **Tabla 4.21.**

Las especies con mayor abundancia son: *Callisaurus draconoides* (cachora arenera) con 73 registros, *Urosaurus nigricaudus* (cachora arbolera) y *Uta stansburiana* (lagartija costado manchado) con 62 registros cada uno, *Aspidoscelis hyperythrus* (huico de graganta naranja) con 60 y *Dipsosaurus dorsalis* (iguana del desierto) con 55 registros, por otro lado, las especies menos abundantes con dos individuos cada una son: *Pituophis catenifer* (topera), *Anaxyrus punctatus* (sapo de puntos rojos), *Salvadora hexalepis* (culebra chata oxidental) y *Phrynosoma coronatum* (camaleón subcalifornio).

Tabla 4.21. Índice de diversidad de Shannon (H') para herpetofauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Registros	PI	LnPI	PPLnPI
1	*Scaphiopus couchii*	5	0.0129	-4.3516	-0.0561
2	*Anaxyrus punctatus*	2	0.0052	-5.2679	-0.0272
3	*Callisaurus draconoides*	73	0.1881	-1.6705	-0.3143
4	*Urosaurus nigricauda*	62	0.1598	-1.8339	-0.2930
5	*Uta stansburiana*	62	0.1598	-1.8339	-0.2930
6	*Aspidoscelis hyperythrus*	60	0.1546	-1.8667	-0.2887
7	*Dipsosaurus dorsalis*	55	0.1418	-1.9537	-0.2769
8	*Aspidoscelis tigris*	29	0.0747	-2.5937	-0.1939
9	*Crotalus ruber*	11	0.0284	-3.5631	-0.1010
10	*Sceloporus orcutti*	7	0.0180	-4.0151	-0.0724
11	*Lichanura trivirgata*	4	0.0103	-4.5747	-0.0472
12	*Crotalus enyo*	4	0.0103	-4.5747	-0.0472
13	*Sceloporus magister*	3	0.0077	-4.8624	-0.0376
14	*Crotalus mitchellii*	3	0.0077	-4.8624	-0.0376
15	*Pituophis catenifer*	2	0.0052	-5.2679	-0.0272
16	*Salvadora hexalepis*	2	0.0052	-5.2679	-0.0272
17	*Phrynosoma coronatum*	2	0.0052	-5.2679	-0.0272
18	*Bogertophis rosatiae*	1	0.0026	-5.9610	-0.0154
19	*Gambelia copeii*	1	0.0026	-5.9610	-0.0154
Total		**388**	**Índice de Shannon-Wiener (H')**		**2.1982**

VERSIÓN PÚBLICA

Estado de conservación

Se identificaron ocho especies en alguna categoría de protección ya sea respecto a los organismos nacionales como los internacionales. Dentro de las clasificaciones de riesgo nacionales se reportan siete especies de las cuales cinco están dentro de la categoría de amenazadas (A) y dos se encuentran sujetas a protección especial (Pr) en lo que respecta a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019). Por otra parte, a nivel internacional, se registraron dos especies dentro del listado en el Apéndice II de la CITES (UNEP-WCMC, 2022), además de que, dentro de la lista roja de la IUCN, todas las especies se catalogan como de preocupación menor **(Tabla 4.22).**

Tabla 4.22. Especies registradas de herpetofauna catalogadas bajo algún estatus de conservación en la microcuenca portezuelo.

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	*Callisaurus draconoides*	Cachora arenera	A	LC	-
2	*Phrynosoma coronatum*	Camaleón sudcalifornianо	-	LC	II
3	*Urosaurus nigricaudus*	Cachora arbolera cola negra	A	LC	-
4	*Uta stansburiana*	Lagartija costado manchado común	A	LC	-
5	*Lichanura trivirgata*	Boa rosada del noroeste	A	LC	II
6	*Crotalus enyo*	Víbora de cascabel de Baja California	A	LC	-
7	*Crotalus mitchellü*	Víbora de cascabel moteada peninsular	Pr	LC	-
8	*Crotalus ruber*	Víbora de cascabel de diamantes rojos	Pr	LC	-

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.

[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022)

[3] II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

Avifauna

De inicio y a considerar como punto de partida, la revisión de los estudios realizados anteriormente para el campo geotérmico Las Tres Vírgenes, B.C. se obtuvo un listado de 128 especies presentes en 17 órdenes y 41 familias, con distribución potencial en el área de estudio.

El censado de aves se realizó mediante transectos lineales con una longitud de 2000 m, y un radio de 65 m. Este método se desarrolló dentro de las primeras cuatro horas de luz solar (Blake y Loiselle, 1991[42];

[42] Blake, J. K. y A. Loiselle. 1991. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. Auk 108:114–127.

VERSIÓN PÚBLICA

Ralph et al., 1996[43]), Se estableció un total de seis sitios de muestreo, tomando como áreas de interés las plataformas, zonas de cuenca, el cambio del tipo de paisaje y altitud. Los cuatro tipos de vegetación dentro del área de influencia (Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Sarcocaule, Matorral Sarco-Crasicaule y Vegetación Halófila-Xerófila) fueron monitoreados. **(Tabla 4.23)**

Tabla 4.23. Ubicación geográfica de los transectos lineales establecidos para el monitoreo de la avifauna dentro de la microcuenca portezuelo. *ID=Código de identificación.

SITIO	*ID	VEGETACIÓN	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
			X	Y	X	Y
Zona Norte	ZN_AV	Matorral Sarcocaule	345713	3046171	347419	3045046
Plataforma 14	PF14_AV	Matorral Desértico Micrófilo	346315	3043404	345320	3042822
Microcuenca	MC_AV	Matorral Desértico Micrófilo	345654	3042858	347911	3042742
Planicie Central	PC_AV	Matorral Desértico Micrófilo	348694	3039059	348874	3037052
Desierto Sur	DS_AV	Vegetación Halófila-Xerófila	350424	3034251	349537	3032414
Matorral Oeste	MO_AV	Matorral Sarco-Cracicaule	344123	3035554	344580	3037517

El total de transectos establecidos corresponde a seis. Cada uno fue visitado por un técnico dos veces, es decir, se realizaron 12 recorridos durante los seis meses de monitoreo. Dado que cada recorrido fue realizado de las 6:30 am a las 10:30 am se tiene un esfuerzo de muestreo de cuatro horas/recorrido, es decir, un total de muestreo de 48 horas netas. **(Figura 4.27).**

El método fue realizado por un observador, el cual registró las aves detectadas de manera auditiva y/o visual mientras camina a través de una línea recta imaginaria, lo cual permite aumentar el número de especies registradas y sus abundancias (Bibby et al., 1992[44]; Ralph et al., 1996). Los materiales utilizados corresponden a binoculares Vortex Crossfire 8x42, Bushnell Bone Collector 10x42 e Eagle Optics Ranger Platinum Class 8x42. Los individuos observados son contados y registrados en una libreta de campo de

VERSIÓN PÚBLICA

[43] Ralph, C. J., G. Geupel, P. Pyle, T. Martin, D. DeSante y B. Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Albany, California: General Technical Report PSW-GTR-159. Pacific SouthwestResearch Station, Forest Service, U.S. Departament of Agriculture.

[44] Bibby, C. J., N. D. Burgess y D. A. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

acuerdo con la nomenclatura propuesta por Chesser et al., (2016)[45]. Para la correcta identificación se utilizan guías de identificación de aves: Howell y Webb (1995)[46] y Sibley (2000)[47].

Redado de aves; el método de redado permite obtener información sobre variables demográficas que afectan las estimaciones de densidad poblacional de las aves residentes (Ralph et al., 1996) por el Consejo de Anillado para Norteamérica; North American Banding Council (NABC, 2003[48]).

Se deben localizar zonas de paso de la avifauna para programar visitas posteriores a cada zona seleccionada (Ralph et ai, 1996; Santiago-Alarcón, 2015[49]), estas zonas son las que se denominan estaciones de redado. En cada estación se montan cuatro redes de niebla de 12 m de largo con una luz (apertura) de malla de 30 mm. Todas las aves atrapadas son extraídas de las redes y colocadas en bolsas de manta delgada para ser transportadas desde la ubicación de la red hasta una zona donde se procede a su revisión e identificación. Cada identificación se realiza con el apoyo de guías especializadas (Howell y Webb, 1995; Pyle, 1997[50]; Sibley, 2000).

Dada la naturaleza del muestreo únicamente se puede operar una estación por fecha previamente programada. Las redes se mantienen activas (montadas y extendidas) únicamente desde las 06:30 am hasta las 10:30 am (cuatro horas), es decir, se consigue un esfuerzo de muestreo de cuatro horas/red. Esto nos permite lograr un esfuerzo de muestreo de 16 horas netas por cada estación operada.

Si consideramos que, durante los seis meses del muestreo, se operó un total de nueve estaciones de redado (**Tabla 4.24**) se logró un esfuerzo de muestreo neto de 144 horas.

VERSIÓN PÚBLICA

[45] Chesser, R. T., K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2016. Fifty-seventh supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American birds. Auk 133: 544-560.

[46] Howell, G. N. S. y S. Webb. 1995. A Guide To The Birds of Mexico an Northern Central America, Oxford University Press.

[47] Sibley, D. A. 2000. The Sibley Guide to Birds. Second Edition. Alfred A. Knopf, United States of America.

[48] NABC (North American Banding Council). 2003. Guía De Estudio Del Anillador De Norteamérica. Point Reyes Station, California 94956-1346 U.S.A Sitio web: http://nabanding.net/nabanding/

[49] Santiago-Alarcón, D. 2015. Técnicas de campo y laboratorio para el estudio de parásitos sanguíneos del orden haemosporida en aves terrestres. Pp. 53–86 en S. Galina-Tessaro (editor). Manual de técnicas del estudio de la fuana, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz. México.

[50] Pyle, P. 1997. Identification guide to North American birds. Part 1. Slate Creek Press, Bolinas

Tabla 4.24. Ubicación geográfica de las estaciones de redado establecidas para el monitoreo de la avifauna dentro de la microcuenca portezuelo.

PERIODO	SITIO	FECHA	VEGETACIÓN	COORDENADAS	
				X	Y
Primera campaña (jun-jul)	Planicie Central	24/07/23	Matorral Desértico Micrófilo	348974	3039386
		26/07/23	Matorral Desértico Micrófilo	345902	3045984
Segunda campaña (ago-sep)	Microcuenca	28/08/23	Matorral Sarcocaule	348287	3042783
	Planicie Central	06/09/23	Matorral Desértico Micrófilo	348856	3039470
	Desierto Sur	11/09/23	Vegetación Halófilo-Xerofila	349970	3033350
Tercera campaña (oct-nov)	Planicie Central	24/10/23	Matorral Desértico Micrófilo	348856	3039470
	Matorral Oeste	27/10/23	Matorral Sarco-Casicaule	344309	3035431
	Planicie Central	09/11/23	Matorral Desértico Micrófilo	348006	3036785
	Zona Norte	10/11/23	Matorral Sarcocaule	345705	3046433

VERSIÓN PÚBLICA

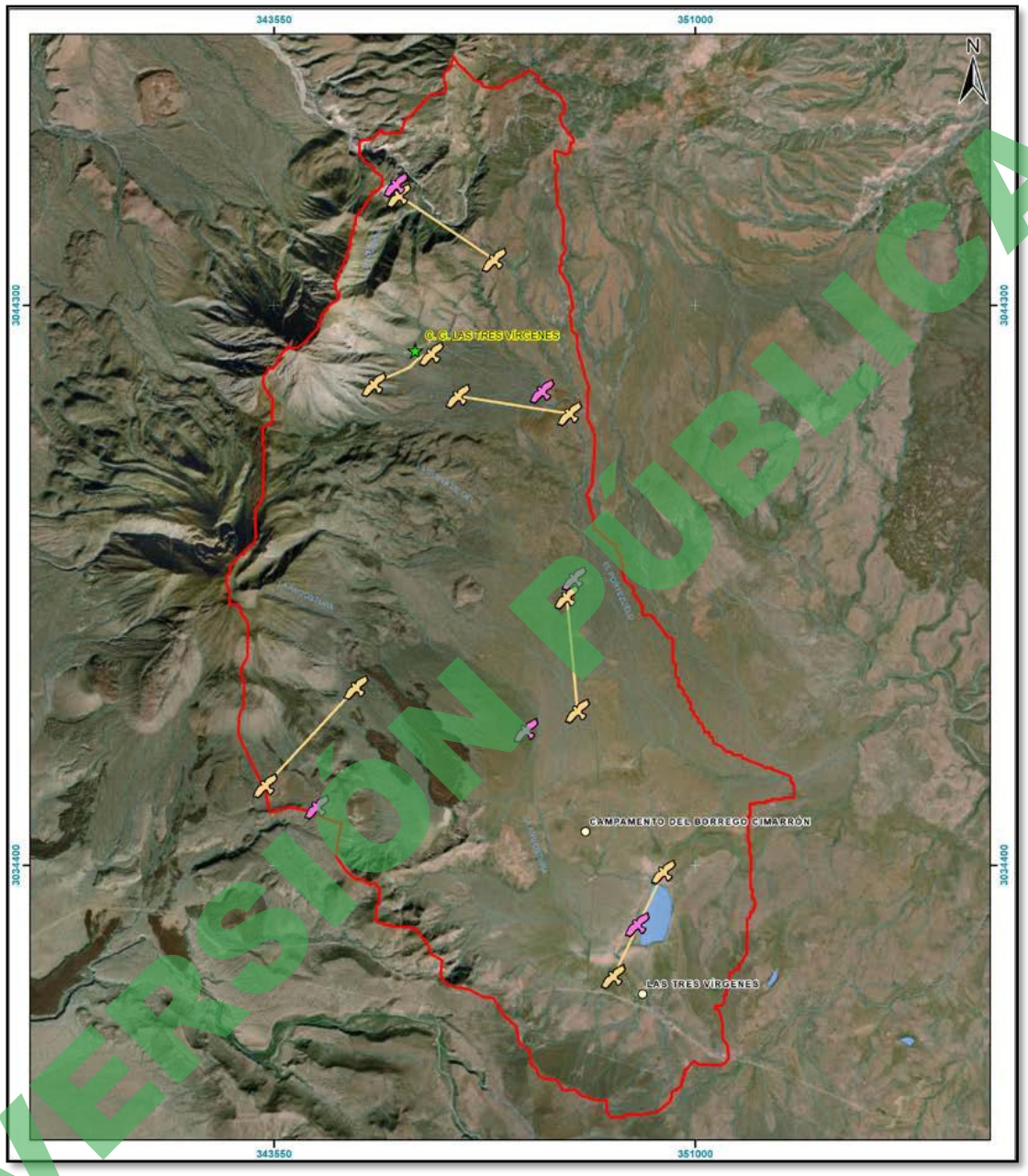


Figura 4.27. Distribución de los transectos y estaciones de redado, establecidos para el monitoreo de la avifauna dentro de la microcuenca portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Resultados de campaña de monitoreo

Mediante los transectos establecidos en cada uno de los sitios determinados para el monitoreo de aves, se lograron avistar un total de 74 especies las cuales pertenecen a 31 familias que representan 13 órdenes, como se muestra en la **Tabla 4.25**. Se debe destacar que la diversidad de gorriones familia Passerllidae fue la mayor respecto a las demás familias pues en este grupo se contabilizaron once especies. Estos datos fueron tratados para obtener los índices de diversidad, riqueza y abundancia correspondientes.

Tabla 4.25. Listado de especies de avifauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
1	Galliformes	Odontophoridae	*Callipepla californica*	Codorniz californiana	Nativa
2	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	Introducida
3	Columbiformes	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita pico rojo	Nativa
4	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	Nativa
5	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota común	Nativa
6	Cuculiformes	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	Nativa
7	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras menor	Nativa
8	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Phalaenoptilus nuttallii*	Tapacaminos pandeagua	Nativa
9	Apodiformes	Apodidae	*Aeronautes saxatalis*	Vencejo pecho blanco	Nativa
10	Apodiformes	Trochilidae	*Calypte anna*	Colibrí cabeza roja	Nativa
11	Apodiformes	Trochilidae	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	Nativa
12	Apodiformes	Trochilidae	*Basilinna xantusii*	Colibrí bajacaliforniano	Endémica
13	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris minutilla*	Playero diminuto	Nativa
14	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa solitaria*	Playero solitario	Nativa
15	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa flavipes*	Patamarilla menor	Nativa
16	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea herodias*	Garza morena	Nativa
17	Pelecaniformes	Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita verde	Nativa
18	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	Nativa
19	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho canela	Nativa
20	Accipitriformes	Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	Nativa
21	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	Nativa
22	Strigiformes	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de campanario	Nativa
23	Strigiformes	Strigidae	*Bubo virginianus*	Buho cornudo	Nativa
24	Piciformes	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del desierto	Nativa
25	Piciformes	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	Nativa

VERSIÓN PÚBLICA

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
26	Piciformes	Picidae	*Colaptes chrysoides*	Carpintero de pechera del noroeste	Nativa
27	Falconiformes	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	Nativa
28	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	Nativa
29	Falconiformes	Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	Nativa
30	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas garganta ceniza	Nativa
31	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano chibiú	Semiendémica
32	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano pálido	Nativa
33	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas llanero	Nativa
34	Passeriformes	Tyrannidae	*Empidonax wrightü*	Papamoscas bajacolita	Semiendémica
35	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo de bell	Nativa
36	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo vicinior*	Vireo gris	Semiendémica
37	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo cassinii*	Vireo de cassin	Semiendémica
38	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo americano	Nativa
39	Passeriformes	Corvidae	*Aphelocoma californica*	Chara californiana	Nativa
40	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	Nativa
41	Passeriformes	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	Nativa
42	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta thatassina*	Golondrina verdemar	Nativa
43	Passeriformes	Hirundinidae	*Progne subis*	Golondrina azulnegra	Nativa
44	Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	Nativa
45	Passeriformes	Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo matraquita	Nativa
46	Passeriformes	Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero negro	Nativa
47	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris	Nativa
48	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila californica*	Perlita californiana	Nativa
49	Passeriformes	Troglodytidae	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de rocas	Nativa
50	Passeriformes	Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared barranqueño	Nativa
51	Passeriformes	Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared común	Nativa
52	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del desierto	Nativa
53	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma cinereum*	Cuicacoche bajacaliforniano	Endémica
54	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle norteño	Nativa
55	Passeriformes	Turdidae	*Catharus guttatus*	Zorzal cola canela	Nativa
56	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	Nativa
57	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito dominico	Nativa
58	Passeriformes	Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	Nativa
59	Passeriformes	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequín	Nativa
60	Passeriformes	Passerellidae	*Calamospiza metanocorys*	Gorrión alas blancas	Nativa

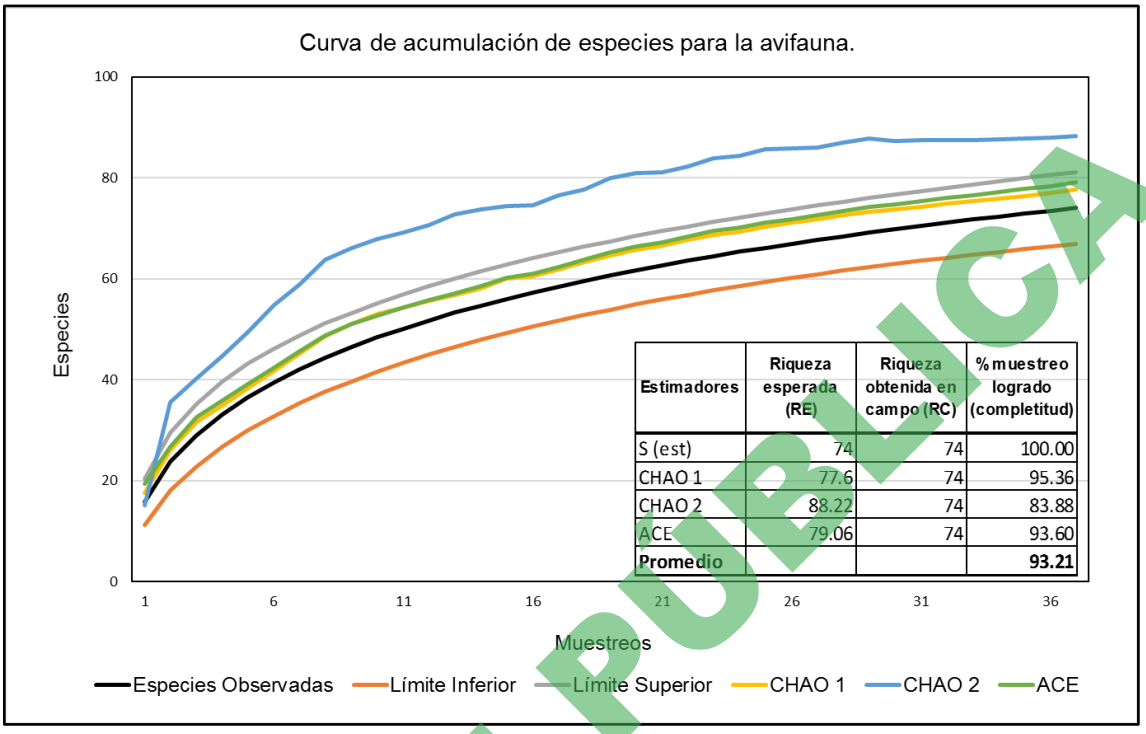
VERSIÓN PÚBLICA

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
61	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión cejas blancas	Nativa
62	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión barba negra	Nativa
63	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella breweri*	Gorrión de brewer	Nativa
64	Passeriformes	Passerellidae	*Zonotrichia leucophrys*	Gorrión corona blanca	Nativa
65	Passeriformes	Passerellidae	*Artemisiospiza belti*	Zacatonero californiano	Nativa
66	Passeriformes	Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión sabanero	Nativa
67	Passeriformes	Passerellidae	*Melozone crissatis*	Rascador californiano	Nativa
68	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador cola verde	Nativa
69	Passeriformes	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria dorso negro menor	Semiendémica
70	Passeriformes	Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe oliváceo	Nativa
71	Passeriformes	Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	Nativa
72	Passeriformes	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	Nativa
73	Passeriformes	Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo tigrillo	Semiendémica
74	Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina amoena*	Colorín pecho canela	Semiendémica

Curva de acumulación de especies

Con respecto a la comunidad de aves dentro de la microcuenca, de acuerdo con los indicadores no paramétricos calculados podemos observar como las 74 especies identificadas son suficientes para considerar que el muestreo es representativo estadísticamente; de acuerdo con los estimadores CHAO 1, CHAO 2 y ACE que nos dan un valor promedio de 93.21% **(Figura 4.28).**

VERSIÓN PÚBLICA



Estimadores	Riqueza esperada (RE)	Riqueza obtenida en campo (RC)	% muestreo logrado (completitud)
S (est)	74	74	100.00
CHAO 1	77.6	74	95.36
CHAO 2	88.22	74	83.88
ACE	79.06	74	93.60
Promedio			**93.21**

Figura 4.28. Curvas de acumulación y comparación con estimadores no paramétricos para avifauna.

En la curva de acumulación de especies para avifauna que se presenta a continuación en la **Figura 4.29** se observa que a partir del muestreo 25 se llega a la asíntota lo cual nos indica que los muestreos son representativos del ecosistema ya que a partir de este no se registraron nuevas especies. Respecto a este grupo la trayectoria de la curva de acumulación de especies representa que el grupo de avifauna es el de mayor riqueza especifica compuesto por especies poco abundantes o raras por lo que fue necesario aumentar el esfuerzo de muestreo para identificarlas.

VERSIÓN PÚBLICA

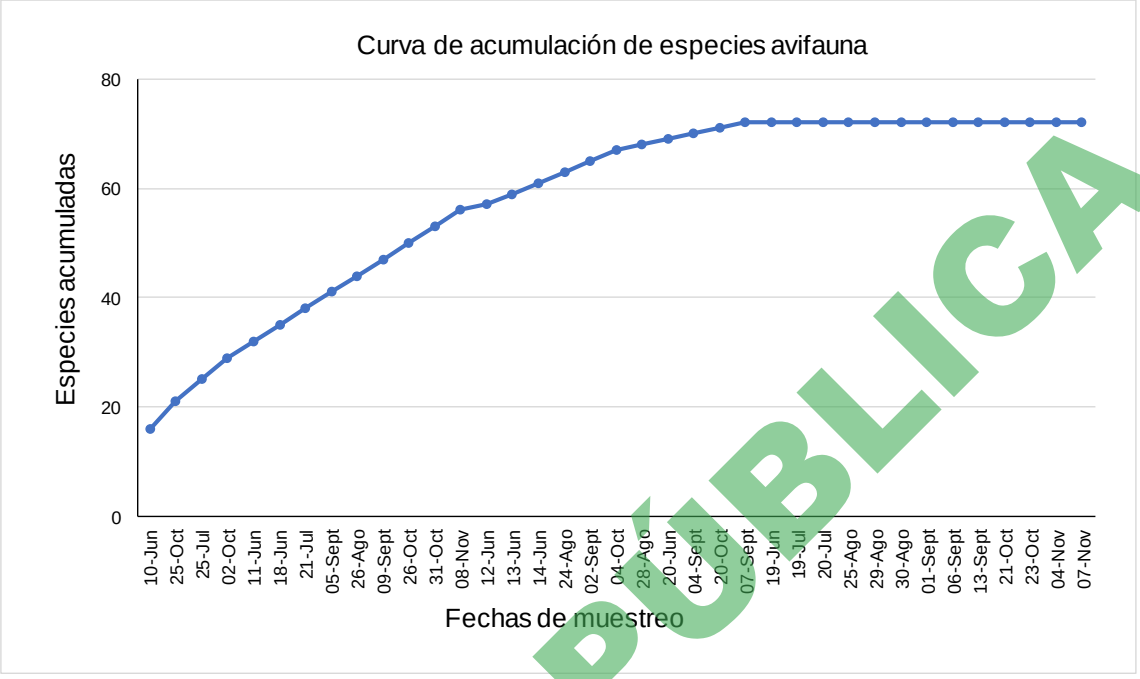


Figura 4.29. Curva de acumulación de especies para avifauna.

Riqueza y abundancia relativa

De acuerdo con los muestreos realizados en los transectos, se logró recopilar un total de 2,541 avistamientos de aves dentro de los sitios establecidos. En este panorama tenemos como especies más abundantes (n>100) a la paloma alas blancas *Zenaida asiatica* con un valor de Ar de 17.51 % que se encuentra como especie no común dentro de la categoría de Penttingill (10-30 %).

Por otro lado, el resto de las especies con una abundancua relativa menor al 10 % como la matraca del desierto *Campylorhynchus brunneicapillus* 7.28 %, el pinzón mexicano *Haemorhous mexicanus* 7.12%, el colibrí cabeza violeta *Calypte costae* 6.18 %, la perlita azul gris *Polioptiia caerulea* 5.90 %, el baloncillo *Auriparus flaviceps* 4.60 % y el papamoscas gris *Myiarchus cinerascens* 4.45 %. entrarían dentro de la categoría de especies raras (0-10 %) Penttingill (1969[51]) estas especies suman el 53% de los registros obtenidos **Tabla 4.26.**

[51] Pettingill, O. S. 1969. Ornithology in laboratory and field. Fourth edition. Burgess, Minneapolis, Minnesota, USA, 544 pp.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.26. Valores de abundancia y abundancia relativa de la avifauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
1	*Zenaida asiatica*	445	17.51
2	*Campylorhynchus brunneicapillus*	185	7.28
3	*Haemorhous mexicanus*	181	7.12
4	*Calypte costae*	157	6.18
5	*Polioptiia caerulea*	150	5.90
6	*Auriparus flaviceps*	117	4.60
7	*Myiarchus cinerascens*	113	4.45
8	*Spizelta breweri*	85	3.35
9	*Cardinalis cardinalis*	82	3.23
10	*Melozone crissalis*	78	3.07
11	*Melanerpes uropygialis*	76	2.99
12	*Cathartes aura*	62	2.44
13	*Dryobates scalaris*	60	2.36
14	*Zonotrichia leucophrys*	56	2.20
15	*Aphetocoma californica*	54	2.13
16	*Amphispiza bilineata*	50	1.97
17	*Callipepla californica*	42	1.65
18	*Spizella passerina*	41	1.61
19	*Chondestes grammacus*	39	1.53
20	*Corvus corax*	37	1.46
21	*Colaptes chrysoides*	34	1.34
22	*Toxostoma cinereum*	25	0.98
23	*Buteo jamaicensis*	22	0.87
24	*Mimus polyglottos*	20	0.79
25	*Calypte anna*	20	0.79
26	*Polioptila californica*	19	0.75
27	*Pipilo chlorurus*	18	0.71
28	*Leiothlypis celata*	18	0.71
29	*Basilinna xantusii*	16	0.63
30	*Parabuteo unicinctus*	15	0.59
31	*Falco sparverius*	13	0.51
32	*Spinus psaltria*	13	0.51
33	*Streptopelia decaocto*	12	0.47
34	*Tachycineta thalassina*	11	0.43

VERSIÓN PÚBLICA

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
35	*Tyrannus vociferans*	10	0.39
36	*Empidonax wrightii*	10	0.39
37	*Catherpes mexicanus*	9	0.35
38	*Spizella atrogularis*	9	0.35
39	*Salpinctes obsoletus*	8	0.31
40	*Chordeiles acutipennis*	8	0.31
41	*Columbina passerina*	8	0.31
42	*Calamospiza melanocorys*	8	0.31
43	*Bubo virginianus*	7	0.28
44	*Pheucticus melanocephalus*	7	0.28
45	*Tyrannus verticalis*	7	0.28
46	*Passerina amoena*	7	0.28
47	*Vireo bellii*	6	0.24
48	*Geococcyx californianus*	6	0.24
49	*Tringa flavipes*	6	0.24
50	*Hirundo rustica*	6	0.24
51	*Aeronautes saxatalis*	5	0.20
52	*Vireo vicinior*	5	0.20
53	*Calidris minutilla*	4	0.16
54	*Icterus cucullatus*	4	0.16
55	*Phainopepta nitens*	4	0.16
56	*Piranga ludoviciana*	4	0.16
57	*Zenaida macroura*	2	0.08
58	*Accipiter striatus*	2	0.08
59	*Butorides virescens*	2	0.08
60	*Tringa solitaria*	2	0.08
61	*Caracara plancus*	2	0.08
62	*Falco columbarius*	2	0.08
63	*Phalaenoptilus nuttallii*	2	0.08
64	*Ardea herodias*	2	0.08
65	*Lanius ludovicianus*	2	0.08
66	*Passerculus sandwichensis*	1	0.04
67	*Corthylio calendula*	1	0.04
68	*Progne subis*	1	0.04
69	*Artemisiospiza belli*	1	0.04
70	*Catharus guttatus*	1	0.04

VERSIÓN PÚBLICA

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
71	*Tyto alba*	1	0.04
72	*Troglodytes aedon*	1	0.04
73	*Sayornis saya*	1	0.04
74	*Víreo cassinii*	1	0.04
	Total	**2,541**	**100**

Estacionalidad

Analizando la estacionalidad de las especies, como es de esperarse se encontró un mayor número de residentes. Es decir, las especies que están presentes a lo largo del año, siendo un total de 45. Por otro lado, identificamos 25 especies migratorias que corresponden a especies que llegan a esta zona para pasar la temporada invernal. Respecto de las especies transitorias, que solo están de paso aprovechando recursos de la zona y posteriormente reanudan su viaje a tierras más cercanas al ecuador se reportaron tres. Finalmente, solo se reporta una especie migratoria de verano *Progne subis* que viajan a esta región para aprovechar los recursos disponibles para poder reproducirse, posteriormente regresan a su sitio de origen **(Figura 4.30).**

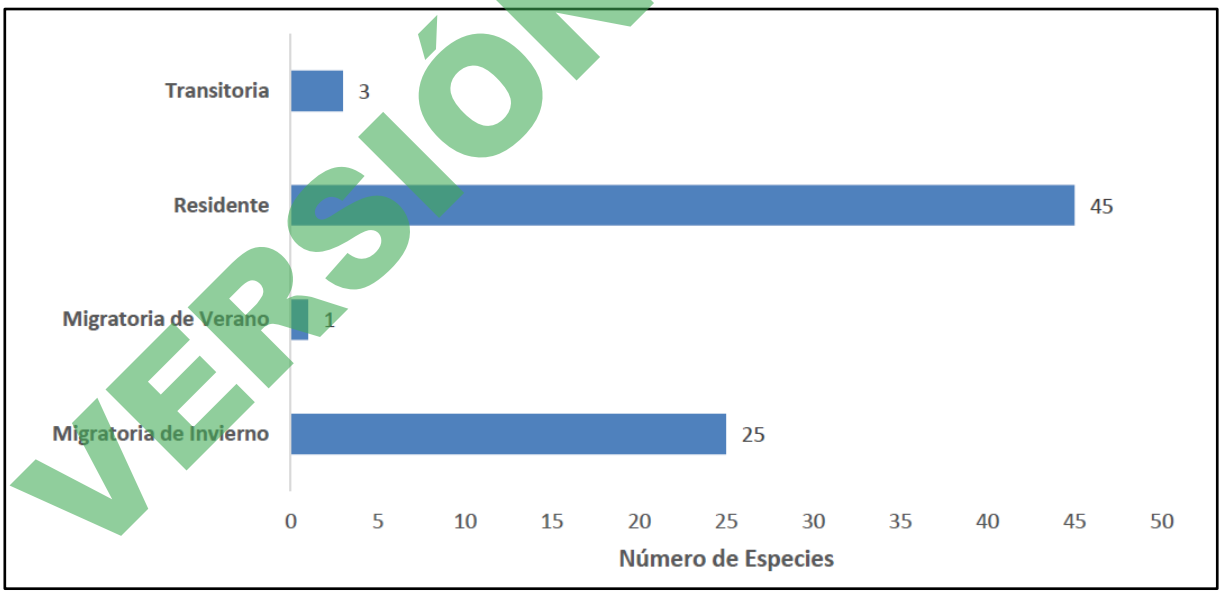


Figura 4.30. Estacionalidad de las especies de avifauna en la microcuenca portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Diversidad

Con los datos de abundancia relativa de las especies se obtuvo el índice de diversidad de Shannon-Wiener, (H' = 3.33) el cual indica una extraordinaria riqueza y equitatividad en la distribución de especies. Estos resultados reflejan un ecosistema con una amplia variedad de especies y una distribución uniforme de su abundancia, esta alta diversidad sugiere una gran estabilidad y resistencia a perturbaciones. **(Tabla 4.27).**

Este grupo faunístico es el de mayor riqueza de especies con 74 y también el más abundante con 2,541 registros. Siendo las especies más abundantes *Zenaida asiatica*, *Campylorhynchus brunneicapilus* y *Haemorhous mexicanus* con 445,185 y 181 individuos respectivamente. Mientras que, nueve especies cuentan con un solo individuo.

Tabla 4.27. Índice de diversidad Shannon y Wiener (H) para avifauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Zenaida asiática*	445	0.1751	-1.7422	-0.3051
2	*Campylorhynchus brunneicapillus*	185	0.0728	-2.6200	-0.1907
3	*Haemorhous mexicanus*	181	0.0712	-2.6418	-0.1882
4	*Calypte costae*	157	0.0618	-2.7841	-0.1720
5	*Polioptila caerulea*	150	0.0590	-2.8297	-0.1670
6	*Auriparus flaviceps*	117	0.0460	-3.0781	-0.1417
7	*Myiarchus cinerascens*	113	0.0445	-3.1129	-0.1384
8	*Spizella breweri*	85	0.0335	-3.3977	-0.1137
9	*Cardinalis cardinatis*	82	0.0323	-3.4336	-0.1108
10	*Melozone crissatis*	78	0.0307	-3.4836	-0.1069
11	*Melanerpes uropygialis*	76	0.0299	-3.5096	-0.1050
12	*Cathartes aura*	62	0.0244	-3.7132	-0.0906
13	*Dryobates scalaris*	60	0.0236	-3.7460	-0.0885
14	*Zonotrichia leucophrys*	56	0.0220	-3.8150	-0.0841
15	*Aphelocoma californica*	54	0.0213	-3.8513	-0.0818
16	*Amphispiza bilineata*	50	0.0197	-3.9283	-0.0773
17	*Callipepla californica*	42	0.0165	-4.1026	-0.0678
18	*Spizelta passerina*	41	0.0161	-4.1267	-0.0666
19	*Chondestes grammacus*	39	0.0153	-4.1768	-0.0641
20	*Corvus corax*	37	0.0146	-4.2294	-0.0616
21	*Colaptes chrysoides*	34	0.0134	-4.3140	-0.0577

VERSIÓN PÚBLICA

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
22	*Toxostoma cinereum*	25	0.0098	-4.6214	-0.0455
23	*Buteo jamaicensis*	22	0.0087	-4.7493	-0.0411
24	*Mimus polyglottos*	20	0.0079	-4.8446	-0.0381
25	*Calypte anna*	20	0.0079	-4.8446	-0.0381
26	*Polioptila californica*	19	0.0075	-4.8959	-0.0366
27	*Pipilo chlorurus*	18	0.0071	-4.9499	-0.0351
28	*Leiothlypis celata*	18	0.0071	-4.9499	-0.0351
29	*Basilinna xantusii*	16	0.0063	-5.0677	-0.0319
30	*Parabuteo unicinctus*	15	0.0059	-5.1323	-0.0303
31	*Falco sparverius*	13	0.0051	-5.2754	-0.0270
32	*Spinus psaltria*	13	0.0051	-5.2754	-0.0270
33	*Streptopelia decaocto*	12	0.0047	-5.3554	-0.0253
34	*Tachycineta thalassina*	11	0.0043	-5.4424	-0.0236
35	*Tyrannus vociferans*	10	0.0039	-5.5377	-0.0218
36	*Empidonax wrightii*	10	0.0039	-5.5377	-0.0218
37	*Catherpes mexicanus*	9	0.0035	-5.6431	-0.0200
38	*Spizella atrogularis*	9	0.0035	-5.6431	-0.0200
39	*Salpinctes obsoletus*	8	0.0031	-5.7609	-0.0181
40	*Chordeiles acutipennis*	8	0.0031	-5.7609	-0.0181
41	*Columbina passerina*	8	0.0031	-5.7609	-0.0181
42	*Calamospiza melanocorys*	8	0.0031	-5.7609	-0.0181
43	*Bubo virginianus*	7	0.0028	-5.8944	-0.0162
44	*Pheucticus melanocephalus*	7	0.0028	-5.8944	-0.0162
45	*Tyrannus verticalis*	7	0.0028	-5.8944	-0.0162
46	*Passerina amoena*	7	0.0028	-5.8944	-0.0162
47	*Vireo bellii*	6	0.0024	-6.0486	-0.0143
48	*Ceococcyx californianus*	6	0.0024	-6.0486	-0.0143
49	*Tringa flavipes*	6	0.0024	-6.0486	-0.0143
50	*Hirundo rustica*	6	0.0024	-6.0486	-0.0143
51	*Aeronautes saxatalis*	5	0.0020	-6.2309	-0.0123
52	*Vireo vicinior*	5	0.0020	-6.2309	-0.0123
53	*Calidris minutilla*	4	0.0016	-6.4540	-0.0102
54	*Icterus cucullatus*	4	0.0016	-6.4540	-0.0102
55	*Phainopepla nitens*	4	0.0016	-6.4540	-0.0102
56	*Piranga ludoviciana*	4	0.0016	-6.4540	-0.0102
57	*Zenaida macroura*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056

VERSIÓN PÚBLICA

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
58	*Accipiter striatus*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
59	*Butorides virescens*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
60	*Tringa solitaria*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
61	*Caracara plancus*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
62	*Falco columbarius*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
63	*Phalaenoptilus nuttallii*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
64	*Árdea herodias*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
65	*Lanius ludovicianus*	2	0.0008	-7.1472	-0.0056
66	*Passerculus sandwichensis*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
67	*Corthylio caléndula*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
68	*Progne subis*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
69	*Artemisiospiza belli*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
70	*Catharus guttatus*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
71	*Tyto alba*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
72	*Troglodytes aedon*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
73	*Sayornis saya*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
74	*Vireo cassinii*	1	0.0004	-7.8403	-0.0031
	Total	2541	Índice de Shannon-Wiener (H)		**3.3361**

Estado de conservación

De las especies observadas, 12 se encuentran dentro de alguna categoría de protección ya sea dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como en tratados internacionales. Dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 tenemos al gavilán pecho canela *Accipiter striatus* y al aguililla rojinegra *Parabuteo unicinctus* catalogadas como especies sujetas a Protección especial (Pr). De acuerdo con la Lista Roja de la IUCN, casi todas las especies están consideradas como Preocupación Menor (LC), sin embargo, el Verdugo americano *Lanius ludovicianus* se menciona como Casi Amenazada (NT). Finalmente, las tres especies de la familia Trochilidae, las seis especies de rapaces diurnas y dos nocturnas se encuentran en el Apéndice II de la CITES. En este apéndice van las especies que no están amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle su comercio **(Tabla 4.28).**

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.28. Especies registradas de avifauna catalogadas bajo algún estatus de conservación en la microcuenca portezuelo.

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	*Calypte anna*	Colibrí cabeza roja	-	LC	II
2	*Calypte costae*	Colibrí cabeza violeta	-	LC	II
3	*Basilinna xantusii*	Colibrí bajacaliforniano	-	LC	II
4	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho canela	Pr	LC	II
5	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	Pr	LC	II
6	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	-	LC	II
7	*Tyto alba*	Lechuza de campanario	-	LC	II
8	*Bubo virginianus*	Búho cornudo	-	LC	II
9	*Caracara plancus*	Caracara quebrantahuesos	-	LC	II
10	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	-	LC	II
11	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	-	LC	II
12	*Lanius ludovicianus*	Verdugo americano	-	NT	-

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.

[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022)

[3] II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

VERSIÓN PÚBLICA

Mastofauna

De inicio y a considerar como punto de partida, el resultado de la revisión bibliográfica de los trabajos realizados para la zona del Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes, B.C.S. se obtuvo una lista conformada por 29 especies pertenecientes a 5 órdenes y 15 familias, con distribución potencial en el área de estudio.

Mamíferos terrestres no voladores

Transectos en línea se establecieron seis sitios generales de muestreo con los siguientes nombres: Zona Norte, Plataforma 14, Microcuenca, Planicie Central, Desierto Sur y Matorral Oeste. En cada uno, el establecimiento de la ruta del transecto estuvo en función de la presencia de plataformas, cuencas y cambios de paisaje dependiendo de la altitud. Los sitios seleccionados permitieron una representación de los cuatro tipos de vegetación presentes: Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Sarcocaule, Matorral Sarco-Crasicaule y Vegetación Halófila-Xerófila **(Figura 4.31).**

La longitud de cada uno fue de 500 m durante 120 minutos (dos horas). El total de transectos establecidos corresponde a 35 **(Tabla 4.29).** Dado que cada recorrido fue realizado por dos técnicos de manera simultánea, se tiene un esfuerzo neto de muestreo de 140 horas. Ya que el esfuerzo de muestreo se expresa como el número de horas/hombre empleados para la búsqueda en cada una de las áreas. Los recorridos fueron tanto diurnos como nocturnos, para aumentar la probabilidad de registros.

Cada vez que el observador registra un individuo de la especie de interés, mide la distancia entre el animal y el observador (distancia radial), y el ángulo formado entre la distancia radial y el sendero. Con estas medidas además se puede calcular la distancia perpendicular desde el animal al transecto utilizando trigonometría Buckland et al, 2010[52]; Buckland et al, 2015[53]. De igual manera, se buscó evidencia asociada a la actividad de mamíferos que por su naturaleza son difíciles de detectar en el campo con otras técnicas Aranda, 2000[54]. Durante los recorridos se tomaron como registros a las excretas y huellas encontradas, las cuales fueron identificadas por medio de guías especializadas Aranda, 2000. A dichos rastros se les tomaron fotografías y medidas en campo. Asimismo, se georreferenció cada registro.

Tabla 4.29. Transectos establecidos para el monitoreo de mastofauna terrestre no voladora mediante rastros y observaciones en la microcuenca Portezuelo.

PERIODO	SITIO	ID	VEGETACIÓN	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
				X	Y	X	Y
Primera Campaña (Jun-Jul)	Zona Norte	ZN-TM01	Matorral Sarcocaule	345664	3046237	346058	3046265
		ZN-TM02		345910	3045996	345954	3046216
	Plataforma 14	PF14-TM01	Matorral Desértico Micrófilo	345534	3042969	345931	3043170
		PF14-TM02		345502	3043134	345908	3042859
	Microcuenca	MC-TM01		348097	3042841	347444	3042738
		MC-TM02		348344	3042542	347839	3042449
	Planicie Central	PC-TM01		348560	3039746	348701	3039187
		PC-TM02		348516	3039709	348494	3039713
	Desierto Sur	DS-TM01	Matorral Sarcocaule	349023	3032253	348505	3032293
		DS-TM02	Vegetación Halófila-Xerofila	349107	3032751	349579	3032799
		DS-TM03		349933	3033414	350213	3033943
	Plataforma 14	PF14-TM04	Matorral Desértico Micrófilo	345876	3043280	345362	3043234
		PF14-TM05		346126	3043169	346071	3042685

[52] Buckland, S.T., Plumptre, A.J., Thomas, L. & Rexstad, E.A. (2010) Design and analysis of line transect surveys for primates. International Journal of Primatology, 31, 833-847.
[53] Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Marques, T.A. & Oedekoven, C.S. (2015) Distance sampling: methods and applications, Springer, New York. 277 pp.
[54] Aranda, M. (2000). A7 Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México.

VERSIÓN PÚBLICA

PERIODO	SITIO	ID	VEGETACIÓN	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
				X	Y	X	Y
Segunda Campaña (Ago-Sep)	Microcuenca	MC-TM03	Matorral Sarcocaule	348568	3042598	348878	3042310
		MC-TM04	Matorral Desértico Micrófilo	347615	3042509	347084	3042431
	Planicie Central	PC-TM04		349276	3039231	349654	3038785
		PC-TM05		349280	3035557	347981	3036896
	Desierto Sur	HU-TM01	Halófila Xerófila	350540	3034001	350456	3033132
		DS-TM04	Matorral Sarcocaule	348938	3033475	348438	3033440
		DS-TM05		348023	3032696	347542	3032960
	Matorral Oeste	MO-TM01	Matorral Sarco-Casicaule	344257	3035487	344436	3036004
		MO-TM02		345637	3035350	345597	3034788
Tercera Campaña (Oct-Nov)	Zona Norte	ZN-TM01	Matorral Sarcocaule	345664	3046237	346058	3046265
		ZN-TM05		347623	3043999	347678	3044856
	Plataforma 14	PF14-TM01	Matorral Desértico Micrófilo	345534	3042969	345931	3043170
		PF14-TM04		345876	3043280	345362	3043234
		PF14-TM05		346126	3043169	346071	3042685
	Microcuenca	MC-TM03	Matorral Sarcocaule	348568	3042598	348878	3042310
	Planicie Central	PC-TM05	Matorral Desértico Micrófilo	349280	3035557	347981	3036896
		PC-TM06		349557	3037508	349316	3038331
		PC-TM07		349084	3038782	348099	3038495
	Desierto Sur	DS-TM05	Matorral Sarcocaule	348023	3032696	347542	3032960
		HU-TM01	Halófila-Xerofila	350540	3034001	350456	3033132
	Matorral Oeste	MO-TM03	Matorral Sarco-Casicaule	346345	3034962	345882	3035785
		MO-TM04		343471	3035521	343821	3035976

VERSIÓN PÚBLICA

Trampas Sherman

Para la captura de roedores se utilizaron trampas tipo "Sherman" distribuidas en seis sitios ubicadas en los diferentes tipos de vegetación presentes: se utilizaron 20 trampas en cada sitio, distribuidas en dos transectos, en cada línea se instalaron 10 trampas Sherman con una distancia entre cada una de 10 m **(Tabla 4.30).** La activación/revisión de las trampas se realizaron por la mañana y por la tarde se cebaron con una mezcla de avena y esencia de vainilla. A cada individuo capturado se le tomaron los datos biológicos de edad, sexo y condición reproductiva; así como las medidas somáticas de longitud total,

longitud de la cola, longitud de la pata derecha y longitud de la oreja y posteriormente se determinaron las especies mediante la clave de Ceballos y Arroyo-Cabrales 2013[55]; y la guía de Reid, 2009[56].

Las trampas permanecen activas de 07:00 pm a 06:00 am (11 horas). En total se tuvieron 58 zonas de trampeo. La permanencia de las trampas en cada zona fue de dos noches. Debido a la naturaleza del método únicamente se mantuvieron activas, de forma simultánea, de dos a tres zonas de trampeo. De esta forma se realizaron 101 noches de trampas activas. En la **Figura 4.31.** se muestra la ubicación de los transectos y sitios de trampeo.

Tabla 4.30. Transectos establecidos para la colocación de trampas Sherman para el muestreo de mastofauna no valodora en la microcuenca portezuelo.

PERIODO	SITIO	ID	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
			X	Y	X	Y
Primera Campaña (Jun-Jul)	Zona Norte	ZN-SH01	345849	3046091	345865	3046161
		ZN-SH02	345777	3046163	345810	3046087
		ZN-SH03	345910	3045996	345967	3046064
		ZN-SH04	345995	3046129	345954	3046216
	Plataforma 14	PF14-SH01	345610	3043066	345534	3043050
		PF14-SH02	345697	3043044	345649	3043061
		PF14-SH03	345703	3043034	345651	3043043
		PF14-SH04	345703	3043034	345651	3043043
	Microcuenca	MC-SH01	347935	3042845	348028	3042841
		MC-SH02	348247	3042518	348207	3042462
		MC-SH03	348247	3042548	348195	3042538
		MC-SH04	348244	3042527	348208	3042467
	Planicie Central	PC-SH01	348623	3039733	348603	3039781
		PC-SH02	348516	3039709	348494	3039713
		PC-SH03	348484	3039942	348458	3040031
		PC-SH04	348399	3039933	348395	3040040
	Desierto Sur	FV-SH01	348247	3042518	348207	3042462
		FV-SH02	349066	3032228	348993	3032245
		FV-SH03	349078	3032277	348937	3032323
		DS-SH01	349143	3032836	349248	3032881
		DS-SH02	349314	3032921	349412	2032904

[55] Ceballos, G., J. y Arroyo-Cabrales, J. (2013). Lista Actualizada de los mamíferos de México 2012. Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época), 2(1), 27-80.
[56] Reid, F. (2009). Mammals of Central America and Southeast Mexico. New York: Oxford University Press.

VERSIÓN PÚBLICA

PERIODO	SITIO	ID	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
			X	Y	X	Y
		DS-SH03	349614	3032807	349638	3032878
Segunda Campaña (Ago-Sep)	Zona Norte	ZN-SH05	346198	3045940	346252	3046046
		ZN-SH06	346359	3045726	346358	3045850
		ZN-SH07	346501	3045651	3045707	346582
		ZN-SH08	346644	3045660	346737	3045621
	Plataforma 14	PF14-SH07	345695	3042961	345601	3042987
		PF14-SH08	345814	3043075	345770	3042964
		PF14-SH09	345902	3043123	345861	3043041
	Microcuenca	MC-SH05	348054	3042683	347988	3042599
		MC-SH06	347873	3042630	347756	3042617
		MC-SH07	347997	3042428	347932	3042352
		MC-SH08	347872	3042369	347783	3042342
	Planicie Central	PC-SH05	349011	3039807	348951	3039707
		PC-SH06	348883	3039743	348928	3039863
		PC-SH07	348064	3036679	348074	3036520
		PC-SH08	347844	3036552	347931	3036714
		PC-SH09	348138	3036782	348313	3036779
		PC-SH1O	347965	3036927	347821	3037061
	Desierto Sur	DS-SH04	349717	3033015	349859	3033237
		HU-SH01	349717	3033015	349859	3033237
		FV-SH04	348784	3032340	348789	3032231
		FV-SH05	348902	3032319	348922	3032212
Tercera Campaña (Oct-Nov)	Zona Norte	ZN-SH09	347433	3044527	347402	3044494
		ZN-SH10	347734	3044799	347725	3044683
		ZN-SH11	345769	3046574	345692	3046427
	Plataforma 14	PF14-SH08	345929	3043167	345785	3043271
		PF14-SH09	345933	3043187	345723	3043134
	Microcuenca	MC-SH09	348377	3042554	348510	3042524
	Planicie Central	PC-SH11	349337	3035870	349480	3035983
		PC-SH12	349209	3037773	349329	3037959
		PC-SH13	348281	3038038	348041	3038196
	Desierto Sur	DS-SH04	349131	3033460	349131	3033460
		DS-SH05	349131	3033460	348938	3033561
		DS-SH06	349631	3034805	349970	3034767
		DS-HU02	349986	3034438	350236	3034168

VERSIÓN PÚBLICA

PERIODO	SITIO	ID	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
			X	Y	X	Y
	Matorral Oeste	MO-SH01	345515	3035044	345855	3034989
		MO-SH02	343457	3035509	343644	3035674
		MO-SH03	344326	3035431	344280	3035668

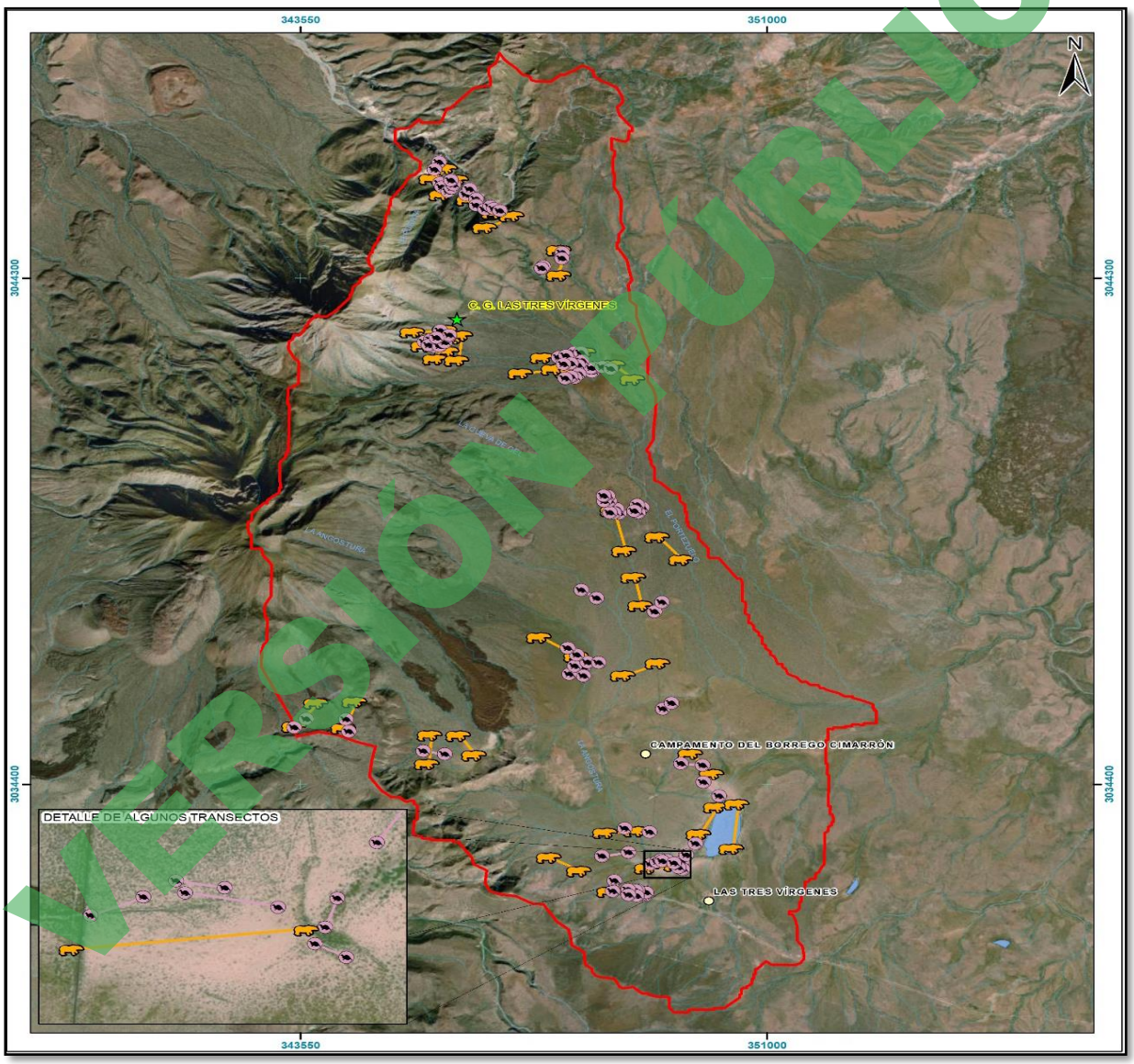


Figura 4.31. Ubicación de los transectos y trampas Sherman para el monitoreo de la mastofauna en la microcuenca Portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Cámaras trampa

Se utilizaron cámaras marca Dilwe 1080P 20MP Trail Camera. Estas se programaron para funcionar las 24 horas. Una vez que el sensor de la cámara detecta movimiento procede a tomar una serie de fotografías y un video 30 segundos de duración.

A cada cámara se le asignó un número de identificación y al colocarla se registraron los siguientes datos: fecha de instalación, coordenadas de ubicación, vegetación presente y nombre clave del sitio.

Se establecieron seis sitios generales de muestreo identificándolos con los siguientes nombres: Zona Norte, Plataforma 14, Microcuenca, Planicie Central, Desierto Sur y Matorral Oeste. En cada uno, se buscaron veredas o senderos naturales con indicios de paso frecuente de fauna silvestre como huellas, rascaderas y/o excretas CONANP, 2012[57].

Las ubicaciones seleccionadas para montar cada trampa se denominaron estaciones de fototrampeo **(Figura 4.32).** Una vez que fue establecida, cada estación fue visitada continuamente para evaluar el estado de la cámara, revisar/cambiar baterías y revisar/cambiar las tarjetas de memoria. El total de estaciones de fototrampeo establecidas corresponde a 10. Los días en que opero cada estación de fototrampeo fueron variables, oscilando entre 26 y 112. El esfuerzo neto total corresponde a 1,010 días/cámara **(Tabla 4.31).**

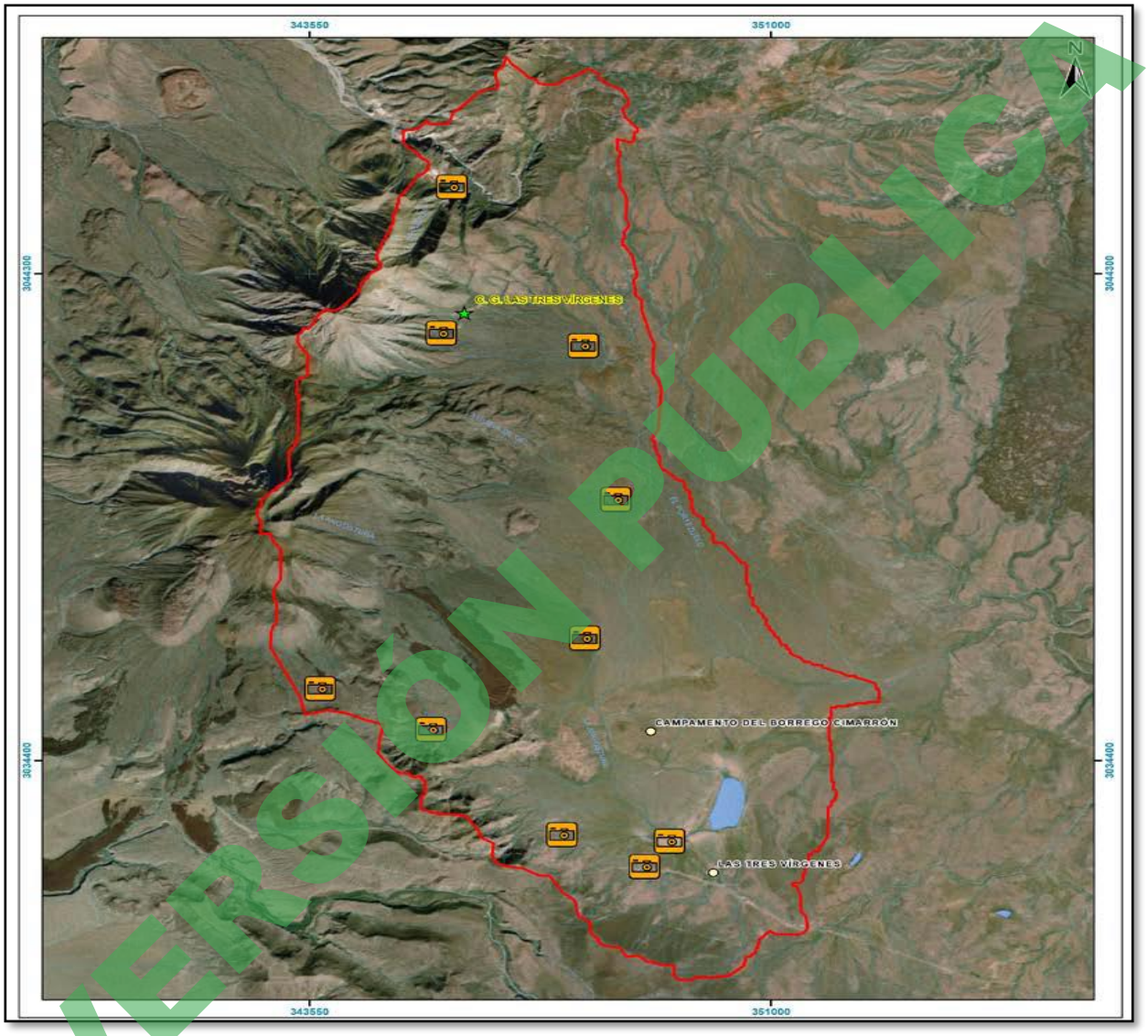
Tabla 4.31. Ubicación de las cámaras trampa dentro en la microcuenca portezuelo.

Sitio	Vegetación	Fecha de colocación	Cámara ID	Coordenadas		Días activa
				X	Y	
Zona Norte	Matorral Sarcocaule	25/07/23	CT_ZN01	345846	3046061	112
Microcuenca	Matorral Desértico Microfilo	09/06/23	CT_MC01	347564	3032912	158
Plataforma 14	Matorral Desértico Microfilo	09/06/23	CT_PF1401	345667	3043082	158
Planicie Central	Matorral Desértico Microfilo	21/07/23	CT_PC01	347963	3042839	116
Planicie Central	Matorral Desértico Microfilo	21/07/23	CT_PC02*	347990	3036889	116
Desierto Sur	Matorral Sarcocaule	18/06/23	CT_DS01	348494	3039713	149
Desierto Sur	Matorral Sarcocaule	18/06/23	CT_DS02*	347624	3032894	149
Matorral Oeste	Matorral Sarco-craciaule	20/10/23	CT_MO01	343711	3035689	26
Matorral Oeste	Matorral Sarco-craciaule	20/10/23	CT_MO01	344318	3035483	26

[57] CONANP, 2014. Sistema de Alta Resolución – Monitoreo de Diversidad: Ecosistemas en Áreas Naturales Protegidas.

VERSIÓN PÚBLICA

* Trampa reubicada



VERSIÓN PÚBLICA

Figura 4.32. Ubicación de las estaciones de fototrampeo para fauna en la microcuenca portezuelo.

Resultados de campaña de monitoreo

Como resultado del monitoreo general de la mastofauna (tanto mamíferos terrestres voladores como no voladores) se registraron un total de 34 especies. Estas tienen una representatividad taxonómica de 14

familias que conforman cinco órdenes, siendo que tanto los murciélagos Chiroptera como los roedores Rodentia fueron los que presentaron mayor riqueza con 15 y 10 especies respectivamente. Para su análisis y descripción se separaron a los murciélagos del resto de los mamíferos, debido a que su metodología de muestreo es muy específica. **(Tabla 4.32).**

Tabla 4.32. Listado de especies de mastofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
1	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	Nativa
2	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	Nativa
3	Rodentia	Sciuridae	*Ammospermophilus leucurus*	Juancito	Nativa
4	Rodentia	Sciuridae	*Otospermophilus beecheyi*	Ardillón de Baja California	Nativa
5	Rodentia	Heteromydae	*Dipodomys merriami*	Rata canguro de Merriam	Nativa
6	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus arenarius*	Ratón de abazones arenero	Endémica
7	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus fallax*	Ratón de abazones de San Diego	Nativa
8	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus rudinoris*	Ratón de abazones de B. C.	Nativa
9	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus spinatus*	Ratón de abazones de B. C.	Nativa
10	Rodentia	Cricetidae	*Neotoma lepida*	Rata cambalachera del desierto	Nativa
11	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus eremicus*	Ratón de cactus	Nativa
12	Rodentia	Soricomorpha	*Notiosorex crawfordi*	Musaraña desértica norteña	Nativa
13	Carnivora	Felidae	*Lynx rufus*	Lince americano	Nativa
14	Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	Puma	Nativa
15	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Nativa
16	Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	Nativa
17	Carnivora	Canidae	*Vulpes macrotis*	Zorrita del desierto	Nativa
18	Carnivora	Mephitidae	*Spilogale gracilis*	Zorrillo manchado occidental	Nativa
19	Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	Nativa
20	Chiroptera	Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa
21	Chiroptera	Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago barba arrugada	Nativa
22	Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops femorosaccus*	Murciélago cola suelta de bolsa	Nativa
23	Chiroptera	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta mexicano	Nativa
24	Chiroptera	Natalidae	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	Nativa
25	Chiroptera	Vespertilionidae	*Antrozous pallidus*	Murciélago desértico norteño	Nativa
26	Chiroptera	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago norteamericano	Nativa
27	Chiroptera	Vespertilionidae	*Lasiurus blossevilli*	Murciélago cola peluda de blossevíl	Nativa
28	Chiroptera	Vespertilionidae	*Lasiurus xanthinus*	Murciélago amarillo del oeste	Nativa

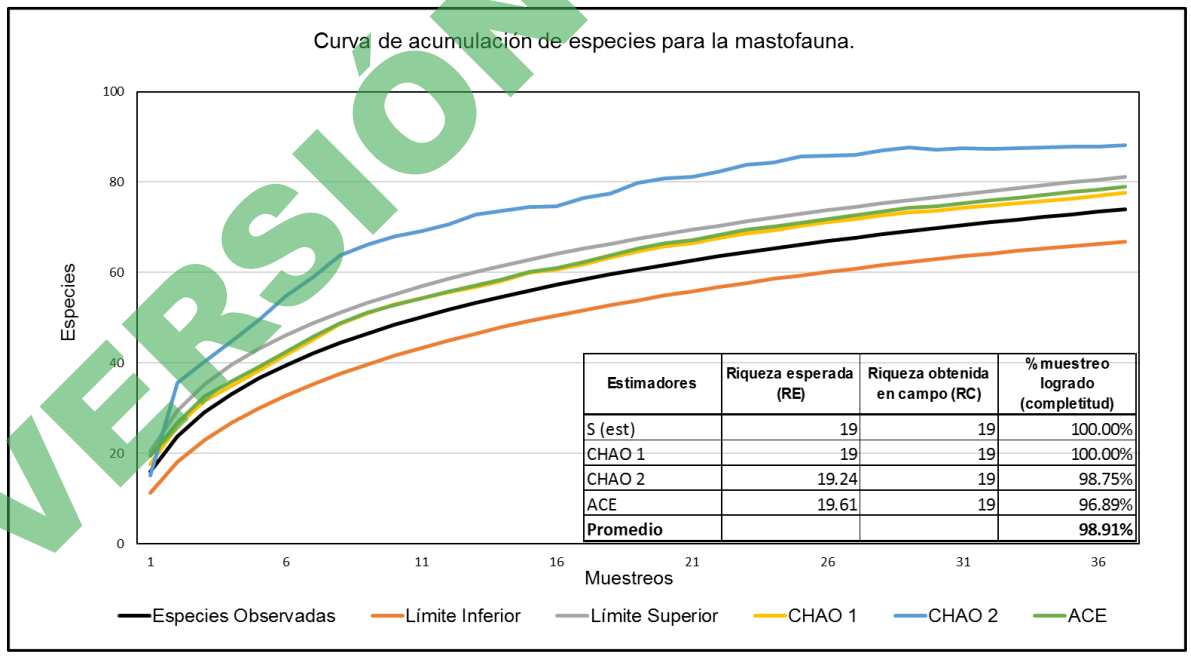
VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.32. Listado de especies de mastofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
29	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis californicus*	Murciélago ratón de California	Nativa
30	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis evotis*	Murciélago oreja larga	Nativa
31	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis thysanodes*	Míotís bordado	Nativa
32	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis volans*	Míotís pata larga	Nativa
33	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Myotis de Yuma	Nativa
34	Chiroptera	Vespertilionidae	*Parastreltus hesperus*	Murciélago de cañón	Nativa

Curva de acumulación de especies

Para el monitoreo realizado en torno a mamíferos terrestres no voladores se obtuvieron registros de 19 especies presentes en el área de influencia. Al comparar la riqueza obtenida con los estimadores paramétricos de Chao 1, y ACE se observan cifras estimadas bastante próximas a lo obtenido e incluso el estimador Chao 2 para presencia y ausencia se acerca bastante a las especies registradas (**Figura 4.33**).



Estimadores	Riqueza esperada (RE)	Riqueza obtenida en campo (RC)	% muestreo logrado (completitud)
S (est)	19	19	100.00%
CHAO 1	19	19	100.00%
CHAO 2	19.24	19	98.75%
ACE	19.61	19	96.89%
Promedio			**98.91%**

Figura 4.33. Curvas de acumulación y comparación con estimadores no paramétricos para mastofauna.

VERSIÓN PÚBLICA

Para el grupo de mastofauna que se presenta en la **Figura 4.34** donde se realizaron 43 muestreos alcanzándose la acumulación máxima de especies a partir del muestreo 12, indicándonos que las especies que conforman este grupo son abundantes.

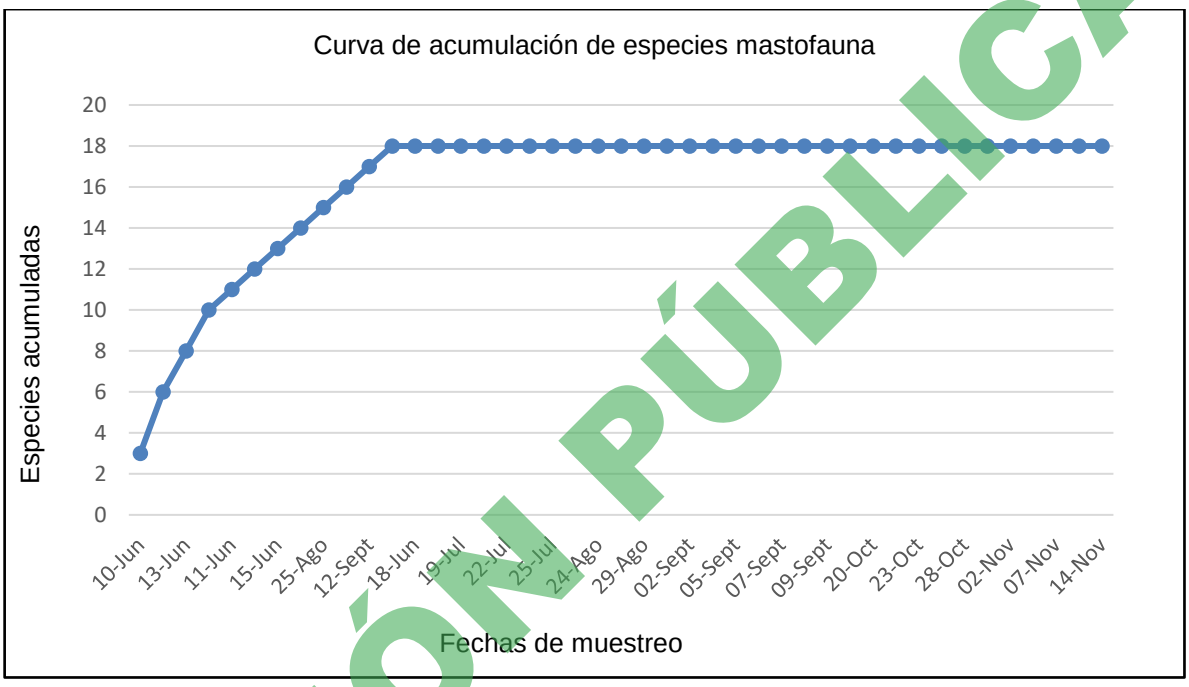


Figura 4.34. Curva de acumulación de especies para mastofauna.

Riqueza y abundancia relativa

Se obtuvieron un total de 438 registros, siendo los ratones del género Chaetodipus las más abundantes. Estas son: *Chaetodipus spinatus* 18.49%, *Chaetodipus rudinoris* 14.16% y *Chaetodipus arenarius* 13.93%; dentro de las categorías propuestas por Penttingill, 1969 se catalogarían como no comunes (10 - 30%) y conjuntamente conforman casi la mitad de los registros totales, sumando el 46.58% de la abundancia relativa de las especies registradas. Las demás especies muestreadas se catalogarían en la escala anteriormente mencionada como raras (I - 9.9%) **Tabla 4.33.**

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.33. Valores de abundancia y abundancia relativa de la mastofauna registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
1	*Chaetodipus spinatus*	81	18.49
2	*Chaetodipus rudinoris*	62	14.16
3	*Chaetodipus arenarius*	61	13.93
4	*Ammospermophilus leucurus*	43	9.82
5	*Peromyscus eremicus*	34	7.76
6	*Lepus califomicus*	29	6.62
7	*Urocyon cinereoargenteus*	27	6.16
8	*Odocoileus hemionus*	26	5.94
9	*Dipodomys merriami*	19	4.34
10	*Neotoma lepida*	18	4.11
11	*Sylvilagus audubonii*	10	2.28
12	*Canis latrans*	9	2.05
13	*Vulpes macrotis*	5	1.14
14	*Otospermophilus beecheyi*	4	0.91
15	*Chaetodipus fallax*	3	0.68
16	*Spilogale gracilis*	2	0.46
17	*Lynx rufus*	2	0.46
18	*Puma concolor*	2	0.46
19	*Notiosorex crawfordi*	1	0.23
	Total	**438**	**100**

Diversidad

El valor de la diversidad obtenida a partir del índice de Shannon-Wiener obtenido para este sitio (H' = 2.45) indica una diversidad moderada de especies y una distribución relativamente equitativa de su abundancia. Estos resultados sugieren que el ecosistema alberga una variedad considerable de especies, aunque algunas pueden ser más abundantes que otras. (**Tabla 4.34)**

Este es el grupo más numeroso de acuerdo con los muestreos realizados, dentro de este grupo se determinaron 438 individuos 19 especies. Las especies más abundantes son: *Chaetodipus spinatus* (ratón de abazones de BC.) con 81, *Chaetodipus rudinoris* (ratón de abazones) con 62, *Chaetodipus arenarius* (ratón de abazones arenero) con 61 y *Ammospermophilus leucurus* (juancito) con 43 individuos

VERSIÓN PÚBLICA

respectivamente, existen tres especies donde solamente se registraron dos individuos, estas son: *Spilogale gracilis* (zorrillo manchado occidental), *Lynx rufus* (lince americano) y *Puma concolor* (puma) mientras que *Notiosorex crawfordi* (musaraña desertica norteña) solo se registró en una ocasión.

Tabla 4.34. Índice de diversidad Shannon y Wiener (H') para mastofauna terrestre no voladora registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Chaetodipus spinatus*	81	0.1849	-1.6878	-0.3121
2	*Chaetodipus rudinoris*	62	0.1416	-1.9551	-0.2767
3	*Chaetodipus arenarius*	61	0.1393	-1.9713	-0.2745
4	*Ammospermophilus leucurus*	43	0.0982	-2.3210	-0.2279
5	*Peromyscus eremicus*	34	0.0776	-2.5559	-0.1984
6	*Lepus califomicus*	29	0.0662	-2.7149	-0.1798
7	*Urocyon cinereoargenteus*	27	0.0616	-2.7864	-0.1718
8	*Odocoileus hemionus*	26	0.0594	-2.8241	-0.1676
9	*Dipodomys merriami*	19	0.0434	-3.1378	-0.1361
10	*Neotoma lepida*	18	0.0411	-3.1918	-0.1312
11	*Sylvilagus audubonii*	10	0.0228	-3.7796	-0.0863
12	*Canis latrans*	9	0.0205	-3.8850	-0.0798
13	*Vulpes macrotis*	5	0.0114	-4.4728	-0.0511
14	*Otospermophilus beecheyi*	4	0.0091	-4.6959	-0.0429
15	*Chaetodipus fallax*	3	0.0068	-4.9836	-0.0341
16	*Spilogale gracilis*	2	0.0046	-5.3891	-0.0246
17	*Lynx rufus*	2	0.0046	-5.3891	-0.0246
18	*Puma concolor*	2	0.0046	-5.3891	-0.0246
19	*Notiosorex crawfordi*	1	0.0023	-6.0822	-0.0139
	Total	**438**	**Índice de Shannon-Wiener (H')**		**2.4580**

VERSIÓN PÚBLICA

Estado de conservación

De las 19 especies que se registraron, únicamente dos especies aparecen con algún estatus de conservación, *Vulpes macrotis* (Zorrita del desierto) Amenazada y *Puma concolor* dentro de los Apéndices II de la CITES, en donde se encuentran especies que no están amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle su comercio (**Tabla 4.35**).

Tabla 4.35. Especies registradas de mastofauna terrestre catalogadas bajo algún estatus de conservación en la microcuenca portezuelo.

No.	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	*Puma concolor*	Puma	-	LC	II
2	*Vulpes macrotis*	Zorrita del desierto	A	LC	-

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.

[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022)

[3] II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

Mamíferos terrestres voladores

Método acústico activo, el principio de este método parte de que, al grabar los llamados de ecolocación de los murciélagos y analizarlos es posible identificar la especie que emitió el ultrasonido (O'Farrell y annon, 1999[58]; MacSwiney *et al*., 2008[59]; Kalko *et al*., 2008[60]; Pech-Canche *et al*., 2011[61]; Zamora-Gutierrez *et al*., 2016[62]).

Se desarrolló mediante transectos a pie por los caminos principales del campo. Con ello se logró cubrir un área de muestreo mayor y, por ende, se obtuvo una mejor representatividad de las especies de murciélagos en el área de estudio.

Las grabaciones iniciaron con la puesta astronómica del sol, cubriendo un periodo de 90 minutos totales a partir de esta. Con lo anterior se buscó incluir el primer pico de mayor actividad de murciélagos (Hayes,

[58] 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(1), 24–30.

[59] MacSwiney, M. C., F. M. Clarke y P. A. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. Journal of Applied Ecology 45:1364-1371.

[60] Kalko E. K. V., S. Estrada-Villegas, M. S. M. Wegmann y C. F. J. Meyer. 2008. Flying high: assessing the use of the aerosphere by bats. Integrative and Comparative Biology Advance Access (1): 1–14.

[61] Pech-Canche, J. M., E. Estrella, D. L. López-Castillo, S. F. Hernández-Betancourt y C. E. Moreno. 2011. Complementarity and efficiency of bat capture methods in a lowland tropical dry forest of Yucatan, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad. 82: 896-903.

[62] Zamora-Gutierrez, V, C. Lopez-Gonzalez, C. MacSwiney-Gonzalez, B. Fenton, G. Jones, E. Kalko, S. Puechmaille, V. Stathopoulos y K. Jones. 2016. Acoustic identification of Mexican bats based on taxonomic and ecological constraints on call design. Methods in Ecology and Evolution.

VERSIÓN PÚBLICA

1997[63]). Se llevaron a cabo mediante un detector ultrasónico Pettersson M500-384 y empleando expansión en tiempo real (RTE).

Se establecieron cuatro sitios para realizar transectos de grabación (**Tabla 4.36 y Figura 4.35**), los cuales se visitaron un total de cinco veces cada uno. En total se realizaron 20 noches de grabación teniendo un esfuerzo de muestreo final calculado de 30 horas.

Tabla 4.36. Ubicación geográfica de los transectos para grabación ultra acústica de la mastofauna terrestre voladora (quirópteros) dentro de la microcuenca portezuelo.

SITIO	EVENTOS DE MUESTREO	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN	
		X	Y	X	Y
AA01 (Microcuenca)	5	345972	3043181	348728	3042480
AA02 (Plataforma 14)	5	348835	3040890	349283	3035880
AA03 (Entrada a Porto)	5	349251	3034977	349071	3032151
AA04 (Zona Norte)	5	345888	3045968	347596	3044081

VERSIÓN PÚBLICA

[63] Hayes, J. (1997). Temporal variation in activity of bats and the design of echolocationmonitoring studies. Journal of Mammalogy, 78(2), 514–524.

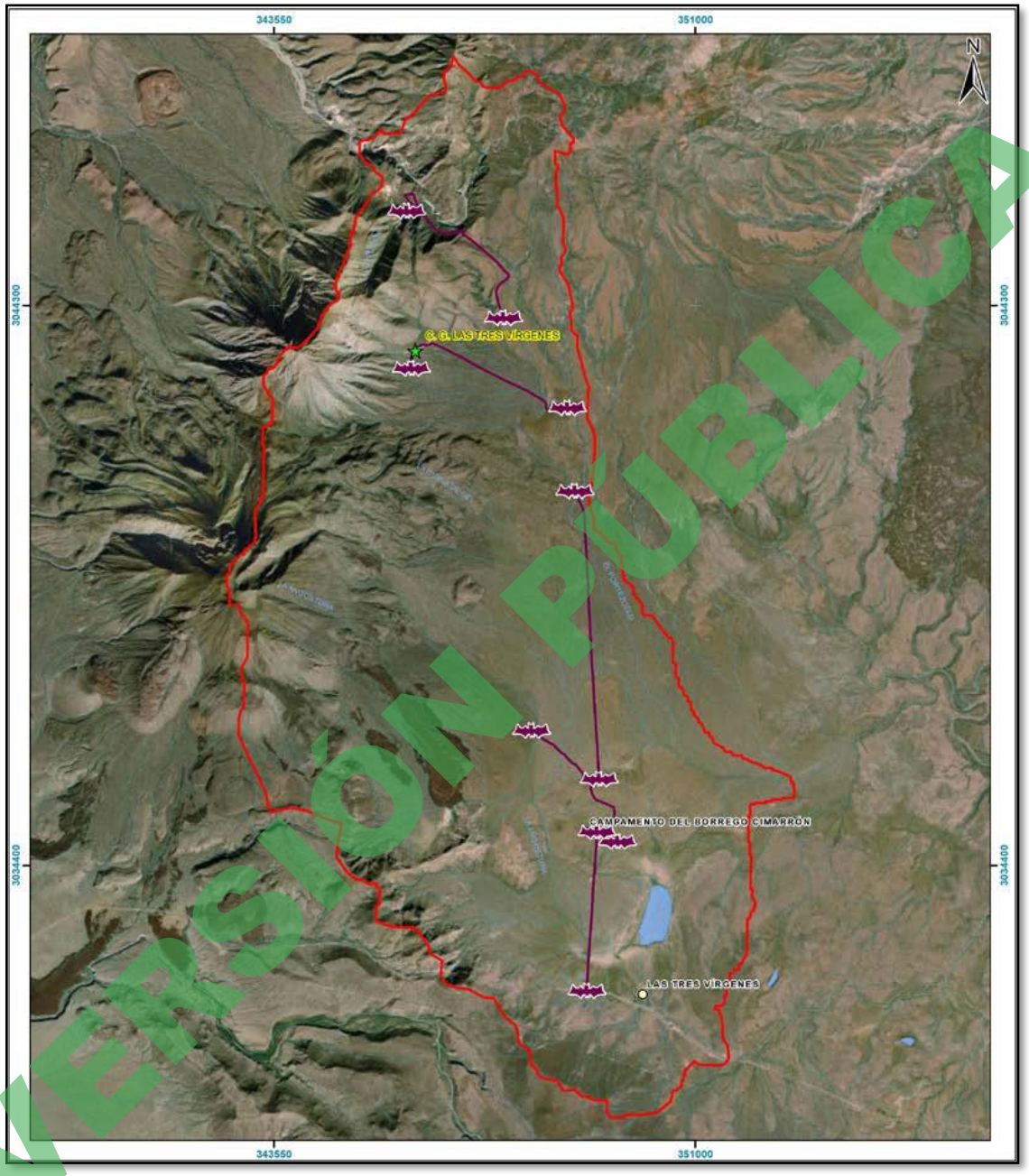


Figura 4.35. Distribución de los transectos para grabación ultra acústica de la mastofauna terrestre voladora (quirópteros) dentro de la microcuenca portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Identificación de especies

Cada especie de murciélago posee hábitos de forrajeo y dietas diferentes para evitar la competencia con sus congéneres, su sistema de ecolocalización también es diferente, por lo que se ha utilizado como una buena herramienta para la identificación de especies (O'Farrell et al, 1999; Simmons et al, 1979[64]). Con base en lo antes dicho, del total de los archivos de audio detectados, se realizó una selección de aquellos que presentaron secuencias de ecolocalización de murciélagos. Para la métrica de los parámetros cualitativos se utilizaron aquellas secuencias de llamados que presentaron más de tres pulsos de ecolocalización en fase de búsqueda, discriminando aquellos archivos fragmentados y contaminados con ruido, ya que esto limita la medición de parámetros y la posterior identificación de la especie.

El análisis de los archivos efectivos para el registro de murciélagos se realizó con el software BatSound 3.31 con el cual se registraron características cuantitativas (Frecuencia inicial FI; frecuencia final FF; intervalo entre pulsos Int; y duración del pulso D), de los pulsos en fase de búsqueda **(Figura 4.36).** Los valores obtenidos fueron comparados con una sonoteca previamente elaborada con literatura especializada, presentando los parámetros de ecolocación de las especies potenciales de la zona.

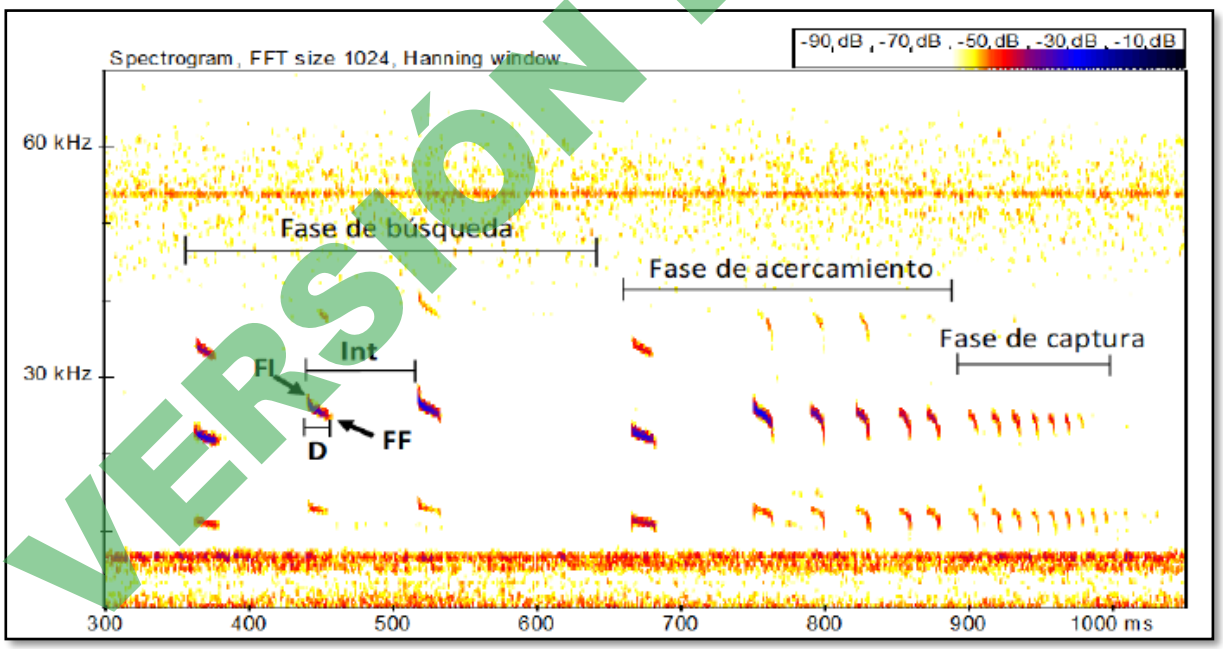


Figura 4.36. Sonograma de una secuencia de ecolocalización de *Molossus* sp. Se indica FI=frecuencia inicial, FF=frecuencia final y D=duración de un pulso, así como Int=intervalo.

[64] Simmons, J. A., Fenton, M. B., & O'Farrell, M. J. (1979). Echolocation and pursuit of prey by bats. Science, 203(4375), 16-21

VERSIÓN PÚBLICA

A partir de la identificación de las especies, se obtuvo la riqueza y composición de acuerdo con el sitio de grabación donde se realizó el registro. Asimismo, con base en el análisis de las secuencias se registraron los tipos de pulsos emitidos en fase de búsqueda, acercamiento y captura para determinar aquellas zonas que están siendo utilizadas para la alimentación.

Resultados de campaña de monitoreo

Para el registro de murciélagos en la microcuenca portezuelo, se realizaron transectos de acústico activo para el registro de las especies insectívoras que sobrevuelan tanto el área del proyecto como de la microcuenca. De esta manera, se realizaron cinco muestreos en transectos distribuidos sobre caminos que se encuentran inmersos dentro del área del proyecto y la microcuenca. Para cada transecto se realizó un período de grabación ultra-acústica con una duración de tiempo de hora y media (90 min), sumando un total de 1,800 minutos de grabación. Resultando 1,346 archivos totales de los cuales 441 presentaron secuencias de ecolocación de murciélagos (**Tabla 4.37).**

Tabla 4.37. Transectos realizados con el método acústico activo durante el muestreo de mamíferos terrestres voladores en la microcuenca portezuelo.

SITIO	EVENTOS DE MUESTREO	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN		ARCHIVOS TOTALES	ARCHIVOS EFECTIVOS	DURACIÓN (MIN)
		X	Y	X	Y			
AA01 (Microcuenca)	5	345972	3043181	348728	3042480	517	177	450
AA02 (Plataforma 14)	5	348835	3040890	349283	3035880	414	138	450
AA03 (Entrada a Porto)	5	349251	3034977	349071	3032151	256	73	450
AA04 (Zona Norte)	5	345888	3045968	347596	3044081	159	53	450
					Total	1,346	441	1,800

Curva de acumulación de especies

Se realizó una curva de rarefacción para verificar el esfuerzo de muestreo realizado, también se obtuvo el estimador de riqueza Chao 1 para comparar la riqueza observada. De acuerdo con estos análisis, la curva de especies observadas y la estimada muestran una tendencia asintótica, por lo que se puede considerar a los muéstreos realizados como suficientes para registrar el mayor número de especies posibles.

El estimador Chao 1 presentó un valor de 16.5 especies esperadas, obteniéndose 97% de representatividad por parte de riqueza observada o registrada en campo, sumado a que el valor obtenido

VERSIÓN PÚBLICA

se encuentra dentro de los intervalos de confianza, por lo que su representatividad se considera significativa (**Figura 4.37).**

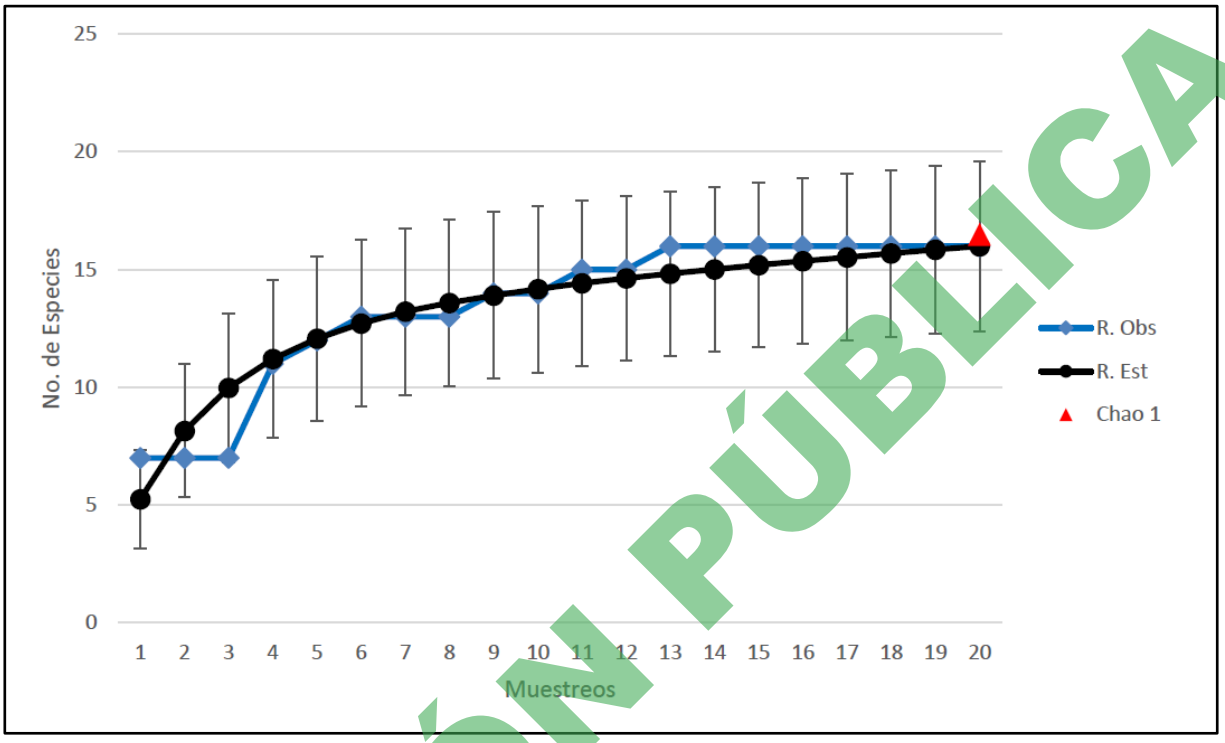


Figura 4.37. Curva de acumulación de especies registradas en el monitoreo acústico activo en la microcuenca portezuelo. Las barras indican los intervalos de confianza al 95%.

VERSIÓN PÚBLICA

Riqueza de especies

Se registraron 437 secuencias de ecolocación pertenecientes a 15 especies de cinco familias. De las cuales, la familia Vespertilionidae fue la que mayor número de especies presentó con diez, secundada por las familias Molossidae y Phyllostomidae con dos especies cada una, mientras que Mormoopidae y Natalidae solo estuvieron representadas por una especie.

Todas las especies pudieron ser identificadas a nivel específico, salvo una secuencia perteneciente a la familia Phyllostomidae. La cual, no pudo ser identificada por tener pulsos indefinidos, ya que la ecolocación de las especies de esta familia no es muy sofisticada. Las especies con mayor ocurrencia fueron el pipistrelo del oeste *Parastrellus hesperus* con 144 secuencias, seguido del murciélago pálido *Antrozous pallidus* con 57 secuencias registradas, muy de cerca estuvo el murciélago guanero *Tadarida*

brasiliensis con 56 secuencias, el murciélago cola suelta *Nyctinomops femorosaccus* presentó 39 secuencias, seguido del murciélago marrón norteamericano *Eptesicus fuscus* y el murciélago amarillo del oeste *Lasiurus xanthinus* con 38 y 36 secuencias respectivamente.

Otras especies con un número considerable de registros fueron el murciélago rojo del oeste *Lasiurus blossevilli* y el murciélago de California *Myotis californicus* que presentaron 17 y 15 secuencias, el resto de las especies no obtuvo más de 10 registros. En la comparación de registros por sitio, el sitio AA01 que pertenece a la plataforma 14 fue el sitio con mayor actividad, seguido del AA02 que se encuentra en la Planicie central, los sitios restantes presentaron menos registros (**Tabla 4.38**).

Tabla 4.38. Riqueza de especies de quirópteros registradas mediante los acústicos activos por sitio de muestreo para la microcuenca portezuelo.

Familia	No.	Especie	Transectos				Total, general
			AA01	AA02	AA03	AA04	
Molossidae	1	*Nyctinomops femorosaccus*	28	5	6	0	**39**
	2	*Tadarida brasiliensis*	30	11	7	8	**56**
Mormoopidae	3	*Mormoops megalophylla*	2	2	3	1	**8**
Natalidae	4	*Natalus mexicanus*	1	0	0	0	**1**
Phyllostomidae	5	*Macrotus californicus*	5	0	0	0	**5**
Vespertilionidae	6	*Antrozous pallidus*	18	9	19	11	**57**
	7	*Eptesicus fuscus*	22	8	5	3	**38**
	8	*Lasiurus blossevilli*	6	3	4	4	**17**
	9	*Lasiurus xanthinus*	12	21	2	1	**36**
	10	*Myotis californicus*	2	9	2	2	**15**
	11	*Myotis evotis*	4	1	1	1	**7**
	12	*Myotis thysanodes*	2	0	0	0	**2**
	13	*Myotis volans*	0	3	1	1	**5**
	14	*Myotis yumanensis*	1	1	2	3	**7**
	15	*Parastrellus hesperus*	41	64	21	18	**144**
		Total	**174**	**137**	**73**	**53**	**437**

VERSIÓN PÚBLICA

Uso de habitat

El uso de habitat se determinó basándose en el comportamiento de forrajeo de las especies de murciélagos registrados durante las grabaciones de acústicos activos. Se revisaron los tipos de pulsos en cada secuencia, los cuales pueden ser de búsqueda, acercamiento y captura.

Resaltando que en una secuencia donde se registran los tres tipos de pulsos indica un evento de captura, donde podría tratarse de un murciélago alimentándose en el área y esto podría indicar que en el sitio se encuentran recursos alimenticios incluidos de su dieta. Durante los muestreos en acústicos activos se registraron un total de 441 secuencias con pulsos en fase de búsqueda, 29 presentaron pulsos de acercamiento y 28 pulsos en fase de captura los cuales fueron emitidos por siete especies.

El murciélago norteamericano *Eptesicus fuscus* y el pipistrelo del oeste *Parastrellus hesperus* presentaron siete secuencias en fase de captura, mientras que el murciélago pálido *Antrozous pallidus*, el murciélago guanero *Tadarida brasiliensis* y el murciélago amarillo del oeste presentaron cuatro secuencias, por su parte el murciélago rojo del oeste *Lasiurus blossevillii* y el murciélago cola suelta *Nyctinomops femorosaecus* presentaron solo una sola secuencia de este tipo cada uno **(Figura 4.38).**

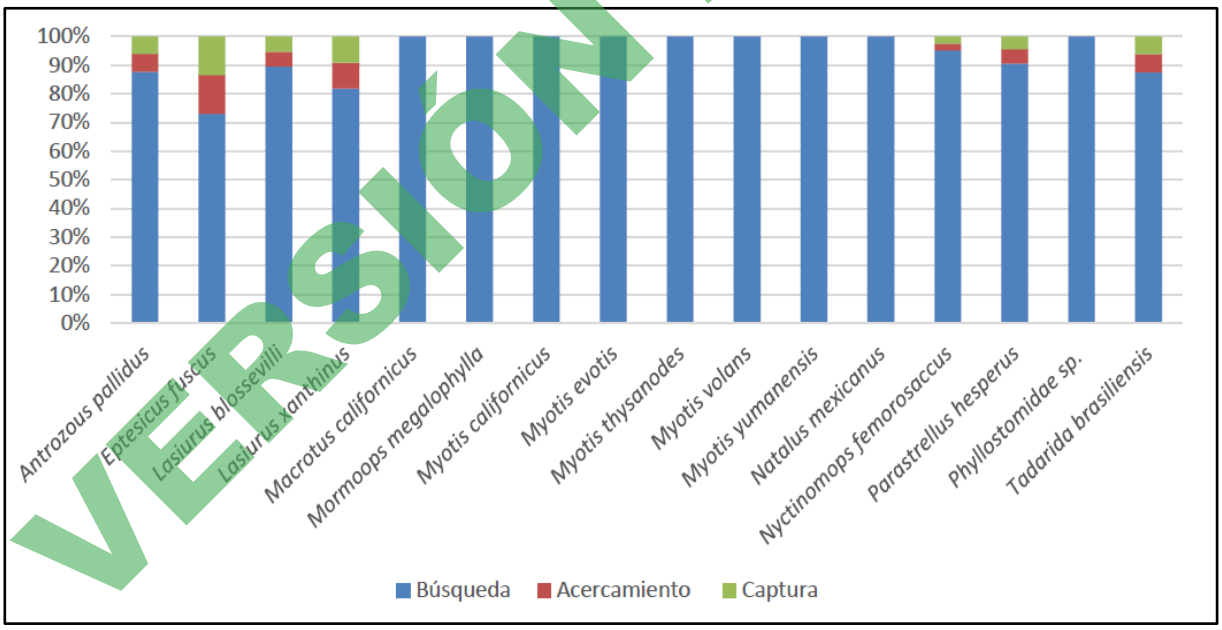


Figura 4.38. Tipos de pulsos presentados en las secuencias de ecolocación para las distintas especies de murciélagos registrados en la microcuenca portezuelo.

VERSIÓN PÚBLICA

Diversidad

Como resultado de los muestreos realizados dentro de la microcuenca portezuelo, se identificaron 15 especies con 437 individuos dentro de cinco familias. De las cuales, la familia Vespertilionidae es la de mayor riqueza de especies agrupando diez con 328 individuos. Derivado de lo anterior, se estimó el índice de Shannon-Wiener, dando como resultado un valor de 2.1170 el cual se considera de media a baja diversidad; este índice está basado en el concepto de equidad donde los individuos seleccionados al azar y donde todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001[65]), en el caso de los ambientes o tipos de vegetación que predominan en el norte de México es una diversidad considerable, comparado con el trabajo León-Tapia y Hortelano-Moncada 2016[66], en Tecate Baja California, donde se registraron solo 12 especies, la diversidad obtenida en la microcuenca portezuelo fue superior y con un mayor número de familias **(Tabla 4.39).**

Tabla 4.39. Índice de diversidad Shannon y Wiener (H') para mastofauna terrestre voladora registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
1	*Nyctinomops femorosaccus*	39	0.0892	-2.4164	-0.2156
2	*Tadarida brasiliensis*	56	0.1281	-2.0546	-0.2633
3	*Mormoops megalophylla*	8	0.0183	-4.0005	-0.0732
4	*Natalus mexicanus*	1	0.0023	-6.0799	-0.0139
5	*Macrotus californicus*	5	0.0114	-4.4705	-0.0511
6	*Antrozous pallidus*	57	0.1304	-2.0369	-0.2657
7	*Eptesicus fuscus*	38	0.0870	-2.4423	-0.2124
8	*Lasiurus blossevilli*	17	0.0389	-3.2467	-0.1263
9	*Lasiurus xanthinus*	36	0.0824	-2.4964	-0.2057
10	*Myotis californicus*	15	0.0343	-3.3719	-0.1157
11	*Myotis evotis*	7	0.0160	-4.1340	-0.0662
12	*Myotis thysanodes*	2	0.0046	-5.3868	-0.0247
13	*Myotis volans*	5	0.0114	-4.4705	-0.0511
14	*Myotis yumanensis*	7	0.0160	-4.1340	-0.0662
15	*Parastrellus hesperus*	144	0.3295	-1.1101	-0.3658

[65] Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

[66] León-Tapia, M. Á. y Y. Hortelano-Moncada. 2016. Richness of insectivorous bats in a chaparral area in the municipality of Tecate, Baja California, Mexico. Revista mexicana de biodiversidad, 87(3), 1055-1061.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.39. Índice de diversidad Shannon y Wiener (H') para mastofauna terrestre voladora registrada en la microcuenca portezuelo.

No.	Especie	Registros	PI	LN(PI)	PI*LN(PI)
	Total	437	Índice de Shannon-Wiener (H')		2.1170

Corredores biológicos

El único corredor biológico que se tiene identificado dentro de la microcuenca es para las especies de Borrego Cimarrón *Ovis canadensis* y el Venado Bura *Odocoileus hemionus*. Este corredor tiene una superficie mucho mayor que la microcuenca portezuelo, es muy extenso abarcando las Sierras de La Giganta y Guadalupe **(Figura 4.39.),** esto nos indica que las sierras presentan un buen estado de conservación, ya que permite el libre tránsito y desarrollo del ciclo biológico de estas especies. Las instalaciones del campo geotérmico Las Tres Vírgenes están inmersas dentro de dicho corredor, por lo que, se tiene una interacción constante con estas especies, sin que a la fecha se haya registrado alguna afectación a estas por la actividad geotérmica.



Figura 4.39. Ubicación del corredor biológico que atraviesa la microcuenca portezuelo, usado por las especies *Ovis canadensis* y *Odocoileus hemionus*.

VERSIÓN PÚBLICA

De acuerdo con los recorridos efectuados en el polígono de la microcuenca portezuelo, podemos indicar que no se identificaron otros sitios de interés para la fauna que puedan ser catalogados como corredores biológicos.

Conclusiones

Durante las campañas para el monitoreo de fauna que se llevaron a cabo en la microcuenca portezuelo se han encontrado registros significativos de fauna silvestre que pueden ser útiles no solo para la planificación de proyectos de infraestructura, sino también para ampliar el conocimiento sobre muchas de las especies que habitan en la península de Baja California. Esto puede ayudar a comprender la dinámica de las poblaciones en lugares tan remotos como este y sentar precedentes sobre la importancia de los monitoreos amplios en la zona.

Respecto a la herpetofauna, las especies registradas representan el 39% del total de especies reportadas para la toda la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (INE-SEMARNAP, 2000; CFE, 2010; Cortés-Calva et al., 2014[67]). Mediante la curva de acumulación y los estimadores Chao 1, ACE y Chao 2, podemos determinar que se realizó un muestreo completo con un total de 19 especies. Con base en el índice de Shannon se considera una riqueza de nivel medio. Del total de especies registradas 5 presentaron mayor abundancia, por lo que impactan como posibles especies dominantes e influye en el índice de Shannon (Moreno, 2001[68]). Estas especies son: la Cachora Arenera (*Callosaurus draconoides*), la Cachora Arbolera Cola Negra (*Urosaurus nigricaudus*), la Lagartija Costado Manchado Común (*Uta stansburiana*), el Huico de Garganta Naranja (*Aspidoscelis hyperythrus*) y la Iguana del Desierto (*Dipsosaurus dorsalis*).

De acuerdo con Grismer (2002[69]) los anfibios son especies susceptibles a la cantidad y calidad del agua del ambiente. Aunado a lo anterior, el hecho de que el área de influencia del campo geotérmico Las Tres Vírgenes sea un sitio con gran intermitencia respecto a la escasez hídrica y elevadas temperaturas, explica la baja riqueza de anfibios registrada: únicamente 2 de las 4 especies reportadas en estudios previos en la región (INE-SEMARNAP 2000; CFE 2010).

El inventario de aves llevado a cabo representa, aproximadamente el 40% de la avifauna reportada para la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (Everett y Anderson, 199; Massey y Palacios, 1994; Ortega y

[67] Cortés-Calva, P., A. Ortega-Rubio, C. L. Jiménez-Sierra, A. Gatica-Colima y I. González-López. 2014. El conocimiento de la fauna del Desierto de Vizcaíno: una herramienta de conservación. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 60, 85-91.

[68] Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

[69] Grismer, L.L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California. EE UU: University of California Press, pp. 1-399.

VERSIÓN PÚBLICA

Castellanos 1995; INE-SEMARNAP, 2000; Castellanos 2002[70]; Cortés-Calva et al., 2014). Los resultados obtenidos en la curva de acumulación y, específicamente, en el estimador Chao 2 sugieren un mayor esfuerzo de muestreo con el fin de aumentar la probabilidad de detección de especies.

El valor obtenido por el índice de Shannon (3.33) indica una diversidad alta de aves; sin embargo, este índice es susceptible a las especies más abundantes, como es el caso de la Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*) que representó el 18 % de los registros, dejando muy por detrás a las demás especies abundantes con un rango de abundancia relativa de 7.28 % a 4.45 %. De las 74 especies registradas 7 fueron las más abundantes: la Paloma Alas Blancas (*Zenaida asiatica*), la Matraca del Desierto (*Campylorhynchus brunneicapillus*), el Pinzón Mexicano (*Haemorhous mexicanus*), el Colibrí Cabeza Violeta (*Calypte costae*), la Perlita Azul Gris (*Polioptila caerulea*), el Baloncillo (*Auriparus flaviceps*) y el Papamoscas Gris (*Myiarchus cinerascens*) constituyendo el 50% de los registros obtenidos.

La mastofauna terrestre no voladora estuvo compuesta por 19 especies. La curva de acumulación generada expresa que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para poder registrar significativamente las especies de mamíferos terrestres no voladores que componen la riqueza del sitio. El valor que se obtuvo mediante el cálculo del índice de Shannon (2.45) indica que el sitio alberga una diversidad media. Las especies más abundantes fueron: los Ratones de Abazones de Baja California (*Chaetodipus spinatus* y *Chaetodipus rudinoris*), el Ratón de Abazones Arenero (*Chaetodipus arenarius*) y el Juancito (*Ammospermophilus leucurus*).

Referente al grupo de mamíferos terrestres voladores (murciélagos) se reportaron 16 especies, lo cual coincide con un estudio anterior que reporta la abundancia del orden de los roedores y de los murciélagos para la región (Alvares et al., 2008[71]).

De acuerdo con el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en el 2000 se estimaron 69 especies de mamíferos terrestres. Esto representa el 28 % de las especies registradas en este estudio, al incluir las 16 especies de murciélagos se representa el 50 % de la riqueza de la región (INE-SEMARNAP 2000; CFE, 2010). Otros estudios más cercanos al área de estudio reportaron un número similar o incluso más bajo en la riqueza de especies de mamíferos terrestres (CFE-CIBNOR, 2011; INECOL 2012).

VERSIÓN PÚBLICA

[70] Castellanos, A. L. 2002. Manejo y Conservación de la Reserva de la Biosfera EL Vizcaíno y de la Avifauna acuática residente de las lagunas ojo de Liebre-Guerrero Negro, B.C.S. Identificación de estrategias. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

[71] Álvarez C.S., E. Rios., P. Cortés., N. González y C. Suárez. 2008. Mamíferos de las reservas de El Valle de los Cirios y El Vizcaíno. CONABIO. México D.F. Edit. Alternativa periodística, S.A de C.V. 352 pp.

Respecto al estado de protección a nivel nacional de las especies registradas, se logró el registro de 7 especies de reptiles, 2 de aves y solo 1 mamífero listados en la NOM-059 (SEMARNAT, 2019; Arnaud, 2020[72]). A nivel internacional, es decir listadas por IUCN y CITES, se registraron 2 especies de reptiles, 11 de aves y solo 1 mamífero. La mayor amenaza que se reporta es la extracción de los individuos de su hábitat para el comercio ilegal (UNEP-WCMC, 2022).

Es importante mencionar que la Lista Roja de la IUCN y los apéndices de la CITES son listados internacionales, esto significa que sus evaluaciones poblacionales de cada especie responden, salvo en el caso de los endemismos, a un enfoque mundial. Por esta razón el estado de protección de una especie a nivel nacional no necesariamente coincide con su estatus internacional. Atendiendo a lo anterior es que se considera dar una mayor ponderación a las categorías de la NOM-059 (Gardenfors, 2001[73]; García Aguilar et al., 2017[74]).

Estos resultados reflejan un ecosistema con una amplia variedad de especies y una distribución uniforme en su abundancia, esta alta diversidad sugiere estabilidad y resistencia a perturbaciones.

A nivel nacional, la principal amenaza para la fauna es la escasa consciencia ambiental, que se traduce en disminución / destrucción del hábitat, comercio ilegal con fines de ornato, introducción de organismos exóticos, sobreexplotación de especies por cacería, pesquería, agricultura y/o ganadería. Estas amenazas forzan a las especies, en el mejor de los casos, a modificar su comportamiento natural con el fin de estabilizar sus poblaciones.

En caso de no adaptarse, muchas especies optan por abandonar su hábitat para colonizar nuevos ambientes. Es aquí donde puede ocurrir la interacción con poblaciones humanas, lo cual representa una situación de vulnerabilidad significativa para las aves (CONABIO 1998[75]; Mendoza-Sánchez y Marcos-Palomares, 2016[76]).

VERSIÓN PÚBLICA

[72] Arnaud G., 2020. Estrategias de conservación de los vertebrados de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Recursos Naturales y Sociedad. Vol. 6 (2).

[73] Gärdenfors, U. 2001. Classifying threatened species at national versus global levels. Trends in Ecology and Evolution, 16, 511-516

[74] García-Aguilar, M. C., J. Luevano-Esparza y H. De la Cueva. 2017. La Fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están? Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 33(2) 188-198.

[75] CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

[76] Mendoza-Sánchez J. F. y O. A. Marcos-Palomares. 2016. Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras de México. Secretaria de Comunicaciones y Transporte-Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica no. 454.

El hecho de que el Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes se localice dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno puede ser la explicación de que los inventarios faunísticos obtenidos en el presente estudio muestren mayor riqueza respecto de los presentados en otros años. La Reserva cuenta con un programa de Manejo que ha permitido resguardar y vigilar tanto fauna como flora nativa disminuyendo la extracción ilegal de especies.

4.2.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Dentro del área de estudio definido para el proyecto (Proyecto Construcción y Perforación; y Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS.), se localiza solamente un asentamiento humano, sin embargo, para este apartado se analizó la información de las poblaciones aledañas que podrían verse impactados durante las etapas del proyecto, desde el punto de vista de la generación de empleo y oferta de servicios; al margen del efecto positivo que tendría a futuro por el aprovechamiento del recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica.

Entre las localidades se encuentran: Santa Rosalía, San Ignacio, Alfredo V. Bonfil, Rancho Las Vírgenes (Las Tres Virgenes), El Mezquital, La Cueva Colorada, Las Matitas, Santa Lucía y La Palmita (Las Palmitas). En este capítulo, se presentan los factores que conforman el medio socioeconómico de estas poblaciones.

El desarrollo de los asentamientos humanos y las actividades económico-sociales que se producen y desarrollan en ellas, han modificado y transformado el medio ambiente, existiendo, por tanto, una gran interrelación entre el medio socioeconómico y el natural. Por esto, es necesario analizar tanto los aspectos sociales como los económicos que influyen en el medio ambiente, así como, en la calidad de vida de los centros de población ya que en la medida en que estas actividades se desarrollen su incidencia se verá reflejada en el medio natural y cultural.

La disponibilidad de los recursos naturales y las particularidades del medio ambiente condicionan las características de la población de los asentamientos humanos. El municipio de Mulegé, cuenta con grandes litorales y un rico potencial de recursos naturales provenientes de los mismos, siendo ésta actividad la que más aporta a la producción municipal, también cuenta con una industria extractiva potencialmente enorme, pero que, por situaciones que dificultan o han dificultado la explotación y comercialización de los productos, han impedido un pleno desarrollo en este sector, éstas causas son: vías de comunicación inadecuadas, falta de congruencia entre los sectores productivos de la economía, ya que una de las principales fallas sociotécnicas radica en la falta de integración de estos sectores en la programación y ejecución de los planes de desarrollo, necesarios para llegar a obtener y sostener una tasa de crecimiento económico adecuado para el desarrollo de la región.

VERSIÓN PÚBLICA

Aspectos demográficos

El análisis socioeconómico tiene como objetivo caracterizar las condiciones que presenta un área determinada en términos de su densidad de población y su distribución al interior de la misma, sus niveles de marginación y de desarrollo humano, sus dinámicas migratorias, sus actividades económicas más importantes, la cobertura de los servicios de salud y todos aquellos datos susceptibles de ser representados espacialmente, que den al área un sentido de unidad regional y permitan, en un momento dado, planificar las acciones de manejo y conservación de los recursos tomando un área como unidad de planeación (Garrido et al., 2007).

Para el presente análisis se llevó a cabo la búsqueda de datos de diversas fuentes de información como son los Censos y Conteos Generales de Población y Vivienda generados por el INEGI, datos estadísticos y proyecciones de la SEDESOL y CONAPO, así como de información obtenida a partir de varias fuentes bibliográficas. Dicho análisis se divide en dos partes fundamentales; la primera se refiere al desarrollo socioeconómico en el cual se analiza la evolución de la población a lo largo del tiempo, la situación que existe en la actualidad en la región y algunas proyecciones a futuro; mientras que en la segunda hace referencia principalmente a las actividades productivas. El área de estudio se localiza en el municipio de Mulegé, uno de los cinco municipios en los que se encuentra dividido el estado de Baja California Sur. De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del Censo de Población y Vivienda 2020, dentro del área se encuentran únicamente una localidad las cual es Las Tres Vírgenes (**Figura 4.40**).

Para llevar a cabo el análisis del medio socioeconómico, se tomaron en cuenta los datos existentes a partir de 1990 para conocer cómo se ha dado el desarrollo histórico de la población en los últimos 30 años (1990-2020), para ello se tomaron de base los Censos Generales de Población y Vivienda de cada 10 años (1990, 2000, 2010 y 2020). Reportando lo siguiente:

Conforme a los datos del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI, la población que podría tener influencia con el proyecto, se estima que es de 14 983 habitantes, que comprende a las localidades que se encuentran: Santa Rosalía, San Ignacio, Alfredo V. Bonfil, El Mezquital, La Cueva Colorada, Las Matitas, Santa Lucía y La Palmita (Las Palmitas), **Figura 4.41**.

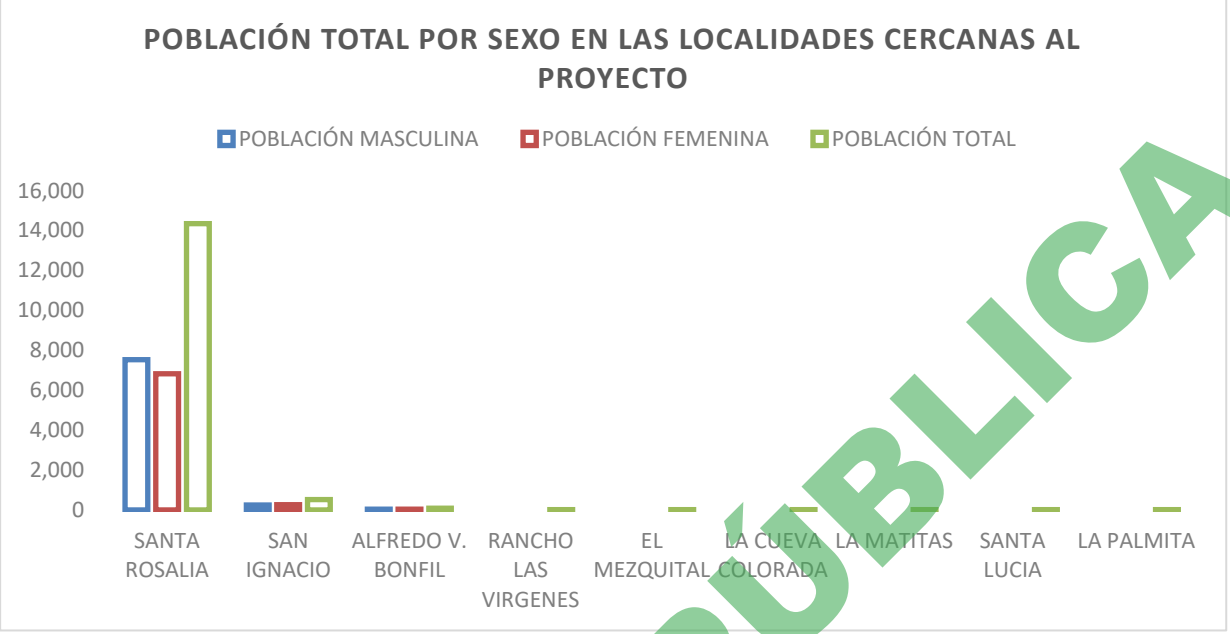
No obstante, y debido a que la información es censal y está referida del 02 al 27 de marzo de 2020, se tiene reportada en el municipio de Mulegé una población al 2020, de 64 022 habitantes, de los cuales 33 071 corresponde al sexo masculino y 30 951 corresponde a mujeres, teniendo una relación de hombre/mujer del 106.8, es decir, 4 908 habitantes más que los reportados al 2010, lo que representa un crecimiento en la población del 8.30% en tan solo 10 años, **Figura 4.42**.

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 4.40. Municipios y localidades dentro del área de estudio.

VERSIÓN PÚBLICA



Fuente: www.inegi.org.mx, ***Censo de Población y Vivienda 2020.***

Figura 4.41. Población de las localidades cercanas al proyecto.

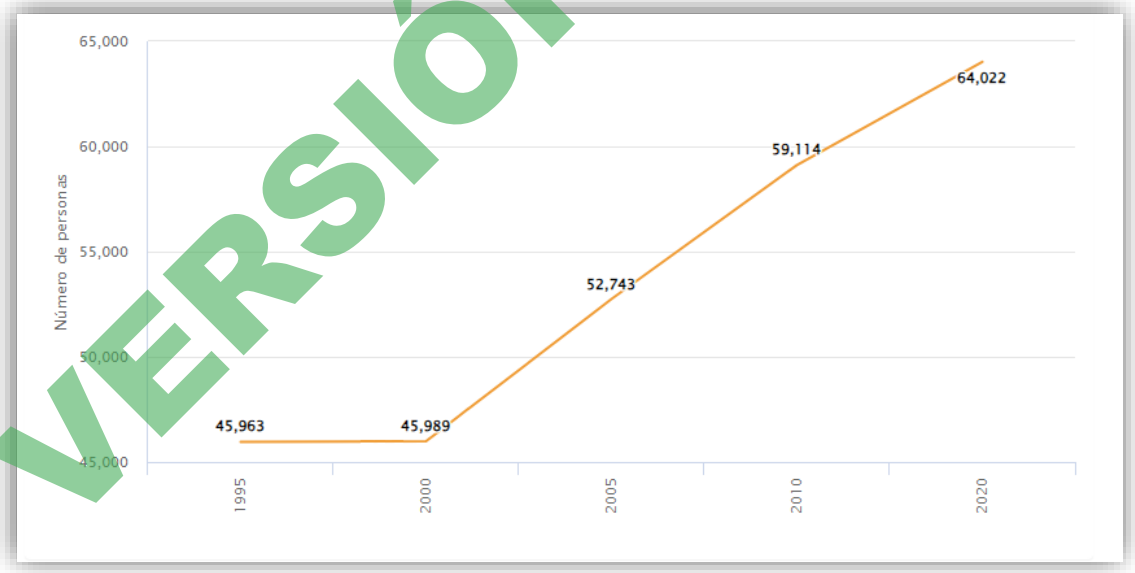
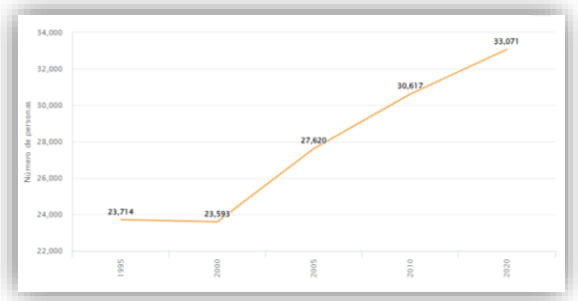


Figura 4.42. Población total, Mulegé, Baja California Sur, desde el año 1995 hasta el año 2020.

VERSIÓN PÚBLICA

POBLACIÓN TOTAL HOMBRES



POBLACIÓN TOTAL MUJERES

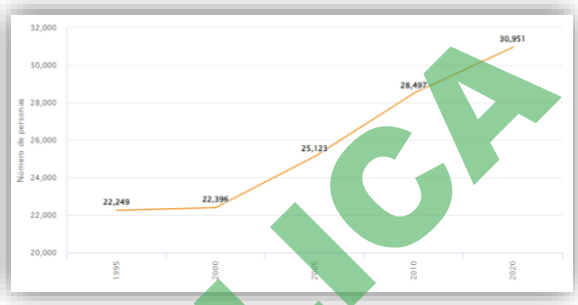


Figura 4.43. Población Hombres-Mujeres, Mulegé, Baja California Sur, desde el año 1995 hasta el año 2020.

Tabla 4.40. Distribución de la Población en el Municipio de Mulegé, Baja California Sur.

Población	Mulegé
Población total, 2020	64 022
Población total hombres, 2020	33 071
Población total mujeres, 2020	30 951
Edad mediana (Años), 2020	29
Edad mediana hombres (Años), 2020	29
Edad mediana mujeres (Años), 2020	29
Relación hombres-mujeres (Hombres por cada 100 mujeres), 2020	106.8
Porcentaje de hombres, 2020	51.7
Porcentaje de mujeres, 2020	48.3
Índice de envejecimiento (porcentaje), 2020	39.7

Así mismo, para única localidad incluida dentro del área de estudio, se puede observar que, sólo se encuentra habitada por menos de 5 personas. El registro del censo se puede visualizar en la siguiente tabla (**Tabla 4.41.**):

Tabla 4.41. Población de las localidades incluidas en el área de estudio.

Localidad	Total	Sexo Masculino	Sexo Femenino
Rancho las Vírgenes	3	*	*

Fuente: www.inegi.org.mx, Censo de Población y Vivienda 2020.

VERSIÓN PÚBLICA

Escolaridad

Uno de los indicadores más importantes del grado de desarrollo socioeconómico del país se basa en el nivel educativo de su población, ya que la educación es un factor básico para fomentar la incorporación completa de las personas a la vida económica, política y social de la nación mexicana.
De acuerdo con lo que señala la Ley General de Educación, en la organización del sistema educativo nacional, existen tres niveles de educación: la básica, la media superior y la superior. La primera es la que se compone por preescolar, primaria y secundaria; la educación media superior comprende el bachillerato y finalmente la educación superior se compone por la licenciatura, especialidad, maestría y doctorado.

De acuerdo con los datos de INEGI (2020), en el estado de Baja California Sur la población de los 6 a los 11 años que estudian es de 96.6%; la población de 12 a 14 años que asiste a la escuela es de 94.3% y finalmente de la población con edades entre los 15 a 24 años es de 46.6% de asistencia a la escuela (**Tabla 4.42**).

Tabla 4.42. Escolaridad de la población por rangos de edad que asiste a la escuela.

	6 a 11 años	12 a 14 años	15 a 24 años
Estatal	96.3%	94.3%	46.6%
Municipal	95.5%	92.1%	38%

Haciendo un comparativo de la población que asiste y no asiste a la escuela por rangos de edad, entre la población estatal y municipal se observó que presentan comportamientos similares. Un porcentaje muy elevado de jóvenes asiste a tomar clases cuyas edades fluctúan entre los rangos de 6 a 11 años y de 12 a 14 años, mientras que entre los 15 y 24 años el porcentaje de asistencia a la escuela disminuye considerablemente (**Figura 4.44**).

VERSIÓN PÚBLICA

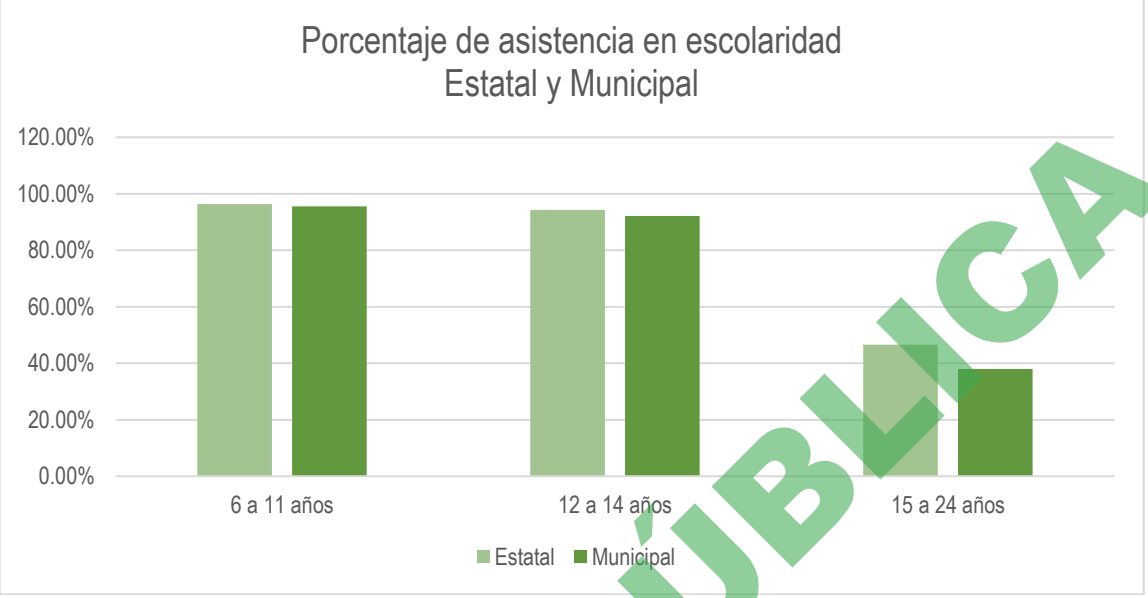


Figura 4.44. Porcentaje de la población que asiste a la escuela por rango de edades.

Por otro lado, y como se puede observar en el **Tabla 4.43**, la población de 15 años y más con algún grado aprobado de educación básica es de 234 542; de 19 años y más con algún grado aprobado en estudios técnicos o comerciales con secundaria terminada asciende a 9 456 personas a nivel; mientras que con una población de 81 595 son aquellas de 19 años y más con algún grado aprobado en bachillerato; por último y no menos importante esta una población de 24 años y más con algún grado aprobado en estudios superiores, siendo un total de 70 311.

Tabla 4.43. Población de acuerdo con el grado de escolaridad.

	15 años y más	19 años y más	24 años y más
Población Estatal	234 542	9 456	70 311

De acuerdo con lo reportado por el INEGI en 2020, se tiene que el porcentaje de anafabetización para el estado de Baja California Sur de 2.49%, con un porcentaje de 2.31% para los hombres y 2.67% para las

VERSIÓN PÚBLICA

mujeres. Por otro lado, se presenta una población con rezago educativo de los 15 años y más del 26.8% (**Tabla 4.44**).

Tabla 4.44. Analfebatización y rezago educativo en Baja California Sur.

	Analfabetización Total	Analfabetización Hombres	Analfabetización Mujeres	Rezago educativo 15 años y más
Estatal	2.49%	2.31%	2.67%	26.8%

Lengua indígena

El proyecto no contraviene con los principios establecidos en el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos indígenas y Tribales en Países Independientes, ya que para el estado de Baja California Sur no se tiene registrada ninguna población indígena o tribal, conforme al Atlas de los Pueblos Indígenas de México de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (**Figura 4.45.**).

Servicios y factores socioculturales

Servicios básicos

Dentro del municipio de Mulegé se registraron 19 402 viviendas habitadas, de las cuales el 96.6% cuentan con agua entubada, un porcentaje mayor al que se registró para el estado (93%); el 88.3% cuentan con drenaje, un porcentaje inferior al estatal (96.9%) y finalmente el 97.5% cuentan con energía eléctrica, un porcentaje ligeramente menor al estatal (98.3%).

Tanto en la entidad como en el municipio de Mulegé, existen viviendas que cuentan con los tres servicios juntos (agua entubada, drenaje y energía eléctrica), del total de viviendas que se encuentran en el municipio el 94.13% cuenta con estos tres servicios, un porcentaje menor al registrado para las viviendas habitadas con los tres servicios en el estado que corresponde al 96.07%, (**Tabla 4.36**).

VERSIÓN PÚBLICA

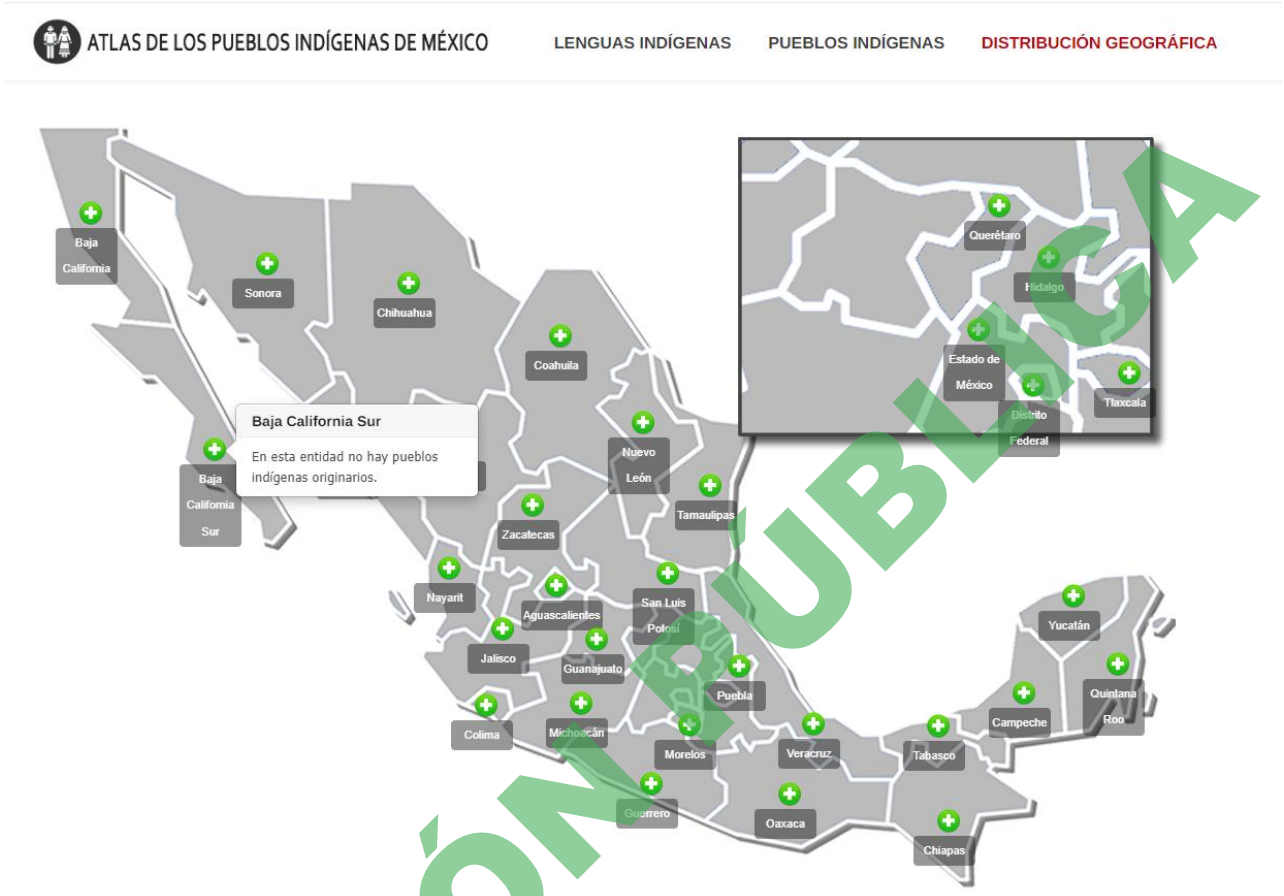


Figura 4.45. Atlas de los Pueblos Indígenas de México.

Tabla 4.45. Servicios básicos en la entidad y en el municipio de Mulegé.

	Agua Entubada	Drenaje	Energía Eléctrica	Con los Tres Servicios
Estatal	93.00%	96.90%	98.30%	96.07%
Municipal	96.60%	88.30%	97.50%	94.13%

Servicios de salud

De acuerdo con INEGI (2020), los resultados obtenidos en el Censo de Población y vivienda 2020 indican que de los 64 022 habitantes que viven dentro del municipio, 54 272 personas son derechohabiente al servicio de salud. De las personas que cuentan con algún servicio de salud dentro del municipio se destaca, el beneficio a través del IMSS (61.8%), mientras que el 20% cuenta con seguro popular y el 16.8% recibe asistencia de salud en el ISSSTE (**Tabla 4.46)**.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.46. Servicios de salud en Baja California Sur y municipio de Mulegé.									
	Población total	Con derecho	%	IMSS	ISSSTE	Seguro popular	PEMEX, SDN o SM	Privado	Bienestar
Estatal	798 447	664 122	83.17	61.6%	15.7%	21%	1.6%	2.2%	0.5%
Municipal	64 022	54 272	84.77	61.8%	16.8%	20%	2.8%	0.5%	0.2%

Índice de marginación

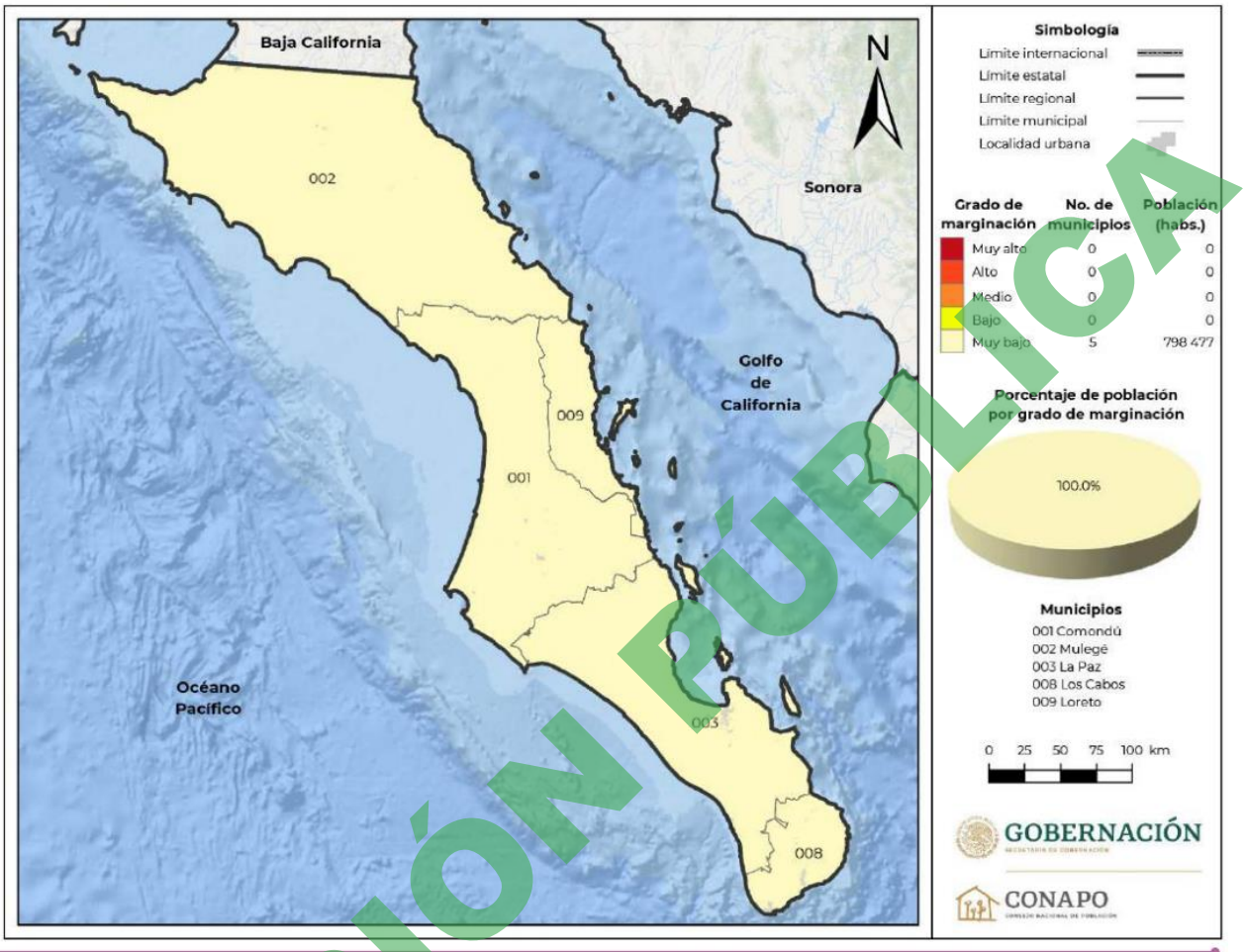
El índice de marginación es una medida-resumen, que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas. El índice de marginación es una herramienta que contribuye a formular diagnósticos exhaustivos, a identificar las inequidades socioespaciales que persisten en los estados y municipios del país y con ello, apoyar el diseño e instrumentación de programas y acciones dirigidos a fortalecer la justicia distributiva en el ámbito regional, y la atención prioritaria de la población más desaventajada (CONAPO, 2006).

Por lo que hace al Índice de marginación 2020, la CONAPO establece como concepto "*fenómeno estructural múltiple que valora dimensiones, formas e intensidades de exclusión en el proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios*" y como índice de marginación "*Intensidad global de la marginación socioeconómica*".

En general el estado de Baja California Sur presenta un grado de marginación bajo, en el país ocupa el lugar número 26. Los cinco municipios que lo conforman presentan grados de marginación muy bajo de acuerdo con el Índice de Marginación 2020 publicado por la CONAPO (**Tabla 4.47** y **Figura 4.46**)

Tabla 4.47. Grado de marginación en Baja California Sur y municipio de Mulegé.				
	Índice de marginación	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto	
			Estatal	Nacional
Estatal	21.473%	Bajo	-----	26
Municipal	57.493%	Muy Bajo	1	2 040

VERSIÓN PÚBLICA



Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Figura 4.46. Grado de marginación por municipio, CONAPO 2020.

A continuación, se presenta el análisis de las expresiones culturales, patrimoniales y estéticas del municipio de Mulegé, de acuerdo con la enciclopedia de los municipios de México en su página electrónica:

http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/bajasur/municipios/03002a.htm.

Monumentos Arquitectónicos

El Templo de Santa Bárbara diseñado en el año de 1884 por el ingeniero francés Gustavo Eiffel y construido el año de 1887, fue mostrado en la Exposición Universal de París en 1889 donde también fue

VERSIÓN PÚBLICA

presentada la ya famosa Torre Eiffel, habiendo ocupado por su arquitectura, el primer lugar las dos construcciones; este templo permaneció en Bruselas, Bélgica, hasta 1895.

En ese año fue adquirido por la Compañía Francesa El Boleo, habiéndose trasladado en un barco velero que, para llegar a Santa Rosalía en 1895, debió cruzar el Atlántico, atravesar por el Estrecho de Magallanes y continuar por el Pacífico hacia el Norte, hasta llegar al Golfo de California. Este templo desarmable de hierro de 30 metros de longitud tiene los muros de doble lámina con un espacio de aire intermedio de 33 centímetros.

Otro de los monumentos arquitectónicos es el Palacio de Gobierno que fue construido en 1897 tomando como base los planos elaborados por el ingeniero francés Eiffel, y cuya forma arquitectónica original es de estilo francés colonial. La mayoría de los edificios públicos y construcciones particulares de esta ciudad han conservado el estilo arquitectónico francés; la Dirección de la Compañía Minera, el Jardín de Niños Morelos y el edificio de la Sociedad Mutualista Progreso son muestra palpable del paso de los franceses por este lugar. Las misiones de Mulegé y San Ignacio fueron construidas en 1705 y 1728 respectivamente, por los misioneros jesuitas Juan de Basaldúa y Juan Bautista Luyando.

Obras de Arte

El municipio de Mulegé cuenta con una gran riqueza de pinturas rupestres y las más importantes se encuentran en cuevas y farallones de la sierra de San Francisco, cerca del volcán de las Vírgenes. El gobierno del estado construyó un acceso que sirve como camino para que el turista extranjero y nacional pueda llegar hasta estos vestigios de incalculable valor histórico; también existen pinturas en el área de Mulegé y San Juan de las Pilas.

Museos

Se cuenta con el Museo Regional de Mulegé el cual exhibe interesantes piezas arqueológicas. En el pasado fue la cárcel de Cananea, la única sin rejas en el estado de Baja California Sur.

Fiestas, Danzas y Tradiciones

La gran mayoría de los pequeños pueblos realizan sus fiestas populares tradicionales; las más importantes son las de San Ignacio en el mes de julio, las de Mulegé en el mes de septiembre y las de Santa Rosalía en el mes de octubre.

Tradiciones y Costumbres

VERSIÓN PÚBLICA

En la Semana Mayor se escenifica la muerte de Jesucristo, tradición que data de hace 100 años. Traída a estas tierras por los Yaquis que llegaron a Santa Rosalía con las primeras explotaciones de cobre. Estas fiestas no son auspiciadas por la iglesia católica, sino más bien son organizadas por un grupo de personas de ascendencia yaqui que continúa con la tradición impuesta por sus antepasados.

En Mulegé se adopta como traje típico la flor de pitahaya. Así también como vestiduras destinadas a las faenas campiranas, como la cuera, sombrero y accesorios para montura.

Música

La cultura mulegina también ha encontrado formas de expresión popular, mismas que se han arraigado en el pueblo con diversos corridos y canciones de algunos autores anónimos y otros como Salvador "Chavalo" Mendoza, Guadalupe "Lumi" Mendoza y Rafael Mendoza. Además como acertadamente describe el Prof. Jesús López Gastelum, el amor a la tierra ha inspirado a cantores de distintas épocas, que entre otros más se mencionan a: Don Félix Alcantar, "el Güero Apodaca", Adelaido Sánchez, Guadalupe Cordero, Manuel "Many" Higuera, Dionicio "Nicho" Contreras, las hermanas Natalia y Estela Luque, Doña Mona Espinoza, Blandina Nuñez, las hermanas Lucía y Guadalupe Rocha, Georgina Mejía, Judith Arreola, Jaime Miranda, Jesús "Boby" García, Ismael Padilla, Raúl Contreras, Fenne Ayub, Tito Moreno, Reyes Siqueiros, Tere Juárez y Angeles Patrón.

Actividades productivas

De acuerdo con los datos de INEGI 2020 en lo que concierne a la economía y los sectores productivos se tiene a la agricultura, ganadería y pesca, al comercio, al comercio exterior, la construcción, así como empresas y establecimientos.

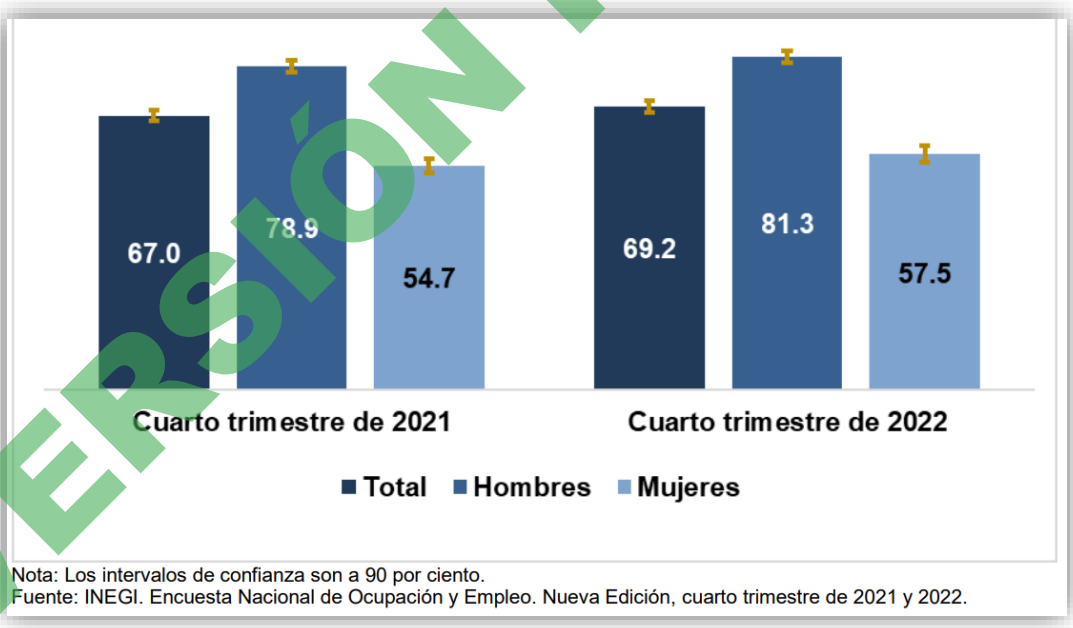
Por lo anterior se consideraron un número de terrenos de 28 662, por lo que hace a los productores beneficiados por el PROCAMPO se tienen a 532, además de una superficie beneficiada por PROAGRO de 12 260 hectáreas y una población apícola de 4 680.

De acuerdo con los datos de INEGI y la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), La Población Económicamente Activa (PEA) en la entidad paso de 428 748 a 444 018 personas en el cuatro trimestre de 2022, tal como se muestra en la (**Tabla 4.48**).

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.48. Población de 15 años y más económicamente activa.						
	Diferencia Absoluta	ENOEN Cuarto trimestre		Diferencia Relativa	ENOEN Cuarto trimestre	
		2021	2022		2021	2022
	Absolutos			Relativos		
Baja California Sur	1 138	640 287	641 425		100.0	100.0
Población económicamente activa (PEA)	15 270	428748	444 018	2.2	67.0	69.2
Ocupada	13 726	417 634	431 360	-0.3	97.4	97.1
Desocupada	1 544	11 114	12 658	0.3	2.6	2.9

La tasa de participación económica en el cuarto trimestre de 2022 fue de 69.2% de la población en edad para trabajar, siendo 2.2% superior al cuarto trimestre de 2021. En lo que se refiere a la tasa de participación masculina quedó en 81.3% mientras que la femenina fue de 57.5%, lo que se puede visualizar en la **Figura 4.47.**



Nota: Los intervalos de confianza son a 90 por ciento.
Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Nueva Edición, cuarto trimestre de 2021 y 2022.

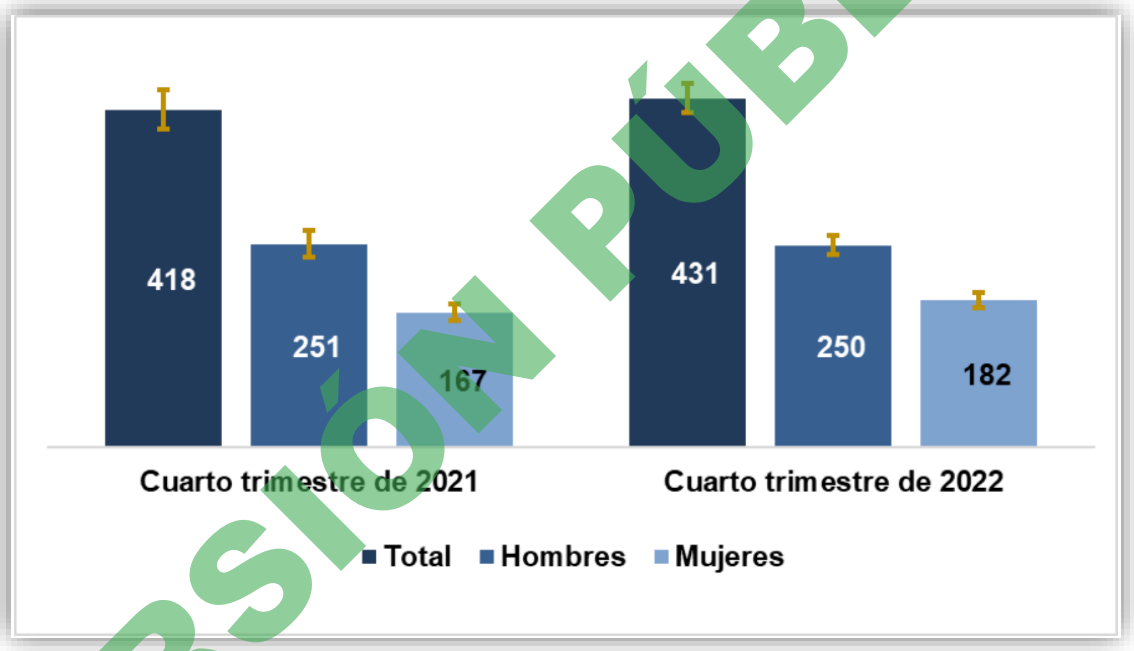
Figura 4.47. Tasa de participación de población de 15 años y más.

Por otra parte, de acuerdo con datos generados por la ENOE, se tiene que, durante el cuarto trimestre de 2023, la tasa más alta de informalidad laboral fue de 37.4%, mientras que la tasa más alta de participación

VERSIÓN PÚBLICA

en la actividad económica (cociente entre la PEA y la población de 15 años y más) 69.5%, también mostró niveles más bajos de ocupación en situación crítica en materia de ingresos y horas trabajadas con un porcentaje del 16.9%.

De acuerdo con la ENOE, en el cuarto trimestre de 2022, la población ocupada en la entidad que nos ocupa fue de 431 360, cifra superior en 13 726 personas en comparación al cuarto trimestre de 2021. Para la población masculina ocupada se tiene una cifra de 249 540, lo que se traduce en 1 472 hombres menos, mientras que la población femenina fue de 181 820, siendo 15 198 mujeres más en el mismo periodo de comparación **Figura 4.48.**



Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Nueva Edición, cuarto trimestre de 2021 y 2022

Figura 4.48. Población ocupada según sexo.

Las actividades terciarias concentraron la mayor parte de la población ocupada con una participación de 73.7 por ciento durante el cuarto trimestre de 2022, quedando como aumento en términos absolutos de 9 373 personas respecto al cuarto trimestre de 2021. Por lo que el sector comercio con una participación del 17.2%, registro un aumento de 5 913 personas ocupadas, es decir un incremento respecto de cuarto trimestre de 2021 de 0.8%. Para los transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento se tuvo una

VERSIÓN PÚBLICA

participación del 5.7%, mientras que el gobierno y organismos internacionales reportaron una participación de 6.2%, incrementando 2 546 personas ocupadas. Por su parte el sector de servicios diversos quedo con una participación de 11.5% en el total de la ocupación **Figura 4.49.**

Categoría	ENOE[N] Cuarto trimestre		Diferencia absoluta	ENOE[N] Cuarto trimestre		Diferencia relativa
	2021	2022		2021	2022	
	Absolutos			Relativos [a/]		
Baja California Sur	**417 634**	**431 360**	**13 726**	**100.0**	**100.0**	
Primario	**24 338**	**25 125**	**787**	**5.8**	**5.8**	**0.0**
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	24 338	25 125	787	5.8	5.8	0.0
Secundario	**83 992**	**87 483**	**3 491**	**20.1**	**20.3**	**0.2**
Industria extractiva y de la electricidad	6 870	7 922	1 052	1.7	1.8	0.1
Industria manufacturera	28 152	21 338	- 6 814	6.7	5.0	-1.7
Construcción	48 970	58 223	9 253	11.7	13.5	1.8
Terciario	**308 728**	**318 101**	**9 373**	**73.9**	**73.7**	**-0.2**
Comercio	68 370	74 283	5 913	16.4	17.2	0.8
Restaurantes y servicios de alojamiento	72 454	70 887	- 1 567	17.4	16.4	-1.0
Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento	19 688	24 650	4 962	4.7	5.7	1.0
Servicios profesionales, financieros y corporativos	38 133	40 130	1 997	9.1	9.3	0.2
Servicios sociales	38 488	31 745	- 6 743	9.2	7.4	-1.8
Servicios diversos	47 339	49 604	2 265	11.3	11.5	0.2
Gobierno y organismos internacionales	24 256	26 802	2 546	5.8	6.2	0.4
No especificado	**576**	**651**	**75**	**0.2**	**0.2**	**0.0**

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Nueva Edición, cuarto trimestre de 2021 y 2022.

Figura 4.49. Población ocupada según sector de actividad económica.

De las actividades relacionadas con el sector primario sobresalen la agricultura, la pesca y la ganadería.

Agricultura

El estado de Baja California Sur es una entidad que, por su ubicación geográfica de tipo insular, posee características muy distintas a las del resto del país. Pese a tener una escasa disponibilidad de agua y tipo de vegetación semidesértica y de no ser de los estados considerados agrícolas, posee potencial para el aprovechamiento de ciertos cultivos agrícolas en los cuales el estado tiene ventaja a escala nacional e internacional. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y

VERSIÓN PÚBLICA

Alimentación (SAGARPA) en la **Tabla 4.49**, se pueden observar los cultivos que tienen presencia dentro del estado.

Tabla 4.49. Cultivos con presencia a escala nacional 2007-2008.	
Orgánicos	Albahaca, calabacita, chile verde, chives, mejorana, menta, romero, salvia, tomillo, tomate rojo, tomate rojo cherry.
Invernadero	Tomate rojo, chile verde.
Hortalizas	Tomate rojo bola, tomate rojo cherry, berenjena, chile verde, chile bell, pepper, chile Anaheim, chile poblano, cebolla, calabacita, alcachofa.
Otros cultivos	Papa, garbanzo, cártamo.
Perennes	Alfalfa, espárrago, fresa, cítricos, higo blanco, mango, dátil.

De acuerdo con el INEGI en su Censo 2022 Agropecuario, por el periodo comprendido de octubre de 2021 a septiembre de 2022 donde se tiene que sus principales cultivos anuales son el jitomate, papa, maíz grano blanco, trigo grano, chile y maíz forrajero **Figura 4.50**.

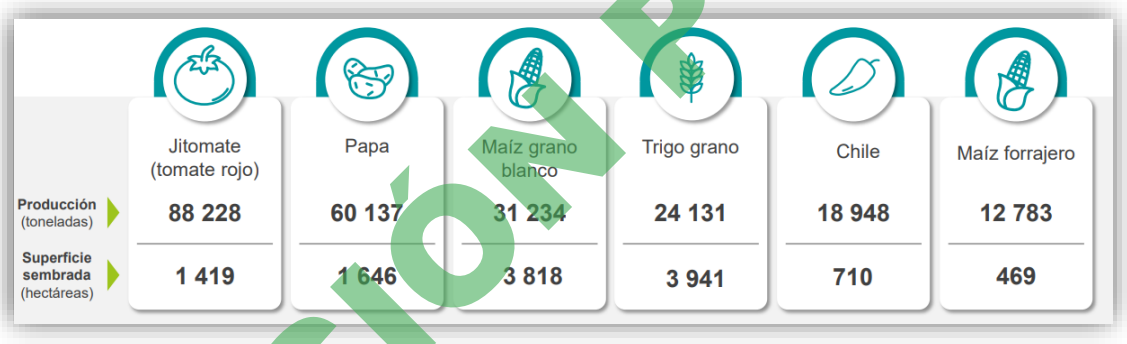


Figura 4.50. Producción y superficie sembrada de los principales cultivos anuales

De acuerdo con el INEGI en su Censo 2022 Agropecuario, por el periodo comprendido de octubre de 2021 a septiembre de 2022 donde se tiene que sus principales perennes son alfalfa, espárragos, naranja, fresa, mango, nopal verdura **Figura 4.51**.

VERSIÓN PÚBLICA

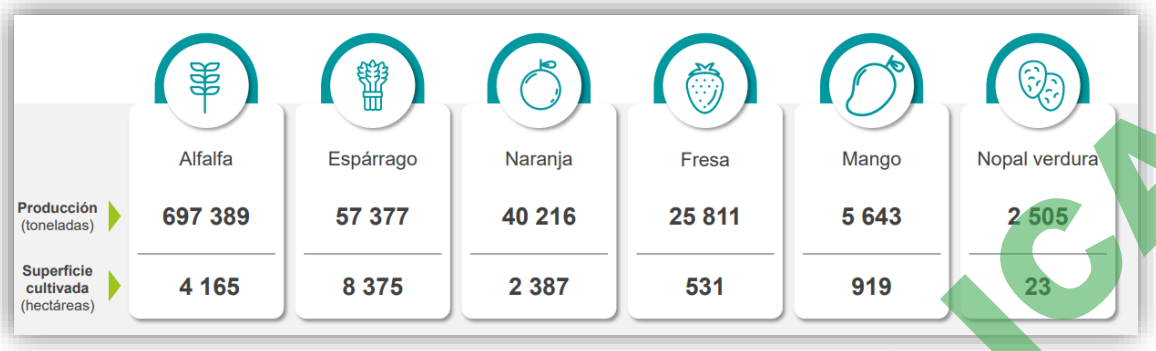


Figura 4.51. Producción y superficie sembrada de los principales cultivos perennes.

Por lo que hace a la agricultura protegida se tiene que la superficie total es de 2 650 hectáreas con 59 unidades de producción, encontrándose distribuido por su tipo de estructura en **Figura 4.52**.

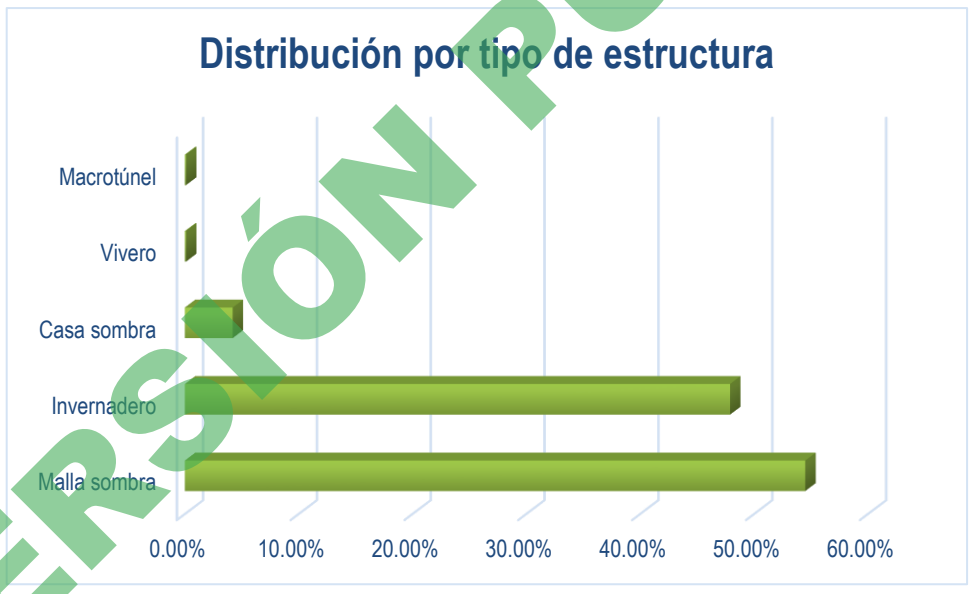


Figura 4.52. Distribución por tipo de estructura

VERSIÓN PÚBLICA

Pesca

Sin duda, el sector pesquero es de importancia estratégica para el desarrollo económico y social de Baja California Sur, por lo anterior, resulta conveniente mencionar que, a lo largo de la evolución económica, la pesca en el estado se desarrolló inicialmente con la explotación de especies de alto valor comercial destinadas al aprovechamiento, como el camarón, la langosta y el abulón, entre otras (Cortés-Ortiz et al., 2006). Los recursos pesqueros del estado son vastos, en las aguas que la circundan se han identificado 650 especies que pueden utilizarse para consumo humano e industrialización.

Actualmente, se explotan 122 grupos de especies comestibles. Si bien éstas no tienen un valor comercial alto con respecto a otras especies, su volumen de producción y el empleo que generan las hacen importantes (Casas Valdéz et al., 1996). Por otro lado, se cuenta con recursos de alto valor económico, tales como abulón, langosta y camarón, que sin duda han sido la base de pesquerías altamente rentables y ejes de desarrollo del sector social, en particular del que se localiza en la zona pacífico norte de la entidad (Casas Valdéz et al., 1996).

En el noreste del estado, particularmente en el municipio de Mulegé, del lado del océano pacífico, se capturan especies de alto valor comercial como langosta, abulón, camarón, almeja y caracol. De acuerdo con datos de la delegación de SAGARPA en el estado, en la **Tabla 4.50** se puede observar el volumen y valor de la producción pesquera para el municipio de Mulegé.

Tabla 4.50. Volumen y valor de la producción pesquera para el municipio de Mulegé, 2008.

Especie	Peso (t)		Valor (miles de pesos)
	Vivo	Desembarcado	
Abulón	436	183	43 764
Algas	1 478	271	1 978
Almeja	3 939	789	38 525
Calamar	48 434	35 803	64 347
Callo de hacha	238	34	2 715
Caracol	1 389	199	3 896
Carnada	176	176	710
Erizo	7	7	1 297

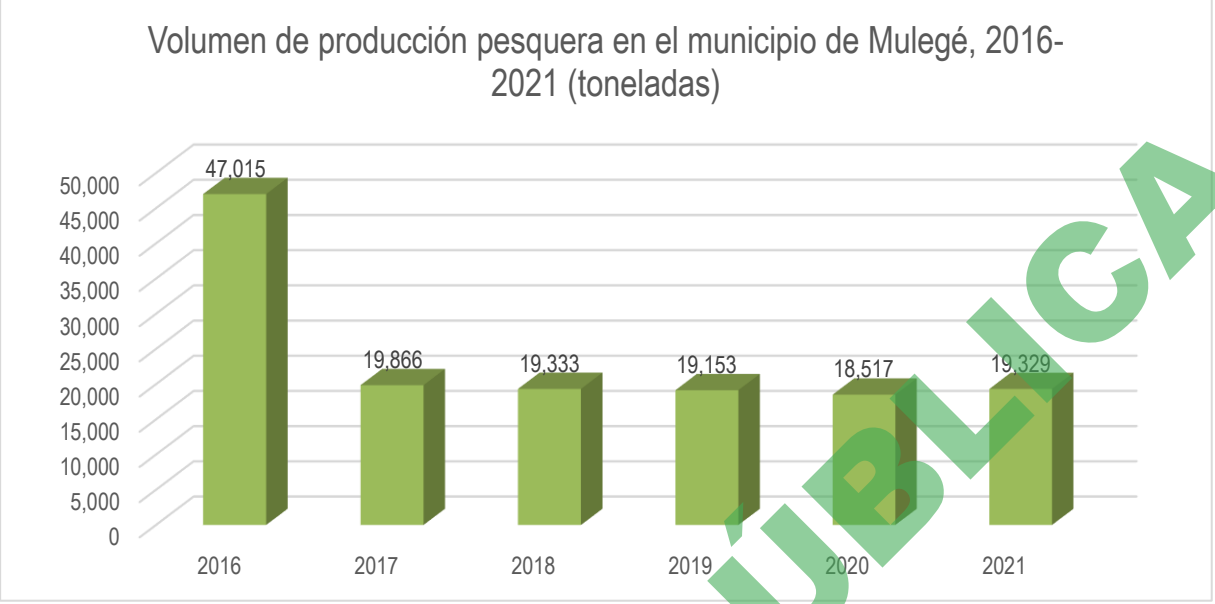
VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 4.50. Volumen y valor de la producción pesquera para el municipio de Mulegé, 2008.

Especie	Peso (t)		Valor (miles de pesos)
	Vivo	Desembarcado	
Escama	6 435	6 129	49 846
Jaiba	235	235	3 394
Langosta	1 370	1 367	153 312
Macarela	2	2	4 777
Pepino de mar	141	141	3 313
Pulpo	142	129	3 204
Raya y simil	412	372	2 923
Sardina	485	388	971
Sargazo	28	25	146
Tiburón-Cazo	654	627	7 185
Tunidos	106	106	366
Otros	27	177	366
Total	66 141	47 166	384 788

Por otro lado, el Gobierno de Baja California en su Información Estratégica de 2023 indica que, la zona Pacífico Norte está situada en la reserva pesquera más importante del país, siendo considerada la principal región pesquera en el estado. Así mismo, se complementa con la producción de la costa del Golfo de California. En año 2021 la producción pesquera fue de 19,329.1 toneladas, que representan el 14.6% del volumen de producción estatal, tal como se muestra en la **Figura 4.53**.

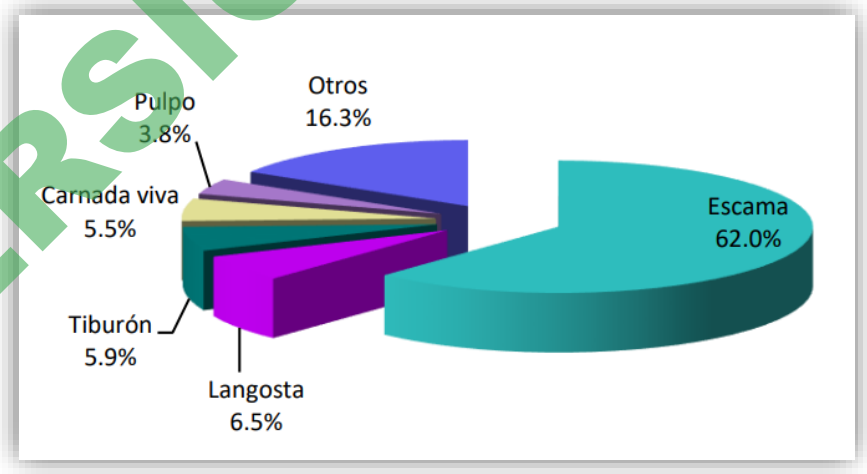
VERSIÓN PÚBLICA



FUENTE: Elaboración propia con información de SADER, Delegación BCS. 1/ Peso fresco entero.

Figura 4.53. Volumen de producción pesquera en el municipio de Mulegé, 2016-2021

De igual manera se tiene que las especies que sobresalen por su volumen de producción son escama con un 62% y langosta 6.5%, seguidos con menor porcentaje el tiburón con el 5.9%, carnada viva con un 5.5% y el pulpo con 3.8%. Gran parte de la producción es destinada al mercado extranjero, principalmente al mercado estadounidense y al asiático.



FUENTE: Información estratégica 2023 BCS.

Figura 4.54. Valor de producción pesquera por especie en el municipio de Mulegé, 2021

VERSIÓN PÚBLICA

Dentro de la producción pesquera se tiene que dentro de los años 2016 a 2021. El año 2021 con mayor producción pesquera con un monto de 822.3 millones de pesos, seguido con 791.1 millones de pesos en el año 2016, 702.6 millones de pesos para el año 2020, información que se puede visualizar en la **Figura 4.55.**



FUENTE: SADER, Delegación BCS.

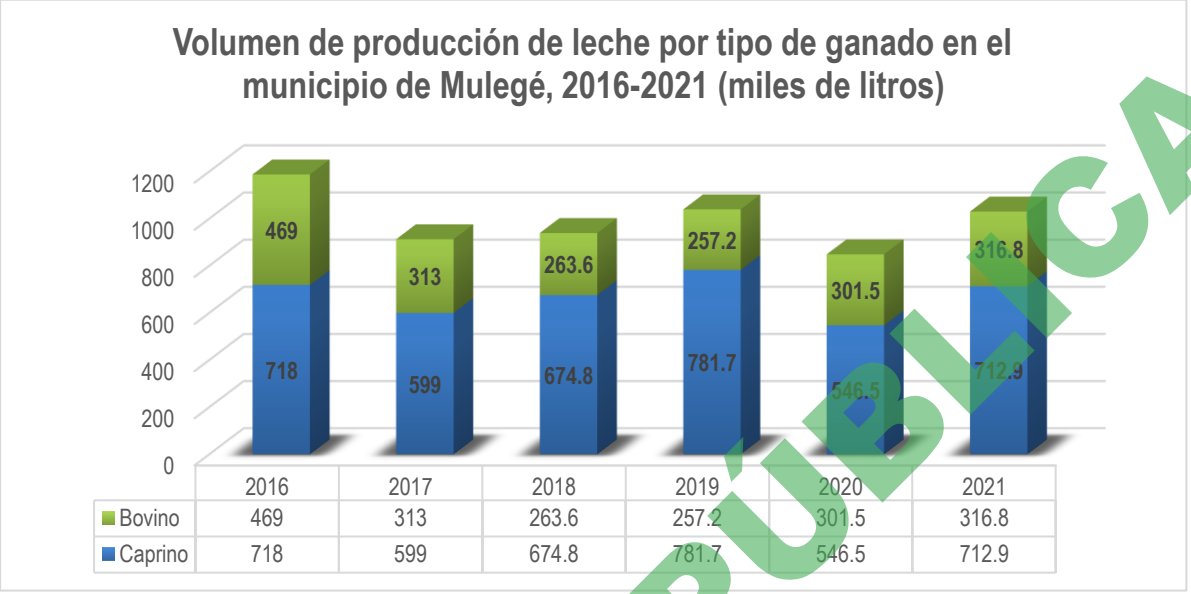
Figura 4.55. Valor de producción pesquera en el municipio de Mulegé, 2016-2021 (millones pesos).

Ganadería

La producción ganadera para Mulegé alcanzó en año 2021, una producción de carne de bovino de 697.8 toneladas con un valor de 30.3 millones de pesos, posteriormente se destaca la producción de carne de porcino con 117.6 toneladas con un valor de 4.2 millones de pesos; caprino con 14.9 toneladas con un valor de 812.5 mil pesos y ovino con 11 toneladas con un valor de 855.6 mil pesos.

Entre otro de los datos que reporta el Gobierno de Baja California Sur en su Información Estratégica de 2023 indica que, la producción de leche caprino fue de 712.9 mil litros con valor de 4.3 millones de pesos. Mientras que la producción de leche de bovino alcanza los 316.8 mil litros con un valor de 2.2 millones de pesos.

VERSIÓN PÚBLICA



FUENTE: Información estratégica 2023 BCS.

Figura 4.56. Volumen de producción de leche por tipo de ganado en el municipio de Mulegé periodo de 2016 a 2021.

4.2.4 PAISAJE

El estudio del paisaje se puede enfocar desde dos aproximaciones: el paisaje total y el paisaje visual (Álvarez y Espluga, 1999[77]; Conesa, 1997[78]). En la primera, se estudia el paisaje como indicador o fuente de información sintética del territorio. En la segunda aproximación, la atención se dirige hacia lo que el observador es capaz de percibir en ese territorio, el paisaje como expresión espacial y visual del medio. El concepto de paisaje contiene, intrínsecamente, una componente visual y, por tanto, una dimensión perceptiva, aspecto que constituye un paso inicial para llegar a su entendimiento y explicación.

Como indica García Ramón (1981)[79], el primer punto del estudio del paisaje sería la descripción de lo que se ve, dando lugar en un segundo peldaño a la interpretación y explicación. Así, el paisaje puede considerarse definido por el entorno visual del punto de observación, y caracterizado por los elementos

[77] Álvarez, M. y Espluga, A. P. (1999): "Introducción al paisaje", en Otero, I. (Ed.): Paisaje, Teledetección y SIG. Conceptos y aplicaciones. Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, pp. 1-33.
[78] Conesa Fernández, V. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, (2ª ed.). Madrid: Editorial Mundi-Prensa.
[79] García Ramón, Maria Dolors (1981) Métodos y Conceptos en Geografía Rural, Vilassar de Mar (Barcelona), Oikos-Tau. 185 pág.

VERSIÓN PÚBLICA

que pueden ser percibidos visualmente por el hombre (relieve, tipo y estructura de las formaciones vegetales, etc.). La representación cartográfica de estos elementos y su integración en un documento sintético puede ser de gran valor en las fases de diagnóstico y planificación territorial.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan una herramienta fundamental pues están orientados a sintetizar un gran número de variables, a proporcionar modelos y a suministrar informes e instrumentos para el análisis, diagnóstico y ordenación del territorio. Existen experiencias previas en las que se han acometido estudios de paisaje empleando SIG (Sancho et al., 1993[80]; 1998[81]; Labrandero y Martínez Vega, 1998[82]; Barettino, 1999[83]; Errea, 1999[84]; Martínez Vega et al., 2000[85]; Montoya y Padilla, 2001[86]).

Descripción paisajística del área de estudio

Con base en los resultados obtenidos en el Sistema de Información Geográfica (SIG) el Sistema Ambiental Regional (SAR) (Microcuenca Portezuelo) tiene una superficie de 100.9 km^2, una altura mínima y máxima de 357 a 1943 msnm respectivamente, su altura promedio es de 1150 msnm. Todos los escurrimientos son de tipo intermitente fluyen en direcciones de norte a sureste y de noroeste a este; los más largos son el arroyo portezuelo y arroyo la angostura.

De acuerdo con la fotointerpretación respetando las etiquetas base de la clasificación de uso de suelo y vegetación de la Serie VII INEGI, 2021[87]; La vegetación y uso del suelo inmersos son: Matorral Sarcocaule

[80] Sancho, J., Bosque, J. y Moreno, F. (1993): "La dinámica del paisaje: aplicaciones de un SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en las vegas de Madrid", Catastro, 18, pp. 35-51.
[81] Sancho, J., Moreno, F., García-Abad, J. J., Salas, F. J., Sobrino, O. y Blanco, J. M. (1998): Cartografía de la calidad visual del paisaje de la Comunidad de Madrid. Madrid, Comunidad de Madrid.
[82] Labrandero, J. L. y Martínez Vega, J. (1998): Sistemas de Información Geográfica en la planificación ambiental de áreas de montaña. Madrid, CSIC.
[83] Barettino Fraile, D. (1999): "Objetivos y bases metodológicas del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (PNCTA)", en Laín Huerta, L. (Ed.): Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente-Instituto Tecnológico Geominero de España, pp. 143-154.
[84] Errea Abad, M. P. (1999): "Gestión territorial e investigación científica con sistemas de información geográfica en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)", en Laín Huerta, L. (Ed.): Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente-Instituto Tecnológico Geominero de España, pp. 177-189.
[85] Martínez Vega, J., Romero, R., García, J.A., Corrochano, P. y Martín, M. P., (2000): "Application of Geographic Information Systems to the management and conservation of Protected Areas". En Lois, R., Martín Lou, M. A., Mata, R., Valenzuela, M. (Eds): Living with Diversity. XXIX Congress of the International Geographic Union (Seoul, 2000), Madrid. pp. 425-438.
[86] Montoya, R. y Padilla, J. (2001): "Utilización de un SIG para la valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje", Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles. Oviedo, Universidad de Oviedo-AGE, pp. 181-184.
[87] INEGI, (2021). "Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.", 1° edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

VERSIÓN PÚBLICA

con el 66.50% de la superficie total, Matorral Desértico Micrófilo suma el 26.70%, Matorral Sarco Crasicaule con el 5.74% y Vegetación Halófila Xerófila solo ocupa un 1.04%. La vegetación más conservada y densa se localiza en las cimas, mientras que la vegetación más rala (Matorral Sarcocaule) se localiza en su totalidad por toda el área de estudio, sobre todo en terrenos planos (llanos).



Figura 4.57. Vista panorámica del área de estudio.

VERSIÓN PÚBLICA

Visibilidad del Paisaje

La cuenca visual es uno de los aspectos del paisaje evaluados en proyectos en que se requiere saber desde que punto o carretera un espacio es visible o invisible, o cuando se requiere elegir la ubicación que ofrezca el máximo o mínimo de visibilidad de un objeto del paisaje. El cálculo de la cuenca visual se ha usado en arquitectura paisajista, planificación de usos de la tierra, minería, silvicultura, ubicación de barreras para el funcionamiento de infraestructura de comunicaciones, instalación de gasoductos y otros servicios, diseño urbano, ubicación y diseño de zonas de recreación, etc. Los resultados permiten estimar y simular los cambios de visibilidad producidos por un cambio del uso de la tierra y evaluar la capacidad de absorción, que es la capacidad física del paisaje de absorber las actividades de desarrollo o manejo

manteniendo su carácter y calidad visual (Yeomans, 1979[88], citado en Matteucci, Mendoza, Silva y Falcón, 2010[89]).

En este sentido, para la interpretación del componente Visibilidad del Paisaje, se centró en el concepto de cuenca visual, la cual hace referencia al conjunto de superficies visibles desde un determinado punto de observación. Este punto de observación se encuentra localizado en el espacio y estará dotado de cierta elevación. La herramienta de análisis de cuenca visual o análisis de visibilidad del terreno evalúa la condición de visibilidad del espacio desde uno o múltiples puntos, tomando en cuenta la elevación de dichos puntos y la morfología del terreno.

Así, para el análisis de la visibilidad del paisaje se realizó de la siguiente forma:

1. Se determinó la cuenca visual para saber desde que punto o carretera un espacio es visible o invisible, utilizando recorridos de campo por las vialidades presentes en el Área de estudio, apoyado con el programa de Sistema de Información Geográfica (Arc-GIS), el cual contiene módulos y algoritmos para elaborar los mapas de cuencas visuales; permite visualizar el espacio en tres dimensiones, se construyen a partir de los mapas de visibilidad, de mapas de la cobertura del terreno (curvas topográficas) y de mapas de los puntos de observación.

2. El plugin Spatial Analysis Tools incluye 4 herramientas ejecutables:

Create viewpoints. Permite estandarizar la capa de puntos de observación para que el algoritmo de análisis de cuenca visual lea correctamente la información y pueda realizar el cálculo de manera efectiva, sin devolver errores.

Viewshed. Es el algoritmo principal de análisis de cuenca visual. Recibe un ráster MDT (Modelo Digital del Terreno) y una capa de puntos como elementos de entrada junto una serie de parámetros para el análisis. Devuelve como resultado un ráster con la frecuencia de visibilidad de cada celda.

Intervisibilty network. Permite evaluar el rayo visual entre dos capas de puntos distintas, devolviendo como resultado una red de intervisibilidad entre puntos de una y otra capa.

VERSIÓN PÚBLICA

[88] Yeomans, W.C. 1979. A Proposed Biophysical Approach to Visual Absorption Capability (VAC). National Conference on Applied Techniques for Analysis and Manage-ment of the Visual Resource, Incline Village, Nevada, April 2325, 1979.
[89] Matteucci, Silvia Diana; Mendoza, Nora Elena; Silva, Mariana Elizabeth; Falcón, Miguel; El paisaje visual, una herramienta de planificación y diseño; Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente; Fronteras; 9; 9; 11-2010; 57-66

Depth below horizon. Hace referencia a la altura (profundidad) que existe entre la línea de horizonte y la superficie del terreno oculto. El resultado será también un ráster con los valores de profundidad de cada celda.

Con el procedimiento anterior, se obtiene que, todas las áreas entre el observador y el contacto de la línea visual con el pico son visibles y las áreas que quedan detrás de este punto de contacto son invisibles por el observador.

El punto de observación puede estar representado por un punto, una línea o un polígono. A partir del sitio de observación el programa extiende líneas de visión en todas las direcciones pasando por todas las celdas y busca el valor de altitud de cada celda para determinar si está o no a la vista. La altura del observador se encuentra a 1.60 metros (promedio de una persona), ya sea de una ruta o de un punto de observación.

El resultado es un mapa raster cualitativo con tres categorías de cobertura: celdas positivas (valor 1=a la vista), celdas negativas (valor 0=no visible) y celdas ocupadas por los sitios de observación (valor 2).

Para mejor comprensión del procedimiento, en la siguiente figura se presenta el principio para la determinación de visibilidad del paisaje.

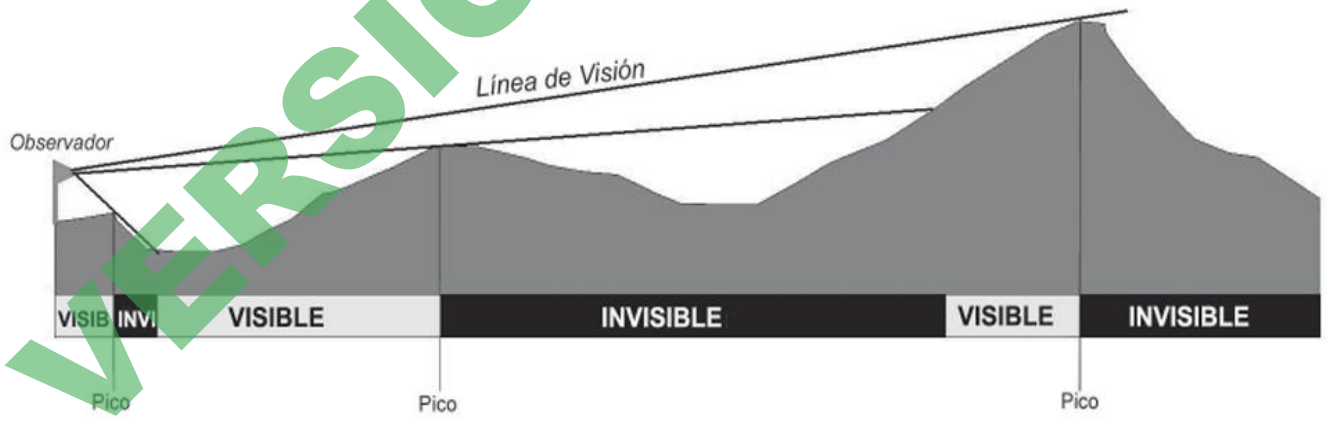


Figura 4.58. Principio de la determinación de visibilidad.

VERSIÓN PÚBLICA

Calidad visual y Fragilidad Visual

Calidad Intrínseca del paisaje

Se trata, en primer lugar, de valorar la calidad visual intrínseca del paisaje del área de estudio. Con este elemento se quiere significar el atractivo visual y la calidad ambiental que se deriva de las características propias de cada punto del territorio. Los valores intrínsecos se definen generalmente en función de los tipos de ocupación del suelo, la diversidad morfológica de las unidades de ocupación y la fisiografía sobre la que se asientan. Estos son, por tanto, los elementos que se han incluido en la valoración de la calidad intrínseca del paisaje del área de estudio.

Se han considerado los trabajos realizados sobre preferencias paisajísticas de la población (Álvarez et al., 1999[90]; Gallardo et al., 1989[91]; González, 1981[92]; Rochefort, 1974[93]; Shafer et al., 1969[94]). Estos estudios muestran las preferencias por paisajes en los que el agua es un elemento principal y donde dominan los elementos verdes frente a zonas más secas, las formaciones arbóreas frente a las arbustivas, las zonas de topografía accidentada frente a las superficies llanas y la diversidad o mosaico paisajístico frente a la monotonía de paisajes homogéneos.

Partiendo de estas premisas se ha comenzado con la valoración del mapa de vegetación y uso de suelo, asignándole a cada categoría un valor en función de su calidad paisajística. Se ha considerado oportuno incluir criterios estéticos y ecológicos. El valor estético hace referencia a las preferencias visuales de la población. Los factores ecológicos tienen que ver con características ambientales de la cubierta vegetal: proximidad a la madurez o tipo de vegetación, rareza y número de estratos. Cada criterio se ha calificado de 1 a 5 (1 mínimo y 5 máximo), siendo la valoración final un promedio de las puntuaciones obtenidas para cada criterio. Se han establecido así cinco clases de calidad –muy alta, alta, media, baja y muy baja, **Tabla 4.51.**

VERSIÓN PÚBLICA

[90] Álvarez, M., Otero, I. y Solano, J. (1999): "Valoración y análisis de preferencias sociales de los distintos conjuntos paisajísticos de la R.N.C. de los Ancares (León y Lugo)", en Otero, I. (Ed.): Paisaje, Teledetección y SIG. Conceptos y aplicaciones. Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, pp. 81-158.
[91] Gallardo et al. 1989. Paisajes Préférés: Divergences des Jeunes en Espagne. L´Espage Geographique. Francia. Pp 27-37.
[92] González Bernáldez Fernando. 1981. Ecología y paisaje. Madrid Blume. 250p.
[93] Rochefort. 1974. La Perception des Paysages. L¨Espace Geopgraphique. Francia. Pp 205209.
[94] Shafer et al. 1969. Landscape preferences: a predictive model. Journal of Leisure Sciences, 1. USA. Pp 1-19.

Tabla 4.51. Valoración de los tipos de ocupación de suelo en función de criterios estéticos y ecológicos en el área de estudio.

Vegetación y uso de suelo	Valor estético	Criterios ecológicos			Valor sintético de calidad
		Proximidad a la madurez	Rareza	Estratos	
Arroyo con cauce seco	3	-	-	-	Media
C.G. Las Tres Vírgenes	1	-	-	-	Muy baja
Camino de acceso a oficina UMA	1	-	-	-	Muy baja
Camino de terracería	1	-	-	-	Muy baja
Carretera acceso a C.G. Las Tres Vírgenes	1	-	-	-	Muy baja
Carretera Federal Sta. Rosalia-Guerrero Negro	1	-	-	-	Muy baja
Construcción desconocida	1	-	-	-	Muy baja
Matorral Sarcocaule	3	5	1	3	Media
Matorral Sarco Crasicaule	2	5	4	3	Media
Matorral Desértico Micrófilo	5	5	3	5	Muy alta
Vegetación Halófila Xerófila	5	5	5	3	Muy alta
Oficina UMA Borrego Cimarrón	1	-	-	-	Muy baja
Pozo CFE	1	-	-	-	Muy baja
Rancho Tres Vírgenes	1	-	-	-	Muy baja
Nota: Valor de los criterios usados en el cuadro: 1 Muy baja, 2 Baja, 3 Media, 4 Alta y 5 Muy alta.					

La máxima calificación corresponde a cubiertas vegetales en las que coincide un alto valor estético y ecológico (proximidad a la madurez, alto grado de rareza y complejidad en la estructura vertical), como la Vegetación Halófila Xerófila y el Matorral Desértico Micrófilo. La mínima puntuación ha sido asignada a las zonas urbanas e industriales y zonas degradadas. Otra de las variables que se incluyen habitualmente en la valoración visual del paisaje hace referencia a su homogeneidad o diversidad. Los estudios realizados muestran una predilección de la población por paisajes diversos, heterogéneos, fragmentados frente a superficies homogéneas, poco variadas que resultan monótonas al observador; sin embargo, para este estudio debido a que la matriz del Matorral Sarcocaule cubre el 66.50% de la superficie total y no se encuentra fragmentada, no se examinó, por lo tanto se consideró como segundo aspecto, el relieve el cual también se ocupa para la valoración de la calidad intrínseca del paisaje. Para su valoración se elaboró un mapa de unidades geomorfológicas que permitió distinguir 10 categorías.

A cada una de ellas se le asignó un valor de calidad en función de las preferencias estéticas, dando como resultado un mapa con tres categorías (calidad baja, media y alta). Como consecuencia del dominio en la zona, de relieves suaves y altitudes bajas de los cañones, arroyos con incisiones profundas y drenajes con pendientes medias, valles poco profundos con drenajes de tierras altas, los fondos de calle en forma

VERSIÓN PÚBLICA

de U, llanuras aluviales, y terrazas, se ha otorgado una calificación de calidad media; a las zonas como las laderas altas, mesas, cimas de montañas y cumbres altas; se les otorgó la calificación de alta y a las zonas planas como llanos, laderas abiertas, crestas locales, las colinas en los valles, crestas pendientes medias, pequeñas colinas en las llanuras se les otorgó la calificación baja.

Se combinaron las capas de valoración de la vegetación y uso del suelo de acuerdo con sus criterios estéticos, ecológicos y la capa de calidad de dominios geomorfológicos, dando como resultado el mapa final de calidad intrínseca del paisaje del área de estudio.

El mapa final (**Figura 4.59**) incluye tres categorías de calidad: baja, media y alta. Como se observa en la **Tabla 4.52** casi el 53.52% del área de estudio cuenta con una calidad visual intrínseca alta; esto se debe en gran parte a que las unidades geomorfológicas en las cuales se encuentran son las partes altas de las montañas, lo que hace que su calidad se clasifique en esa calidad alta a pesar de ser Matorral Sarcocaule, el cual se encuentra por toda el área de estudio y tiene una valoración estética y ecológica media. La calidad visual con valor medio tiene el 20.93%, la cual está representada por las zonas con un relieve suave y pendientes no muy pronunciadas, a pesar de interactuar con el Matorral Desértico Micrófilo el cual tiene una valoración estética y ecológica muy alta; la calidad baja está representada por todas las zonas sin cubierta vegetal (en color negro), las cuales pertenecen a la infraestructura existente y zonas planas con la presencia de Matorral Sarcocaule, el cual es el más abundante en el área de estudio; éstas apenas ocupan el 25.55%.

VERSIÓN PÚBLICA

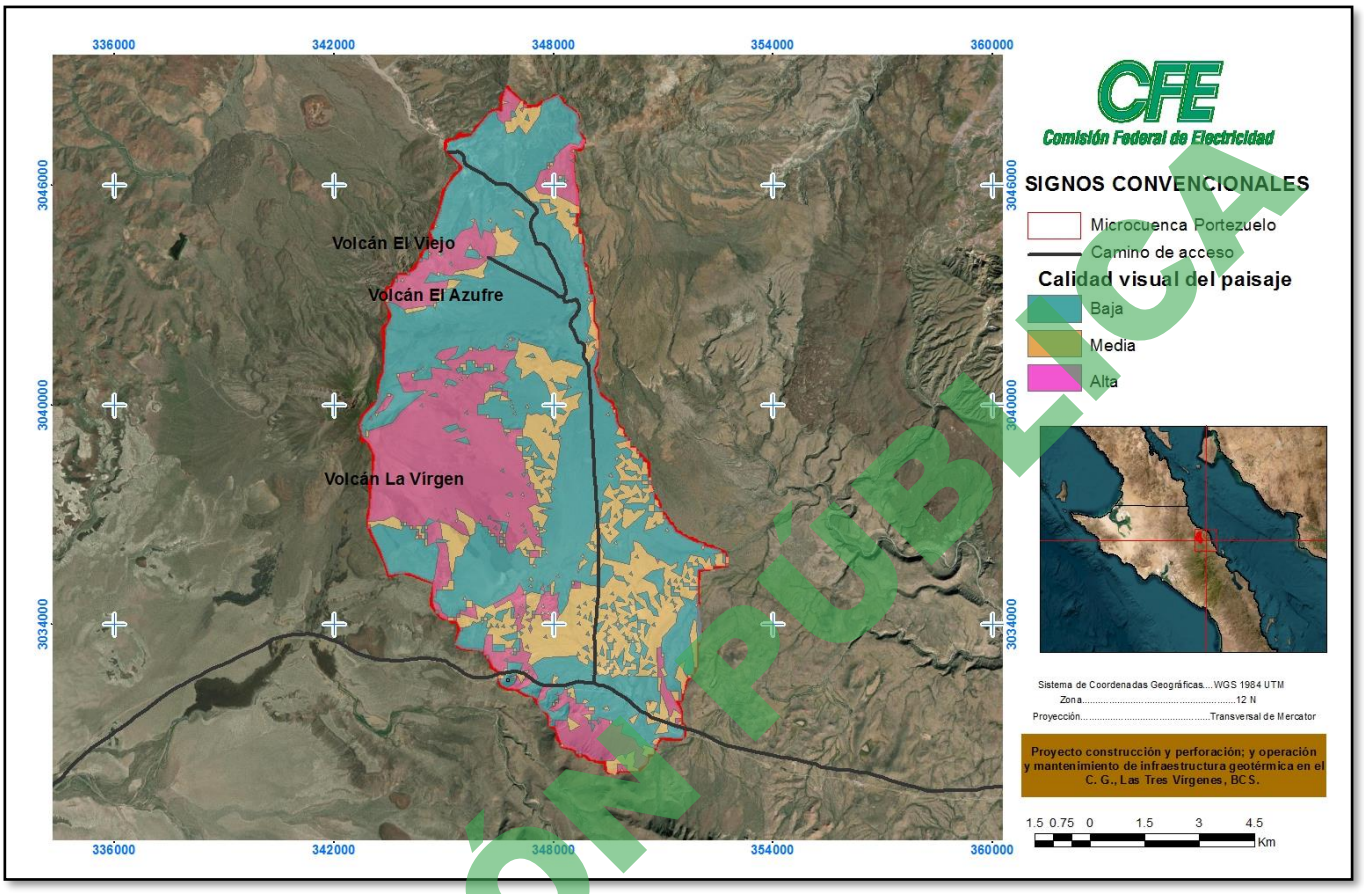


Figura 4.59. Calidad visual intrínseca del paisaje del área de estudio.

Tabla 4.52. Áreas y porcentajes de la calidad visual intrínseca del área de estudio.

Calidad visual intrínseca	Área m^2	Área ha	Área km^2	%
Baja	25782200	2578.22	25.7822	25.55
Media	21117300	2111.73	21.1173	20.93
Alta	54000500	5400.05	54.0005	53.52
Total	**100,900,000**	**10,090**	**100.9**	**100**

La fragilidad visual del paisaje tal y como se ha planteado en este estudio, fue determinada por la fragilidad visual intrínseca, la cual fue analizada por las características ambientales del espacio que aumentan o disminuyen su capacidad de absorción visual, tales como la altura de la vegetación y las características topográficas de la zona, orientación y pendiente. Para obtener el mapa de fragilidad visual intrínseca, se utiliza como información de base el mapa de ocupación del suelo y el modelo digital del terreno con una resolución de 30 metros por pixel, proporcionado por la NASA a través del programa Earthdata. En el este

VERSIÓN PÚBLICA

caso la altura de la vegetación y el número de estratos presentes en la formación, dan idea de su poder de camuflaje ante posibles actuaciones.

Es decir, cuanto menor sea el porte o altura de la vegetación la fragilidad será mayor, por lo tanto, será más difícil encubrir determinados cambios (construcciones), como en el caso de la Vegetación Halófila Xerófila y el Matorral Desértico Micrófilo. En el extremo contrario se encuentran las formaciones con mayor porte o altura de la vegetación, como el Matorral Sarcocaule y el Matorral Sarco Crasicaule que son más visibles y, por lo tanto, poseen menor fragilidad (**Tabla 4.53).**

Tabla 4.53. Valoración de la fragilidad visual de la vegetación en el área de estudio.

Vegetación y uso del suelo	Valor de fragilidad
Arroyo con cauce seco	Sin valorar
C.G. Las Tres Vírgenes	Sin valorar
Camino de acceso a oficina UMA	Sin valorar
Camino de terracería	Sin valorar
Carretera acceso a C.G. Las Tres Vírgenes	Sin valorar
Carretera Federal Sta. Rosalia-Guerrero Negro	Sin valorar
Construcción desconocida	Sin valorar
Matorral Sarcocaule	Bajo
Matorral Sarco Crasicaule	Medio
Matorral Desértico Micrófilo	Medio
Vegetación Halófila Xerófila	Alto
Oficina UMA Borrego Cimarrón	Sin valorar
Pozo CFE	Sin valorar
Rancho Tres Vírgenes	Sin valorar

Para determinar la fragilidad visual derivada de este factor, se ha realizado una reclasificación del mapa de pendientes del área de estudio calculado a partir del modelo digital de elevaciones en cuatro categorías, atribuyendo mayor fragilidad a las pendientes mayores. Con respecto a la orientación, su relación con la fragilidad visual del paisaje se relaciona fundamentalmente con la iluminación. Para incluir esta variable en la estimación de la fragilidad visual intrínseca, se calculó el mapa de orientaciones del SAR a partir del MDE y se reclasificó el resultado en tres categorías en función del tipo de orientación, asignándole mayor valor de fragilidad a las orientaciones sur, valor medio a las orientaciones este y oeste, y el valor menor a las orientaciones norte.

VERSIÓN PÚBLICA

La combinación matricial de los mapas de fragilidad visual calculados a partir de las variables: altura de la vegetación, orientación y pendiente, dieron como resultado el mapa de fragilidad visual intrínseca **(Figura 4.60 y Tabla 4.54).** Este mapa incluye cinco categorías de fragilidad (muy baja, baja, media, alta y muy alta). Además, existe otra categoría que engloba a las zonas que se han excluido de la valoración (todas las zonas sin cubierta vegetal en color negro, las cuales pertenecen a la infraestructura existente).

Tabla 4.54. Áreas y porcentajes de fragilidad visual intrínseca del área de estudio.

Calidad visual intrínseca	Área m^2	Área ha	Área km^2	%
Muy baja	12681500	1268.15	12.6815	12.57
Baja	26596700	2659.67	26.5967	26.36
Media	24872900	2487.29	24.8729	24.66
Alta	19026000	1902.6	19.026	18.85
Muy alta	17722900	1772.29	17.7229	17.56
Total	**100,900,000**	**10,090**	**100.9**	**100**

Como se observa en la **Tabla 4.54 y las Figuras 4.60 y 4.61**, el 24.66% del área de estudio cuenta con una fragilidad visual intrínseca media; esto se debe en gran parte a que las pendientes son suaves y las orientaciones se encuentran entre el este y oeste, lo cual coincide con el valor de fragilidad del Matorral Sarcocaule, que es con quien interactúa en el paisaje y tiene un promedio de altura de 3 m; esto hace que se produzca un efecto de cortina para mimetizar objetos y construcciones. Las fragilidades de muy altas a altas se encuentran en las partes medias y cimas de las montañas, con orientaciones hacia el sur lo que hace que visualmente se identifiquen cambios desde muy largas distancias a pesar de interactuar con los Matorrales Sarcocaule, Sarco Crasicaule y Micrófilo, los cuales tienen una fragilidad visual media con alturas hasta de 5 m; estos ocupan el 36.41%. La fragilidad visual con valores bajos y muy bajos ocupa el 38.93% y está representada por las zonas con un relieve plano, sin pendientes o pendientes no muy pronunciadas a pesar de interactuar con los Matorrales Micrófilo, Sarcocaule y Sarco Crasicaule.

VERSIÓN PÚBLICA

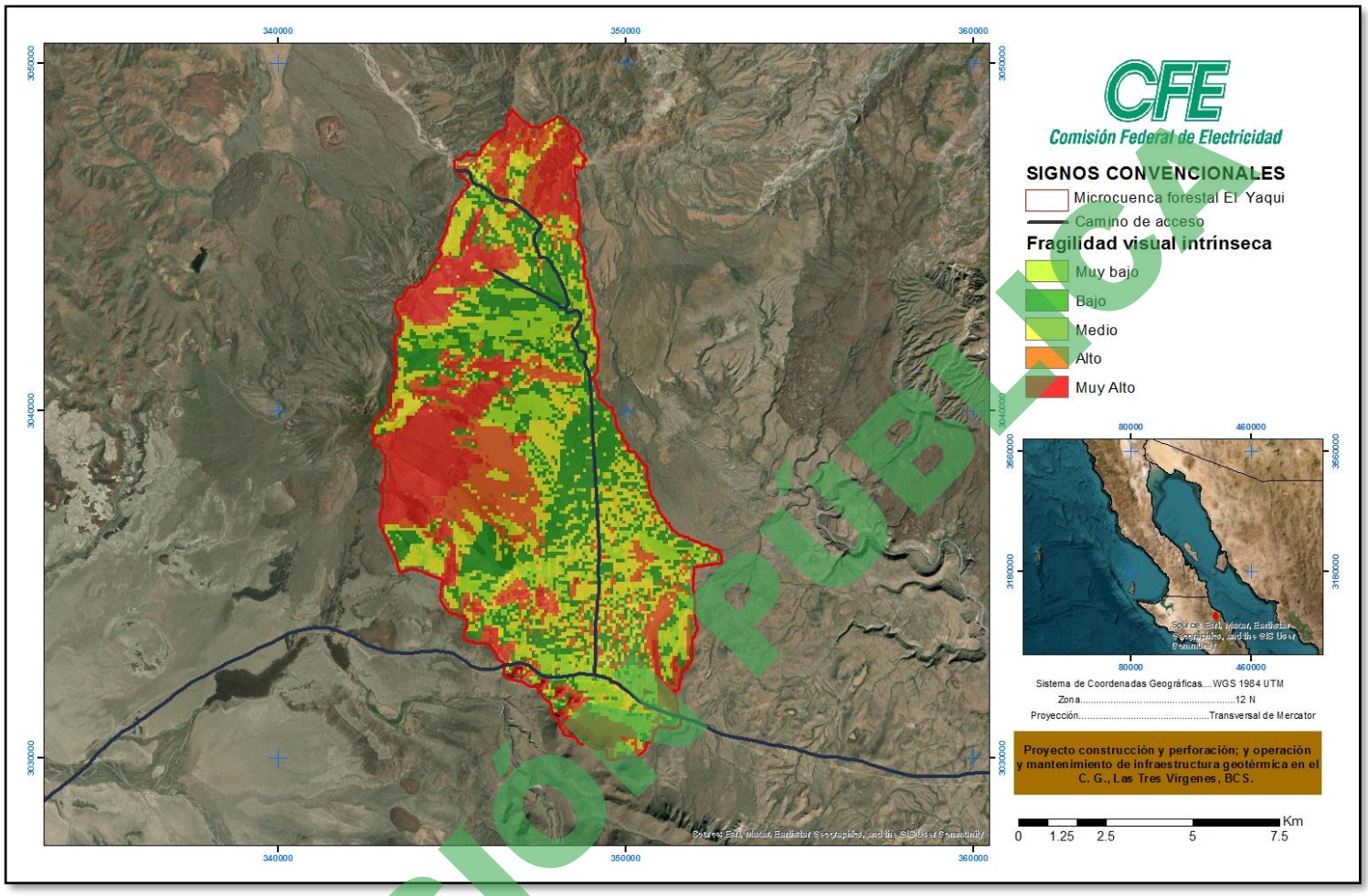


Figura 4.60. Fragilidad visual intrínseca del paisaje en el área de estudio.

VERSIÓN PÚBLICA

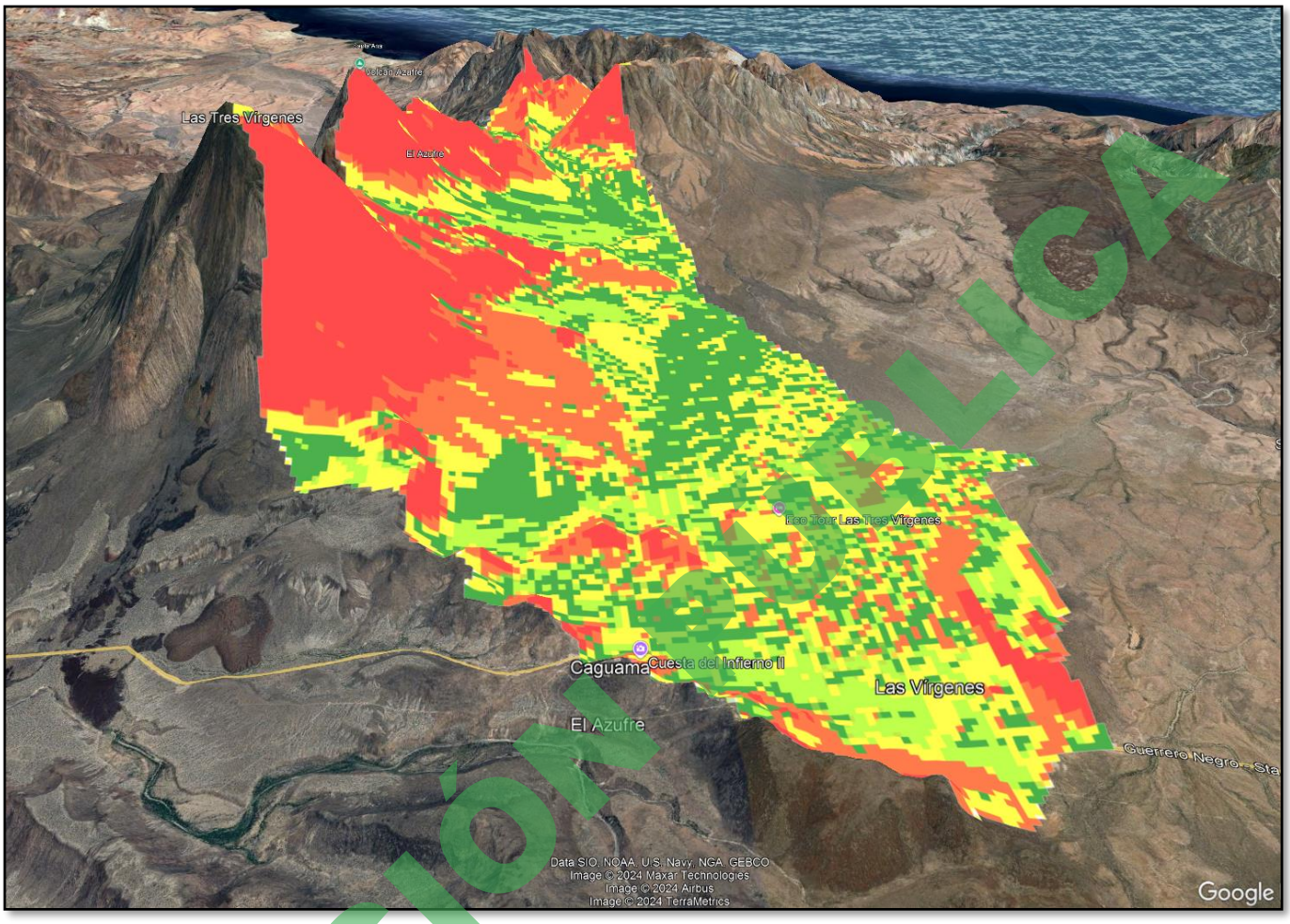


Figura 4.61. Fragilidad visual intrínseca del área de estudio, modelado en 3D.

VERSIÓN PÚBLICA

Conclusiones.

Como resultado de la aplicación de la metodología desarrollada para el análisis de Visibilidad del Paisaje, que se basa en el principio de cuenca visual desde las vialidades existentes y desde puntos de observación de áreas de interés, más, la metodología desarrollada para la evaluación de la Calidad intrínseca del paisaje y Fragilidad Paisajística, se hace un análisis de forma integral en base a elementos naturales como, la vegetación, presencia de agua y fisiografía, adicionados otros elementos como antropogénicos que representa la presencia de carreteras, caminos, construcciones y grado de humanización en la unidad de análisis del proyecto dando como resultado: Para la unidad de paisaje, denominada Microcuenca Portezuelo, una calidad paisajística Alta y una fragilidad visual Media a Baja.

4.2.5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

De acuerdo con el contenido de este capítulo, podemos inferir que el sistema ambiental del área de estudio es el de un ecosistema saludable, en donde se mantiene el flujo de las interacciones entre los componentes abióticos y bióticos, lo que permite el sano funcionamiento del mismo.Si bien existen en la zona algunas pequeñas poblaciones, la casi nula disponibilidad de recursos hídricos es la principal limitante para el desarrollo de establecimientos humanos de mayor tamaño, y como consecuencia, el desarrollo de actividades primarias (agricultura, ganadería, etc.) a gran escala.

Las principales actividades de interacción entre las poblaciones y el medio ambiente que se desarrollan en la zona son el pastoreo extensivo a baja escala y las actividades cinegéticas de la Unidad de Manejo Ambiental N.C.P.E. Alfredo V. Bonfil (Registro: DFYFS-CR-EX- 0439-BCS).

No obstante, lo anterior, en el área de estudio se encuentran indicadores ambientales que demuestran que el estado de conservación del sistema ambiental es alto, tales como:

- **Biodiversidad:** La riqueza y distribución de la diversidad, de acuerdo con los muestreos que se realizaron para el área de estudio determinan que se trata de poblaciones estables.
- **Calidad del aire:** Al no haber actividades industriales dentro del sistema ambiental que utilicen combustibles fósiles, así como debido a que no existen en el área asentamientos humanos que ocasionenen grandes candidades de desechos sólidos, se establece que la calidad del aire no se ve alterada con emisiones de gases de efecto invernadero que pudieran inferir en la alteración de la calidad del aire presente en el sistema ambiental.
- **Residuos:** Los residuos que se generan dentro del sistema ambiental corresponden a los residuos sólidos urbanos que se generan en las pequeñas localidades presentes, así como los residuos de manejo especial y peligrosos (muy mínima cantidad) que se generan con la operación y mantenimiento del Proyecto Geotermoelectrico Las Tres Vírgenes, BCS.
- **Recursos hídricos:** El principal problema dentro del Sistema Ambiental, y asimismo, la causa por la que el ecosistema se mantiene estable debido a que no existe presencia de actividades agropecuarias a gran escala, es la disponibilidad limitada del recurso hídrico.

La disponibilidad de agua en el área de estudio es una limitante para el desarrollo de actividades que puedan impactar los ecosistemas modificando de manera negativa el sistema ambiental, también se debe a que, el área de estudio se encuentra en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, y la vigilancia constante de la Dirección de la misma ha mantenido el cuidado y control de los recursos naturales, aunado a esto, la UMA N.C.P.E. Alfredo V. Bonfil también realiza acciones de conservación y cuidado de los recursos naturales para asegurar el recurso cinegético.

VERSIÓN PÚBLICA

Algunas de las actividades de alto impacto que se tienen en el municipio de Mulegé, como las actividades mineras principalmente, no se presentan dentro del área de estudio.

La política de conservación que tiene como principio la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (ReBiVi), está enfocada en el desarrollo sustentable, orientándose entonces en las acciones de conservación y gestión ambiental, así como la zonificación y aprovechamiento de los recursos naturales; este esquema técnico administrativo busca ofrecer a las diferentes comunidades y sectores productivos, alternativas de desarrollo económico, de capacitación y organización para que lleven a cabo un mejor manejo y conservación de sus propios recursos; igualmente se busca incidir en la facilitación y gestión de los diferentes niveles de ordenamiento como lo son: evaluación y monitoreo eficiente de los recursos naturales, vigilancia y justicia expedita, administración congruente y eficaz, **aplicación de tecnologías adecuadas y no impactantes**, búsqueda de mercados justos para productores y la protección de la biodiversidad a través del aprovechamiento sustentable de especies claves, **y la recuperación de especies amenazadas y en peligro de extinción** (en Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, INE, 2000).

Por último, es importante mencionar que el Proyecto no contraviene con dicha política, por el contrario, es ejemplo de la aplicación de tecnologías adecuadas y no impactantes para la generación de energía eléctrica, aprovechando los recursos naturales de manera responsable y sustentable, asimismo las acciones que lleva a cabo la CFE de rescate y preservación de especies amenazadas contribuyen al cumplimiento de los lineamientos del Programa de Manejo de la ReBiVi.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales que se podrían ocasionar por las diferentes obras y/o actividades del proyecto, lo anterior de conformidad con lo establecido en el Artículo 12 Fracción V del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

A continuación, se presentan las etapas y obras y/o actividades del proyecto:

Etapa de construcción y perforación

- Construcción del contrapozo
- Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos
- Transporte, armado e instalación del equipo de perforación
- Perforación del pozo LV-4B
- Retiro del equipo de perforación
- Evaluación del pozo LV-4B

Etapa de operación y mantenimiento

- Operación de los pozos geotérmicos (LV-6, LV-10 y LV-4B)
- Operación de vaporductos y líneas de inyección
- Operación del edificio técnico administrativo
- Mantenimiento de los pozos geotérmicos (LV-6, LV-10 y LV-4B)
- Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección
- Mantenimiento del edificio técnico administrativo

Etapa de abandono del sitio

- Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos
- Limpieza de los sitios
- Rehabilitación de los sitios

5.1. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para realizar la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales que se provocarán por las diferentes obras y actividades del proyecto, se utilizó la metodología de Bojórquez-Tapia (1989), adecuada para el sector eléctrico por el Instituto de Ecología, A.C. (1999).

Algunas de las ventajas de esta metodología son las siguientes:

a) No se duplican las actividades del proyecto con respecto a los impactos;
b) La información es organizada en un formato simple, no se elaboran matrices complejas;

VERSIÓN PÚBLICA

c) Los enjuiciamientos sobre los impactos son rastreables, no queda sujeta a la subjetividad del evaluador;
d) Es un procedimiento sistemático y objetivo, en el que todos los impactos se evalúan bajo los mismos criterios;
e) Existe mayor certidumbre en los resultados y se facilita la racionalidad en la toma de decisiones.
f) Los datos reales más fácilmente obtenidos para los criterios básicos pueden ser separados de los valores más subjetivos enjuiciados para los criterios complementarios; y
g) Los resultados permiten al equipo multidisciplinario estimar la eficiencia de las medidas de mitigación y facilitan explorar las alternativas.

De acuerdo con este método, primero se identifican y definen las actividades del proyecto que podrían generar impactos, asimismo, se definen también los componentes de los factores ambientales susceptibles a ser afectados. En tal sentido, conforme al método, una vez jerarquizadas las variables (factores y actividades) se elabora una matriz de interacciones tipo Leopold, en la que las actividades del proyecto se disponen en las columnas y los factores ambientales en los renglones de dicha matriz, a fin de identificar y representar las interacciones o dependencias directas entre éstas (factores ambientales, ***i***, vs actividades del proyecto, ***j***) las cuales se definen breve y claramente para evitar confusiones y desviaciones en la evaluación que se hará posteriormente.

La evaluación consiste en calificar cada interacción mediante la aplicación de un conjunto de 11 criterios catalogados como básicos, complementarios y calificadores, los cuales se evalúan bajo la escala ordinal propuesta por el método citado, que comprende diez niveles de magnitud (del 0 al 9), dependiendo del efecto que una actividad del proyecto tendrá sobre el componente ambiental. Los criterios calificadores de certeza y regulaciones ambientales sólo se evalúan como presentes o ausentes.

Una vez realizada la evaluación de las interacciones, se aplica una serie de ecuaciones para evaluar la significancia parcial y final de cada impacto. Con el uso de las ecuaciones mencionadas se obtienen los índices de significancia, cuyo posible rango de variación es de 0 a 1. Un valor final de cero significa la ausencia total del impacto, ya sea por su inexistencia o por su total mitigación. Por el contrario, un valor de 1 corresponde al máximo valor, lo que denota un impacto muy alto.

Para la evaluación de los impactos ambientales se desarrollaron las siguientes reglas de inferencia:

i. Se asume que cualquier impacto tiene al menos; magnitud, extensión y duración, por lo que, los criterios básicos son indispensables para definir una interacción. Los criterios complementarios pueden o no ocurrir, pero si se presentan provocan un incremento en el impacto. Por el contrario, la mitigación tiene el efecto opuesto, es decir, disminuye la significancia del impacto. Los criterios calificadores no modifican el impacto, pero indican la capacidad predictiva de la evaluación. De esta manera, los criterios básicos definen las características directas e inmediatas, los complementarios toman en cuenta las relaciones de orden superior, y los calificativos relacionan a los otros dos con el fundamento técnico de la predicción.

VERSIÓN PÚBLICA

ii. Cuando se tiene incertidumbre en determinar el valor de un criterio, se asigna el mayor. Esta regla es consistente con una racionalidad precautoria para conflictos ambientales; esto es, disminuir la posibilidad de subestimar un impacto y minimizar el riesgo al público. Considerar un impacto negativo como significativo cuando faltan evidencias, de lo contrario mejora la evaluación de impactos ambientales.

5.2. ACTIVIDADES MÁS RELEVANTES DEL PROYECTO

En este apartado se identificaron las actividades del proyecto que podrían ocasionar impactos en el ambiente con base en lo descrito en el Capítulo 2, utilizando esta información se elaboró una lista de actividades, ordenándose de acuerdo con las etapas del proyecto: construcción y perforación, operación y mantenimiento, y abandono del sitio (**Tabla 5.1**).

Tabla 5.1. Actividades principales del proyecto que pueden ocasionar impactos ambientales.

Etapas del proyecto	Actividades		Descripción de actividades
Construcción y perforación	1	Construcción del contrapozo	Para la construcción del contrapozo se realiza una excavación de 3 x 3 m a cielo abierto, el cual tiene el propósito principal de alojar las instalaciones superficiales (árbol de válvulas).
	2	Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos	Antes de instalar el equipo de perforación y equipos auxiliares se procede a impermeabilizar la plataforma y presa de lodos, mediante la utilización de una lona plastificada, con el fin de evitar posible contaminación al suelo por derrames accidentales.
	3	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Una vez que se transporta el equipo al sitio de trabajo, se inicia el armado e instalación del equipo de perforación y sus equipos auxiliares, sobre la plataforma impermeabilizada.
	4	Perforación del pozo LV-4B	Ver Capítulo 2, donde se describe a detalle el procedimiento de perforación. Durante la perforación se colocarán tuberías de revestimiento aisladas con cemento, de diámetros y profundidades de acuerdo con el diseño del pozo, este revestimiento se hará como medida preventiva con el fin de no afectar el acuífero superficial llamado "Las Vírgenes" y las condiciones hidrológicas de la región. Cabe señalar que, para los fines geotérmicos es importante que no exista conexión entre el acuífero y el yacimiento geotérmico, debido a que éste último cedería temperatura, lo cual no es conveniente para el proceso geotérmico. En esta etapa se generarán lodos de perforación, que han resultado ser residuos de manejo especial de acuerdo con los análisis realizados para varios campos geotérmicos. Se llevarán a cabo los análisis CRETI para descartar que se trate de residuos peligrosos.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.1. Actividades principales del proyecto que pueden ocasionar impactos ambientales.

Etapas del proyecto	Actividades		Descripción de actividades
	5	Retiro del equipo de perforación	Una vez terminada la perforación del pozo, se desinstalará el equipo de perforación y equipos auxiliares, para posteriormente retirarlos del área de trabajo.
	6	Evaluación del pozo LV-4B	Se realiza el lavado del pozo asegurándose que no quede ningún material extraño que pueda impedir su adecuada operación. Asimismo, se realizan varios tipos de registros, a fin de evaluar el estado mecánico y las características del pozo perforado. Finalmente se realizará la apertura del pozo, con lo que se podrán determinar las características de producción del pozo (mezcla, líquido, vapor y entalpía), esta actividad consiste en hacer fluir el pozo con diferentes condiciones de apertura, y así elaborar la curva de producción para establecer sus estados óptimos de operación.
Operación y mantenimiento	7	Operación de los pozos geotérmicos	Una vez integrados los pozos al sistema de suministro de vapor, se extrae a través de cada pozo una mezcla de agua-vapor la cual es separada mediante un separador de fases, el vapor es conducido por los vaporductos a la turbina y el agua separada se regresa al yacimiento geotérmico mediante pozos inyectores (la conducción de esta se lleva a cabo a través de las líneas de inyección).
	8	Operación de vaporductos y líneas de inyección	Por medio de los vaporductos se conduce el vapor geotérmico seco hasta la turbina de generación de energía eléctrica. Y el agua que se separa del vapor que se suministrará a las centrales de generación, así como el excedente de las torres de enfriamiento de las centrales se inyectará al yacimiento geotérmico mediante el sistema de inyección para ser dispuesta en los pozos inyectores.
	9	Operación del edificio técnico administrativo	La operación del edificio técnico administrativo (oficina administrativa, almacén y taller) proporciona los servicios requeridos para el buen funcionamiento de las Unidades Generadoras.
	10	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Esta actividad por lo general está programada y consiste en proporcionar mantenimiento a las instalaciones superficiales que conforman el cabezal del pozo (árbol de válvulas). Además, después de un tiempo de operación, es posible que el pozo se incruste, por lo que, para mantenerlo en condiciones de operación, se procede a realizar un mantenimiento mecánico; para lo cual se utiliza el equipo de perforación. En esta actividad se pueden generan residuos peligrosos como estopas impregnadas con grasas y aceites, pinturas gastadas, etc.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.1. Actividades principales del proyecto que pueden ocasionar impactos ambientales.			
Etapas del proyecto	**Actividades**		**Descripción de actividades**
	11	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	Se realizan mantenimientos programados tanto a los vaporductos como a las líneas de inyección. Los cuales consisten en aplicación de pintura y desincrustar las líneas de inyección ya que con el tiempo se les forma una capa de sílice que reduce el diámetro de las tuberías, y para el caso de los vaporductos se les da mantenimiento de aplicación de pintura y cambio de aislamiento térmico.
	12	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	Se llevan a cabo mantenimientos programados como aplicación de pintura y mantenimiento en general.
Abandono del sitio	13	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Se desmontará el equipo e infraestructura eléctrica y mecánica existente, la que aún pueda ser utilizada se reubicará en algún otro proyecto de este tipo. Se realizará la demolición de la obra civil, y se taponarán los pozos geotérmicos de acuerdo con la NOM-004-CONAGUA-1996[1].
	14	Limpieza de los sitios	Consiste en limpiar totalmente los sitios (retirar todos los escombros).
	15	Rehabilitación de los sitios	Se llevará a cabo la rehabilitación del suelo y restitución de la vegetación.

Nota: En todas las etapas del proyecto se generarán residuos sólidos urbanos (domésticos), e incremento leve del nivel sonoro.

5.3. FACTORES Y COMPONENTES AMBIENTALES

Los requisitos para la identificación y definición de los factores ambientales susceptibles de recibir impactos son los siguientes:

a) Ser representativos del entorno afectado, y, por lo tanto, del impacto total sobre el medio producido por la ejecución del proyecto;

b) Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto;

c) Ser excluyentes, sin solapamientos ni redundancias;

d) De fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación al utilizar información estadística, cartográfica o trabajos de campo; y

e) Cuantificables, dentro de lo posible.

En la **Tabla 5.2** se presentan los factores y componentes ambientales que pueden verse afectados por la ejecución del proyecto. En función de la relevancia del componente ambiental afectado se

[1] NOM-004-CONAGUA-1996, Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

VERSIÓN PÚBLICA

definieron los indicadores ambientales, los cuales serán monitoreados para las diferentes actividades durante las etapas del proyecto.

Tabla 5.2. Factores y componentes ambientales, y sociales susceptibles de afectarse por las actividades del proyecto.

Factor	Componente		Descripción del componente ambiental
Aire	1	Calidad del aire	Criterios de la calidad atmosférica en el área de influencia del proyecto.
	2	Nivel de ruido	Niveles sonoros (dB) con respecto a la NOM-080-SEMARNAT-1994 y NOM-081-SEMARNAT-1994.
	3	Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Valor límite de exposición del H_2S y CO_2 (1 ppm y 5,000 ppm, respectivamente) en una jornada laboral de 8 horas diarias, que determina la NOM-010-STPS-2014.
Suelo	4	Calidad del suelo	Condición del suelo que refleja qué tan bien realiza las funciones de mantener la biodiversidad y la productividad.
Vegetación	5	Cobertura vegetal	Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales.
Fauna	6	Presencia de especies faunísticas	Existencia de especies faunísticas en un lugar determinado.
Paisaje	7	Calidad intrínseca del paisaje	Grado de belleza y/o calidad escénica propia de los componentes del ecosistema.
	8	Fragilidad paisajística	Susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; expresión del grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.
Socioeconómico	9	Economía local (empleo)	Proceso colaborativo de producción, distribución y consumo de productos locales, que promueve el aprovechamiento sostenible de estos.

5.4. IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para identificar las interacciones de impactos ambientales entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales se elaboró una matriz de interacciones (**Tabla 5.3**), ordenándose sobre las columnas las actividades del proyecto que se listaron en la **Tabla 5.1** y sobre las filas se incluyeron los componentes ambientales susceptibles de afectación por la ejecución del proyecto, listados en la **Tabla 5.2**. La existencia de alguna interacción entre las obras y/o actividades del proyecto con los factores y componentes ambientales se señala sombreando la celda de intercepción.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.3. Matriz de interacciones de impacto ambiental.

"MIA-P: Proyecto Construcción y Perforación; y Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS"

				OBRAS Y/O ACTIVIDADES EN CADA ETAPA DEL PROYECTO.																		
				Construcción y perforación						Operación y mantenimiento						Abandono del sitio				
MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO POTENCIAL	Construcción del contrapozo	Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Perforación del pozo LV-4B	Retiro del equipo de perforación	Evaluación del pozo LV-4B	Operación de los pozos geotérmicos	Operación de vaporductos y líneas de inyección	Operación del edificio técnico administrativo	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Limpieza de los sitios	Rehabilitación de los sitios		
Abiótico	Aire	Calidad del aire	Emisiones a la atmósfera de gases de combustión	1		7	13	20					33			45		52	7	29
		Nivel de ruido	Incremento del nivel sonoro	2		8	14	21	23	26		30	34	39	42	46	50	53	13	
		Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Emisión a la atmósfera de gases incondensables (H_2S)						24	27									2	
	Suelo	Calidad del suelo	Posible derrame de agua geotérmica						25		29								2	
			Posible afectación por manejo inadecuado de residuos				15					31	35	40	43				5	
Biótico	Vegetación	Cobertura vegetal	Recuperación de la vegetación															54	1	6
	Fauna	Presencia de especies faunísticas	Posibilidad de encontrar a uno o más individuos	3	5	9	16											55	5	
Perceptual	Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Modificación del paisaje			10	17						36			47		56	5	10
		Fragilidad paisajística	Susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla una actividad sobre él			11	18						37			48		57	5	
Social	Socioeconómico	Economía local (empleo)	Generación de empleo	4	6	12	19	22		28		32	38	41	44	49	51	58	13	13
				25						19						14			58	

19 Impacto positivo

39 Impacto negativo

VERSIÓN PÚBLICA

De acuerdo con la matriz de interacciones, se identificaron **58 interacciones de impactos ambientales** entre las actividades del proyecto que se pretenden realizar, y los factores ambientales involucrados. De estas interacciones identificadas, **39** son negativas y **19** son positivas.

5.5. DESCRIPCIÓN DE LAS INTERACCIONES IDENTIFICADAS

A continuación, se describen brevemente las interacciones de impactos ambientales identificadas, las cuales serán evaluadas posteriormente con mayor objetividad.

Tabla 5.4. Descripción de las interacciones identificadas.

Componentes ambientales	Actividades del proyecto	Descripción de interacciones de impacto ambiental
Calidad del aire	Construcción del contrapozo	Durante esta actividad habrá emisiones a la atmósfera de gases de combustión por el uso de la maquinaria y vehículos automotores.
	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Habrá emisiones a la atmósfera de gases de combustión por el uso de los vehículos que transportarán el equipo de perforación.
	Perforación del pozo LV-4B	En esta actividad se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión interna por la operación del equipo de perforación.
	Retiro del equipo de perforación	Habrá emisiones a la atmósfera de gases de combustión por el uso de los vehículos que retirarán el equipo de perforación del área de trabajo.
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	En caso de que se requiera desincrustar la tubería del pozo, se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión interna por la operación del equipo de perforación.
	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	De ser el caso se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión por el uso de los vehículos que retirarán la infraestructura del área de trabajo.
	Rehabilitación de los sitios	En esta actividad habrá emisiones a la atmósfera de gases de combustión por la maquinaria que se utilice para rehabilitar los sitios.
Nivel de ruido	Construcción del contrapozo	Por llevar a cabo la excavación para construir el contrapozo se generará un incremento en el nivel sonoro de fondo en el área del proyecto.
	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Por armar e instalar el equipo de perforación se generará ruido en el área del proyecto.
	Perforación del pozo LV-4B	Durante la perforación del pozo se emitirá ruido por la operación del equipo de perforación.
	Retiro del equipo de perforación	Se generará un poco de ruido por la desinstalación y retiro del equipo de perforación del área de trabajo.
	Evaluación del pozo LV-4B	Cuando se lleve a cabo la apertura del pozo habrá incremento del nivel sonoro, debido a la salida del fluido. Sin embargo, el silenciador (separador atmosférico) que se coloca en la descarga del pozo aparte de separar el agua del vapor, éste disminuirá el ruido.
	Operación de los pozos geotérmicos	Habrá incremento del nivel de ruido por la operación de los pozos.
	Operación del edificio técnico administrativo	Durante las actividades en el taller que forma parte del edificio técnico administrativo, se generará ruido en pequeña cantidad.
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Si se requiere desincrustar la tubería del pozo, se utilizará el equipo de perforación, el cual generará ruido.
	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	Se emitirá ruido por desincrustar las líneas de inyección (eliminación de sílice), y también se generará ruido por el cambio de aislamiento térmico en los vaporductos.
	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	En caso de que se requiera reparar alguna parte de la infraestructura del edificio, se emitirá ruido.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.4. Descripción de las interacciones identificadas.

Componentes ambientales	Actividades del proyecto	Descripción de interacciones de impacto ambiental
	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Por el desmantelamiento y retiro de infraestructura del área de trabajo, se emitirá ruido.
	Limpieza de los sitios	Cuando se lleve a cabo el retiro de todos los escombros del área de trabajo, se generará ruido.
	Rehabilitación de los sitios	Se generará ruido por las actividades que se realizarán para dejar los sitios con condiciones similares a las que tenían previo al proyecto.
Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Evaluación del pozo LV-4B	Durante la medición de producción de agua y vapor del pozo, habrá emisiones de gases incondensables (ácido sulfhídrico: H_2S, bióxido de carbono: CO_2, entre otros) en pequeñas cantidades.
	Operación de los pozos geotérmicos	En la operación de los pozos geotérmicos se generarán emisiones a la atmósfera de gases incondensables (H_2S, CO_2, etc.) producto de la extracción de la mezcla agua-vapor.
Calidad del suelo	Evaluación del pozo LV-4B	En la evaluación del pozo podría haber derrames accidentales de agua geotérmica, que pudieran modificar alguna de las características químicas del suelo.
	Operación de vaporductos y líneas de inyección	Por la operación de las líneas de inyección podría haber derrames accidentales de agua geotérmica, con lo que se modificaría alguna característica química del suelo.
	Perforación del pozo LV-4B	Puede haber algún derrame de un hidrocarburo (combustible, lubricante) utilizado en el proceso de perforación del pozo, que podría modificar alguna característica química del suelo.
	Operación del edificio técnico administrativo	Podría ocurrir un derrame accidental de algún hidrocarburo que se encuentre en el almacén y taller que forman parte del edifico técnico administrativo. Lo cual puede modificar alguna característica química del suelo.
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Se podría modificar alguna característica química del suelo, si no se da un manejo adecuado a las estopas impregnadas de hidrocarburo y pintura gastada durante el mantenimiento del árbol de válvulas, asimismo, si no se maneja adecuadamente la sílice que se desincrustará de la tubería del pozo.
	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	Podría haber modificación en alguna de las características químicas del suelo, si no se manejan adecuadamente las estopas impregnadas de pintura aplicada en las líneas de inyección y vaporductos, así como la sílice desincrustada de las líneas de inyección, y el aislamiento térmico que se les cambiará a los vaporductos.
	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	Puede modificarse alguna de las características químicas del suelo, por el manejo inadecuado de las estopas impregnadas de pintura utilizada para el mantenimiento del edificio.
Cobertura vegetal	Rehabilitación de los sitios	Al llevar a cabo esta actividad, se obtendrán condiciones similares a las que había en los sitios previo al desarrollo del proyecto. Por lo que, se recuperará la vegetación en los sitios (interacción positiva).
Presencia de especies faunísticas	Construcción del contrapozo	Durante esta actividad podrían encontrarse a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto o sus alrededores, los cuales serán llevados a lugares con condiciones adecuadas para su conservación.
	Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos	Durante la colocación de la lona impermeable en la plataforma y presa de lodos, existe la posibilidad de encontrar a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto o sus alrededores, sin embargo, éstos se llevarán a lugares con condiciones adecuadas para su conservación.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.4. Descripción de las interacciones identificadas.

Componentes ambientales	Actividades del proyecto	Descripción de interacciones de impacto ambiental
	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Podrían encontrarse a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto o sus alrededores, los cuales se llevarán a lugares con condiciones adecuadas para su conservación.
	Perforación del pozo LV-4B	Mientras se lleve a cabo esta actividad, existe la posibilidad de encontrar a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto o sus alrededores, que serán llevados a lugares con condiciones adecuadas para su conservación.
	Rehabilitación de los sitios	Con la rehabilitación de los sitios se obtendrán condiciones similares a las que había previo al desarrollo del proyecto. Por lo tanto, los individuos de especies faunísticas regresarán al área del proyecto (interacción positiva).
Calidad intrínseca del paisaje	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	La instalación del equipo de perforación podría modificar el paisaje en el área del proyecto, sin embargo, esto depende de la presencia de posibles observadores en el sitio. Además de que, este impacto será temporal.
	Perforación del pozo LV-4B	Durante la perforación del pozo se podría modificar el paisaje en el área del proyecto, sin embargo, depende de la presencia de posibles observadores en el sitio. Además de que, el impacto será temporal.
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Mientras se realiza el mantenimiento a los pozos (desincrustar las tuberías) podría modificarse el paisaje del área del proyecto, debido a la utilización del equipo de perforación, sin embargo, depende de la presencia de posibles observadores en el sitio. Además de que, la duración de la actividad es corta.
	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Con el desmantelamiento y retiro de infraestructura del área del proyecto, el paisaje se modificará de manera positiva.
	Rehabilitación de los sitios	Al rehabilitar los sitios, éstos tendrán condiciones similares a las que había previo al desarrollo del proyecto, con lo cual se modificará el paisaje de forma positiva.
Fragilidad paisajística	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	La instalación del equipo de perforación en el área del proyecto podría afectar al paisaje, sin embargo, esta área tiene la capacidad de absorber dicho cambio, debido a su ubicación y características (está dentro de un campo geotérmico en operación).
	Perforación del pozo LV-4B	Por la perforación del pozo se podría afectar al paisaje, sin embargo, el área del proyecto tiene la capacidad de absorber este cambio, debido a que se encuentra dentro de un campo geotérmico en operación, y que se ubica lejos de las localidades.
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Durante el mantenimiento de los pozos puede afectarse al paisaje, sin embargo, el área del proyecto tiene la capacidad de absorber el cambio, debido a que se encuentra dentro de un campo geotérmico en operación, y que se ubica lejos de las localidades.
	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Al desmantelar y retirar la infraestructura del área del proyecto, no se afecta al paisaje, al contrario, es un cambio positivo.
	Rehabilitación de los sitios	Con la rehabilitación de los sitios, se tendrán condiciones similares a las que había previo al desarrollo del proyecto, con lo cual se beneficiaría al paisaje (interacción positiva).
Economía local (empleo)	Construcción del contrapozo	Para estas actividades se requerirá de la contratación temporal de personal para mano de obra calificada y no calificada, mucho del cual se espera sea de localidades cercanas al proyecto.
	Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos	

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.4. Descripción de las interacciones identificadas.		
Componentes ambientales	**Actividades del proyecto**	**Descripción de interacciones de impacto ambiental**
	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Asimismo, se contratarán los servicios para la disposición de los residuos y actividades de rehabilitación de los sitios. Por otra parte, este tipo de proyectos conlleva además la generación de empleos indirectos, sobre todo para cubrir la demanda de servicios del personal contratado, así como para el suministro de materiales.
	Perforación del pozo LV-4B	
	Retiro del equipo de perforación	
	Operación de los pozos geotérmicos	
	Operación del edificio técnico administrativo	
	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	
	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	
	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	
	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	
	Limpieza de los sitios	
	Rehabilitación de los sitios	

5.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS INTERACCIONES IDENTIFICADAS

En total se identificaron 58 interacciones de impactos ambientales, 39 interacciones negativas y 19 positivas. En la tabla siguiente se presenta una síntesis de las interacciones identificadas por etapas del proyecto y por factores ambientales.

Tabla 5.5. Interacciones identificadas entre factores y etapas del proyecto.				**Totales**
ETAPA / **FACTOR**	**Construcción y perforación**	**Operación y mantenimiento**	**Abandono del sitio**	
Aire	10	7	5	22
Suelo	2	5	--	7
Vegetación	--	--	1	1
Fauna	4	--	1	4 + 1
Paisaje	4	2	4	6 + 4
Socioeconómico	5	5	3	13
Totales	20 + 5	14 + 5	5 + 9	58

- En la etapa de Construcción y perforación son 25 interacciones: 20 negativas y cinco positivas.
- 19 interacciones durante la etapa de Operación y mantenimiento: 14 negativas y cinco
- positivas.
- En la etapa de Abandono del sitio son 14 interacciones: cinco negativas y nueve positivas.
- En el factor Aire son 22 negativas.
- En el factor Suelo incidirían siete negativas.
- Para la Vegetación es una interacción positiva.

VERSIÓN PÚBLICA

- En el factor Fauna son cuatro negativas y una positiva.
- Para el factor Paisaje son seis negativas y cuatro positivas.
- Y para el Socioeconómico son 13 positivas.

5.6.1. Análisis de los impactos ambientales identificados sobre los factores físicos y bióticos por etapa del proyecto.

A continuación, se hace un análisis de los impactos ambientales identificados por etapa del proyecto.

Construcción y perforación.

En esta etapa el factor aire se verá afectado básicamente por las emisiones de gases de combustión que se generen por el uso de la maquinaria en la construcción del contrapozo y el transporte del equipo de perforación, así como por el uso de vehículos automotores que trasladarán el personal al sitio de trabajo. También se generarán emisiones a la atmósfera por la combustión interna del equipo de perforación durante la perforación del pozo LV-4B. Cabe mencionar que, la calidad del aire será afectada en el sitio, de manera temporal, puntual o local.

Además, se prevé que haya emisiones a la atmósfera de gases incondensables (H_2S) durante la actividad de evaluación del pozo LV-4B. Sin embargo, la concentración de estas emisiones es baja y temporal para esta etapa.

Por otra parte, se prevé que la emisión de ruido (menos de 65 dB) ocasionada por la operación de la maquinaria a utilizar en esta etapa, y de los vehículos automotores que transporten el personal, así como por la perforación y evaluación del pozo (en la apertura del pozo) se ocasionará un impacto ambiental similar, es decir, de manera local y temporal (de corta duración). Es importante mencionar que, durante la perforación y evaluación del pozo LV-4B el personal contará con el equipo de protección auditiva adecuado.

En esta etapa puede haber un posible derrame de lodos y recortes de perforación y un posible manejo inadecuado de residuos, que afectarían al factor suelo. Sin embargo, es importe mencionar que, como medida preventiva antes de instalar el equipo de perforación y sus equipos auxiliares, en la plataforma del pozo a perforar, se colocará una lona plástica (liner) para evitar la contaminación del suelo por algún derrame accidental de combustible y/o lubricante; asimismo, se instalarán contenedores portátiles etiquetados para disponer los diferentes tipos de residuos que se generen, para su manejo y control. También, durante la perforación los residuos (lodos y recortes de material geológico) se depositarán en la presa de lodos, la cual estará debidamente impermeabilizada en su interior con una lona de polietileno de alta densidad para evitar infiltraciones o posibles derrames al suelo o mantos freáticos. Al término de la perforación, los recortes y lodos se dejarán secar en la presa de lodos para posteriormente practicarles las pruebas CRETI correspondientes y determinar su disposición final. Los demás residuos sólidos como bentonita, madera, plásticos, etc., se retirarán del área hacia los rellenos o tiraderos autorizados por la autoridad municipal. Para el control de los residuos líquidos sanitarios, se contará con letrinas portátiles para el servicio del personal, estos módulos serán retirados por el contratista al término de los trabajos.

VERSIÓN PÚBLICA

En la mayor parte de las actividades de esta etapa, se considera la posibilidad de encontrar a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto y sus alrededores, sin embargo, los individuos que sean encontrados serán ahuyentados y/o rescatados y puestos en un lugar seguro para su conservación.

Respecto al paisaje, los sitios donde se llevarán a cabo las obras y/o actividades del proyecto, presentan una calidad intrínseca baja, debido a que en su entorno ya existe infraestructura geotérmica operando, asimismo, es importante mencionar que la plataforma donde se pretende perforar el pozo LV-4B cuenta con infraestructura geotérmica construida y operando. Además, es importante señalar la lejanía que existe de este sitio con respecto a una localidad cercana, así como de la carretera federal transpeninsular, lo que reduce dicho impacto, en la medida de que no habrá ojos visores cercanos al sitio que puedan objetivar dicho impacto.

Los impactos para el factor socioeconómico son positivos, debido a que se generarán empleos locales.

Finalmente, con relación al factor ambiental vegetación, éste no se verá afectado por las actividades del proyecto, en virtud de que ya se cuenta con la infraestructura necesaria (plataforma, presa de lodos, vaporductos, líneas de inyección), por lo que, no se requerirá de llevar a cabo cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Operación y mantenimiento.

Para esta etapa, la cual tendrá una duración de 30 años aproximadamente, uno de los factores ambientales que será impactado es el aire, esto por la emisión de ruido durante la operación de los pozos geotérmicos y cuando éstos requieran mantenimiento (se prevé que éste estará por debajo del límite permitido por la norma oficial mexicana vigente en la materia). Además, se tendrán emisiones a la atmósfera de gases incondensables (H_2S) durante la operación de los pozos, sin embargo, al no existir alguna normatividad en México que regule las emisiones de H_2S, se utiliza como parámetro lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (150 µg/m^3) para el umbral del olor. Que, de acuerdo con la experiencia en la operación del Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes, éstas se encuentran muy por debajo de este límite.

Otro factor que pudiera verse afectado por la operación y mantenimiento del proyecto es el suelo, esto debido al manejo inadecuado de residuos (residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos), y por posibles derrames accidentales de agua geotérmica de las líneas de inyección.

El paisaje podría verse afectado por la instalación del equipo de perforación cuando se requiera el mantenimiento de los pozos, sin embargo, el acceso al sitio es limitado, por lo que, la cantidad de observadores en el sitio es escasa. Asimismo, este impacto puede ser absorbido por las condiciones del campo geotérmico el cual cuenta con infraestructura geotérmica presente.

Por último, los impactos al factor socioeconómico son positivos, debido a que se requerirá mano de obra local para llevar a cabo las actividades de esta etapa del proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

Abandono del sitio.

En esta última etapa del proyecto, el factor aire será afectado por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión y ruido que se generarán por el uso de la maquinaria y/o equipos para el desmantelamiento, retiro de infraestructura, taponamiento de pozos geotérmicos, limpieza y rehabilitación de los sitios. También por el uso de vehículos automotores para el traslado de personal.

Los factores vegetación y fauna serán beneficiados con la rehabilitación de los sitios, ya que con esta actividad los sitios podrán tener condiciones similares a las que tenían previo al desarrollo del proyecto, con lo cual se podrá recuperar la vegetación y el retorno de individuos de especies faunísticas a estos sitios.

En esta etapa los impactos al paisaje serán positivos, debido a que se desmantelará y retirará la infraestructura de los sitios, además, éstos serán rehabilitados a condiciones similares a las que tenían antes de desarrollar el proyecto.

Asimismo, el factor socioeconómico tendrá impactos positivos, porque se requerirá mano de obra local (generación de empleo) para que realicen las actividades de esta última etapa del proyecto.

5.7. EVALUACIÓN DE LAS INTERACCIONES DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADAS

La evaluación consiste en calificar cada interacción mediante la aplicación de un conjunto de once criterios catalogados como básicos, complementarios y de calidad (Bojórquez Tapia, 1989; Duinker y Beanlands, 1986), los cuales son referidos en la **Tabla 5.6**.

Tabla 5.6. Clasificación y definición de los criterios utilizados para evaluar las interacciones.

Criterios	Definición
BÁSICOS	
Magnitud (M)	Intensidad de la afectación en el área de impacto
Extensión (E)	Área de afectación con respecto a la disponible en el campo geotérmico
Duración (D)	Tiempo del efecto
COMPLEMENTARIOS	
Sinergia (S)	Interacciones de orden mayor entre impactos
Acumulación (A)	Presencia de efectos aditivos de los impactos
Controversia (C)	Oposición de los actores sociales al proyecto por el impacto
Mitigación (T)	Existencia y eficiencia de medidas de mitigación
CALIFICADORES	
Información (In)	Cantidad y calidad de los datos que soportan la predicción
Certeza (Cz)	Probabilidad de ocurrencia
Confianza (Cf)	Certidumbre con respecto a la predicción del impacto
Estándares (Es)	Regulaciones ambientales (leyes, reglamentos, normas, etc.)
Carácter del impacto: Se refiere a si el impacto identificado es positivo o benéfico al ambiente (+) o negativo o perjudicial al mismo (-).	

VERSIÓN PÚBLICA

Estos criterios se evaluaron bajo la escala ordinal propuesta por el método utilizado, que comprende diez niveles de magnitud (del 0 al 9), dependiendo del efecto que una actividad tiene sobre el componente ambiental. Como se señaló anteriormente, los criterios calificadores se evaluaron como presentes o ausentes (**Tabla 5.7**).

Tabla 5.7. Criterios y escalas de evaluación utilizados.

Criterios	**Escala**		
	0 – 3 (nula a baja)	**4 – 6** (moderada)	**7 – 9** (alta a extremadamente alta)
Magnitud (M)	**Baja**, cuando la afectación cubre menos del 1 % de los recursos existentes dentro del área de influencia; o cuando los valores de afectación representan menos de la mitad del valor del límite máximo permisible por la normativa o criterio ambiental.	**Media**, cuando la afectación cubre del 1 al 5 % de los recursos existentes dentro del área de influencia; o cuando los valores de afectación representan de la mitad del valor límite al límite máximo permisible por la normativa ambiental.	**Alta**, cuando la afectación es mayor del 5 % de los recursos existentes dentro del área de influencia; o ésta rebasa los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental.
Extensión (E)	**Puntual**, afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, hasta una distancia de 50 m.	**Local**, si el efecto ocurre a una distancia entre los 50 m y los límites del área de influencia (500 m).	**Regional**, el efecto se manifiesta fuera del polígono definido como área de influencia (500 m).
Duración (D)	**Corta**, cuando la actividad, impacto o interacción evaluada dura de 1 a 3 meses.	**Mediana**, cuando la actividad, impacto o interacción evaluada dura de 3 a 6 meses.	**Larga**, cuando la actividad, impacto o interacción evaluada dura más de 6 meses.
Sinergia (S)	**Nula a mínima**, cuando una acción sobre un factor no produce una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	**Moderada**, cuando una acción actuando sobre un factor produce una acción poco relevante con respecto a las incidencias individuales contempladas aisladamente.	**Alta**, cuando una acción actuando sobre un factor produce una incidencia ambiental relevante con respecto a la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Acumulación (A)	**Nula a mínima**, cuando el efecto no incrementa los impactos ocasionados por otros proyectos u otras actividades del propio o éstos son de poca magnitud (menor al 20 %) con respecto a los existentes.	**Moderada**, cuando el efecto incrementa los impactos ocasionados por otros proyectos u otras actividades del propio, pero éstos aportan del 20 al 60 % con respecto a la magnitud de los existentes.	**Alta**, cuando el efecto incrementa los impactos ocasionados por otros proyectos u otras actividades del propio y éstos son superiores al 60 % con respecto a la magnitud de los existentes o incluso los rebasan.
Controversia (C)	**Nula a mínima**, no hay regulación u oposición social o ésta ha sido manifestada de manera informal o en algunas reuniones.	**Moderada**, existe regulación u oposición social, las partes interesadas han recurrido a instancias legales para manifestar su inconformidad.	**Alta**, existe regulación y mucha oposición para el desarrollo del proyecto, las partes interesadas han recurrido a instancias legales y medios de información.
Mitigación (T)	**Nula a baja**, no hay medida de mitigación aplicable, o ésta mitiga hasta un 30 %	**Media**, existe(n) medida(s) de mitigación, ésta(s) reduce(n) del 30 al 60 % del impacto ambiental identificado.	**Alta a muy alta**, las medidas de mitigación aplicadas reducen del 60 al 100 % el impacto ambiental identificado.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.7. Criterios y escalas de evaluación utilizados.			
Criterios	**Escala**		
	0 – 3 (nula a baja)	**4 – 6** (moderada)	**7 – 9** (alta a extremadamente alta)
	del impacto ambiental identificado.		
Información (In)	Se refiere a la cantidad y calidad de datos que soportan la predicción.		
Certeza (Cz)	Se refiere a la probabilidad de ocurrencia del impacto ambiental.		
Confianza (Cf)	Se refiere a la certidumbre con respecto a la predicción del impacto.		
Estándares (Es)	Se refiere a la diferencia con respecto a una norma o criterio ambiental existente para la acción.		

Por último, para obtener la significancia parcial y final de cada interacción de impacto ambiental identificada se aplicó una serie de ecuaciones referidas en la **Tabla 5.8**.

Tabla 5.8. Ecuaciones para obtener la significancia de las interacciones identificadas.	
Índices obtenidos	**Ecuación aplicada**
Criterios básicos	$MED_{ij} = \frac{1}{27}(M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$
Criterios complementarios	$SAC_{ij} = \frac{1}{27}(S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$
Significancia parcial	$I_{ij} = (MED_{ij})^{(1-SAC_{ij})}$
Significancia final, considerando las medidas de mitigación	$S_{ij} = I_{ij} * \left[1 - \frac{1}{9}(T_{ij})\right]$

Donde: M_{ij} = Magnitud; S_{ij} = Efectos sinérgicos;
E_{ij} = Extensión espacial; A_{ij} = Efectos acumulativos;
D_{ij} = Duración; C_{ij} = Controversia;

I_{ij} = Importancia o significancia parcial del impacto;
S_{ij} = Significancia final del impacto; y
T_{ij} = Medida de mitigación.

Los impactos ambientales se clasifican conforme al valor final obtenido y a la siguiente escala de significancia (**Tabla 5.9**).

Tabla 5.9. Escala de significancia.	
Valor del índice de impacto	**Clasificación del impacto**
0.00 – 0.25	No significativo (NS)
0.26 – 0.49	Poco significativo (PS)
0.50 – 0.74	Significativo (S)
0.75 – 1.00	Muy significativo (MS)

La metodología de Bojórquez Tapia asume que cualquier impacto tiene al menos, magnitud, extensión y duración, por lo que, los criterios básicos son indispensables para definir una interacción.

VERSIÓN PÚBLICA

Por otra parte, los criterios complementarios pueden o no ocurrir, pero si se presentan provocan un incremento en el impacto. Por el contrario, la mitigación tiene el efecto opuesto, es decir, reduce la significancia del impacto. Los criterios calificadores (Información, Certeza, Confianza y Estándares) no modifican el impacto, pero indican la capacidad predictiva de la evaluación. De esta manera, los criterios básicos definen las características directas e inmediatas, los complementarios toman en cuenta las relaciones de orden superior, y los calificadores relacionan a los otros dos con el fundamento técnico de la predicción.

5.7.1. Resultados de la evaluación de las interacciones de impactos ambientales

En la **Tabla 5.10** se presenta la evaluación realizada a cada una de las interacciones identificadas, para obtener la significancia.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.10. Evaluación de las interacciones de impactos ambientales para obtener su significancia.

No.	Componente ambiental	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
1	Calidad del aire	Construcción del contrapozo	Emisiones a la atmósfera de gases de combustión	3	3	1	0	0	1	4	S	S	S	S	0.259	0.037	0.273	0.151	NS
2		Transporte, armado e instalación del equipo de perforación		3	4	1	0	0	2	4	S	S	S	S	0.296	0.074	0.324	0.180	NS
3		Perforación del pozo LV-4B		3	3	3	0	0	2	4	S	S	S	S	0.333	0.074	0.362	0.201	NS
4		Retiro del equipo de perforación		3	4	1	0	0	0	4	S	S	S	S	0.296	0.000	0.296	0.165	NS
5		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		3	3	5	0	0	2	4	S	S	S	S	0.407	0.074	0.435	0.242	NS
6		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		3	4	1	0	0	0	4	S	S	S	S	0.296	0.000	0.296	0.165	NS
7		Rehabilitación de los sitios		3	3	3	0	0	0	4	S	S	S	S	0.333	0.000	0.333	0.185	NS
8	Nivel de ruido	Construcción del contrapozo	Incremento del nivel sonoro	4	3	1	0	0	1	4	S	S	S	S	0.296	0.037	0.310	0.172	NS
9		Transporte, armado e instalación del equipo de perforación		3	4	1	0	0	2	2	S	S	S	S	0.296	0.074	0.324	0.252	PS
10		Perforación del pozo LV-4B		4	4	3	0	0	2	3	S	S	S	S	0.407	0.074	0.435	0.290	PS
11		Retiro del equipo de perforación		3	4	1	0	0	0	2	S	S	S	S	0.296	0.000	0.296	0.230	NS
12		Evaluación del pozo LV-4B		4	3	1	0	0	1	4	S	S	S	S	0.296	0.037	0.310	0.172	NS
13		Operación de los pozos geotérmicos		5	4	9	0	0	2	4	S	S	S	S	0.667	0.074	0.687	0.382	PS
14		Operación del edificio técnico administrativo		3	3	9	0	0	0	0	S	S	S	S	0.556	0.000	0.556	0.556	S
15		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		4	4	5	0	0	2	3	S	S	S	S	0.481	0.074	0.508	0.339	PS
16		Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección		3	3	5	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
17		Mantenimiento del edificio técnico administrativo		3	3	5	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
18		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		3	4	1	0	0	0	2	S	S	S	S	0.296	0.000	0.296	0.230	NS
19		Limpieza de los sitios		3	2	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.222	0.000	0.222	0.222	NS

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.10. Evaluación de las interacciones de impactos ambientales para obtener su significancia.

No.	Componente ambiental	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
20		Rehabilitación de los sitios		3	3	3	0	0	0	2	S	S	S	S	0.333	0.000	0.333	0.259	PS
21	Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Evaluación del pozo LV-4B	Emisión a la atmósfera de gases incondensables (H_2S)	2	3	1	0	0	1	0	S	S	S	S	0.222	0.037	0.235	0.235	NS
22		Operación de los pozos geotérmicos		3	4	9	0	0	2	0	S	S	S	S	0.593	0.074	0.616	0.616	S
23	Calidad del suelo	Evaluación del pozo LV-4B	Posible derrame de agua geotérmica	2	2	1	0	0	1	0	S	S	S	S	0.185	0.037	0.197	0.197	NS
24		Operación de vaporductos y líneas de inyección		2	2	9	0	0	1	0	S	S	S	S	0.481	0.037	0.495	0.495	PS
25		Perforación del pozo LV-4B	Posible afectación por manejo inadecuado de residuos	2	2	3	0	0	2	4	S	S	S	S	0.259	0.074	0.287	0.159	NS
26		Operación del edificio técnico administrativo		2	2	9	0	0	0	4	S	S	S	S	0.481	0.000	0.481	0.267	PS
27		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		2	2	5	0	0	2	4	S	S	S	S	0.333	0.074	0.362	0.201	NS
28		Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección		2	2	5	0	0	0	4	S	S	S	S	0.333	0.000	0.333	0.185	NS
29		Mantenimiento del edificio técnico administrativo		2	2	5	0	0	0	4	S	S	S	S	0.333	0.000	0.333	0.185	NS
30	Cobertura vegetal	Rehabilitación de los sitios	Recuperación de la vegetación	4	3	7	0	0	0	0	S	S	S	S	0.519	0.000	0.519	0.519	S
31	Presencia de especies faunísticas	Construcción del contrapozo	Posibilidad de encontrar a uno o más individuos	2	3	1	0	0	1	0	S	S	S	S	0.222	0.037	0.235	0.235	NS
32		Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos		2	3	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.222	0.000	0.222	0.222	NS
33		Transporte, armado e instalación del equipo de perforación		2	3	1	0	0	2	0	S	S	S	S	0.222	0.074	0.248	0.248	NS
34		Perforación del pozo LV-4B		2	3	3	0	0	2	0	S	S	S	S	0.296	0.074	0.324	0.324	PS
35		Rehabilitación de los sitios		3	3	7	0	0	0	0	S	S	S	S	0.481	0.000	0.481	0.481	PS
36	Calidad intrínseca del paisaje	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Modificación del paisaje	3	4	1	0	0	2	0	S	S	S	N	0.296	0.074	0.324	0.324	PS
37		Perforación del pozo LV-4B		3	4	3	0	0	2	0	S	S	S	N	0.370	0.074	0.399	0.399	PS
38		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		3	4	5	0	0	2	0	S	S	S	N	0.444	0.074	0.472	0.472	PS

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.10. Evaluación de las interacciones de impactos ambientales para obtener su significancia.

No.	Componente ambiental	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
39		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		3	3	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.259	0.000	0.259	0.259	PS
40		Rehabilitación de los sitios		3	3	3	0	0	0	0	S	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
41	Fragilidad paisajística	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla una actividad sobre él	2	3	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.222	0.000	0.222	0.222	NS
42		Perforación del pozo LV-4B		2	3	3	0	0	0	0	S	S	S	N	0.296	0.000	0.296	0.296	PS
43		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		2	3	5	0	0	0	0	S	S	S	N	0.370	0.000	0.370	0.370	PS
44		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		1	3	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.185	0.000	0.185	0.185	NS
45		Rehabilitación de los sitios		3	3	3	0	0	0	0	S	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
46	Economía local (empleo)	Construcción del contrapozo	Generación de empleo	2	7	1	0	0	1	0	S	S	S	S	0.370	0.037	0.384	0.384	PS
47		Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos		3	7	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
48		Transporte, armado e instalación del equipo de perforación		3	7	1	0	0	2	0	S	S	S	S	0.407	0.074	0.435	0.435	PS
49		Perforación del pozo LV-4B		3	7	3	0	0	2	0	S	S	S	S	0.481	0.074	0.508	0.508	S
50		Retiro del equipo de perforación		3	7	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
51		Operación de los pozos geotérmicos		3	7	9	0	0	2	0	S	S	S	S	0.704	0.074	0.722	0.722	S
52		Operación del edificio técnico administrativo		3	7	9	0	0	0	0	S	S	S	S	0.704	0.000	0.704	0.704	S
53		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		3	7	5	0	0	2	0	S	S	S	S	0.556	0.074	0.580	0.580	S
54		Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección		3	7	5	0	0	0	0	S	S	S	S	0.556	0.000	0.556	0.556	S
55		Mantenimiento del edificio técnico administrativo		3	7	5	0	0	0	0	S	S	S	S	0.556	0.000	0.556	0.556	S
56		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		3	7	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
57		Limpieza de los sitios		3	7	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS
58		Rehabilitación de los sitios		3	7	3	0	0	0	0	S	S	S	S	0.481	0.000	0.481	0.481	PS

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.10. Evaluación de las interacciones de impactos ambientales para obtener su significancia.

No.	Componente ambiental	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij

Criterios básicos: M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,

Criterios complementarios: S = Sinergia, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación

Criterios calificadores: In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares

i = factor ambiental, j = acción del proyecto

S = Si existe (información, certeza, confianza, estándares)

N = No existe (información, certeza, confianza, estándares)

Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:

No significativo	NS	(0,00 a 0,24)
Poco significativo	PS	(0,25 a 0,49)
Significativo	S	(0,50 a 0,74)
Muy significativo	MS	(0,75 a 1,00)

VERSIÓN PÚBLICA

En la **Tabla 5.11** se muestra la Matriz de significancia de las interacciones de impactos ambientales identificadas para el proyecto.

Tabla 5.11. Matriz de significancia.

"MIA-P: Proyecto Construcción y Perforación; y Operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS"

				OBRAS Y/O ACTIVIDADES EN CADA ETAPA DEL PROYECTO.																		
				Construcción y perforación						Operación y mantenimiento						Abandono del sitio						
MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO POTENCIAL	Construcción del contrapozo	Acondicionamiento de plataforma y presa de lodos	Transporte, armado e instalación del equipo de perforación	Perforación del pozo LV-4B	Retiro del equipo de perforación	Evaluación del pozo LV-4B	Operación de los pozos geotérmicos	Operación de vaporductos y líneas de inyección	Operación del edificio técnico administrativo	Mantenimiento de los pozos geotérmicos	Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección	Mantenimiento del edificio técnico administrativo	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Limpieza de los sitios	Rehabilitación de los sitios			% de impactos
Abiótico	Aire	Calidad del aire	Emisiones a la atmósfera de gases de combustión	0.151		0.180	0.201	0.165					0.242			0.165		0.185	1.289	7.750	39.68
		Nivel de ruido	Incremento del nivel sonoro	0.172		0.252	0.290	0.230	0.172	0.382		0.556	0.339	0.407	0.407	0.230	0.222	0.259	3.920		
		Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Emisión a la atmósfera de gases incondensables (H_2S)						0.235	0.616									0.851		
	Suelo	Calidad del suelo	Posible derrame de agua geotérmica						0.197		0.495								0.692		
			Posible afectación por manejo inadecuado de residuos				0.159					0.267	0.201	0.185	0.185				0.998		
Biótico	Vegetación	Cobertura vegetal	Recuperación de la vegetación															0.519	0.519	2.030	10.39
	Fauna	Presencia de especies faunísticas	Posibilidad de encontrar a uno o más individuos	0.235	0.222	0.248	0.324											0.481	1.511		
Perceptual	Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Modificación del paisaje			0.324	0.399						0.472			0.259		0.333	1.787	3.195	16.36
		Fragilidad paisajística	Susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla una actividad sobre él			0.222	0.296						0.370			0.185		0.333	1.407		
Social	Socioeconómico	Economía local (empleo)	Generación de empleo	0.384	0.407	0.435	0.508	0.407		0.722		0.704	0.580	0.556	0.556	0.407	0.407	0.481	6.556	6.556	33.57
																			19.531		**100.00**

Impacto no significativo | Impacto poco significativo | Impacto significativo

VERSIÓN PÚBLICA

5.7.2. Análisis de la significancia de los impactos ambientales del proyecto

De acuerdo con la evaluación de los impactos ambientales y con lo descrito en la Tabla 5.11 (Matriz de significancia) se obtuvo como resultado que el 39.68 % de las interacciones corresponde al medio abiótico, el 10.39 % corresponde al medio biótico, el 16.36 % al medio perceptual y el 33.57 % al medio social.

Por otra parte, el impacto al **componente ambiental nivel de ruido** por las actividades de transporte, armado e instalación del equipo de perforación, y perforación del pozo LV-4B es poco significativo (PS), debido a que en estas actividades se incrementará un poco más el nivel de ruido que en otras actividades, aunque el efecto será local y temporal. Ahora bien, la significancia del impacto al componente nivel de ruido por las actividades de operación y mantenimiento de los pozos geotérmicos, mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección, y mantenimiento del edificio técnico administrativo resultó poco significativa, ya que el efecto es local, y de mediana y larga duración. Cabe mencionar que, se contará con silenciadores para mitigar el ruido durante la operación de los pozos. Asimismo, el impacto de este componente con la actividad de rehabilitación de los sitios es poco significativo, porque incrementará un poco el nivel de ruido por el uso de la maquinaria necesaria para este fin, sin embargo, se dará mantenimiento preventivo a la maquinaria para un buen funcionamiento. Por último, el impacto de este componente con la actividad de operación del edificio técnico administrativo resultó significativo (S), debido a que se generará ruido de manera local por esta actividad durante la vida útil del proyecto.

El impacto al **componente ambiental nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)** con la actividad de operación de los pozos geotérmicos resultó ser significativo (S), debido a que el efecto es local y durará toda la vida útil del proyecto, pero como ya se mencionó que las mediciones de estos gases están muy por debajo de los límites máximos permisibles sugeridos por la OMS (150 µg/m^3).

Por otro lado, el impacto al **componente ambiental calidad del suelo** con la actividad de operación de vaporductos y líneas de inyección es poco significativo, ya que se considera la posibilidad de algún derrame de agua geotérmica durante la vida útil del proyecto. También el impacto a este componente (posible afectación por manejo inadecuado de residuos) con la actividad de operación del edificio técnico administrativo resultó poco significativo, debido a que esta posibilidad de afectación será durante la vida útil del proyecto, sin embargo, se colocarán contenedores con tapa y debidamente identificados para el depósito de residuos en el área de trabajo.

La significancia del impacto al **componente ambiental cobertura vegetal** con la actividad de rehabilitación de los sitios es significativo, ya que al llevar a cabo esta actividad se recuperará la vegetación en el área del proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

El impacto al **componente ambiental presencia de especies faunísticas** con las actividades de perforación del pozo LV-4B y rehabilitación de los sitios resultó poco significativo, debido a que estas actividades duran más tiempo en ejecutarse que las otras, por lo tanto, la posibilidad de encontrar a uno o más individuos de especies faunísticas es mayor.

Ahora bien, el impacto al **componente ambiental calidad intrínseca del paisaje** con las actividades de transporte, armado e instalación del equipo de perforación, perforación del pozo LV-4B, mantenimiento de los pozos geotérmicos, desmantelamiento, retiro de infraestructura, taponamiento de pozos geotérmicos, y rehabilitación de los sitios, es poco significativo, esto es porque la instalación del equipo de perforación modificará el paisaje durante la perforación del pozo LV-4B y cuando sea necesario realizar mantenimiento a los pozos, asimismo, el desmantelamiento, retiro de infraestructura, y rehabilitación de los sitios modificará el paisaje, pero de manera positiva.

De igual forma, el impacto al **componente ambiental fragilidad paisajística** con las actividades de perforación del pozo LV-4B, y mantenimiento de los pozos geotérmicos resultó poco significativo, debido a que el área del proyecto puede ser susceptible a algún cambio por la instalación del equipo de perforación para llevar a cabo la perforación del pozo y mantenimiento de los pozos. Y el impacto a este componente con la actividad de rehabilitación de los sitios también es poco significativo, ya que el área del proyecto puede ser susceptible a un cambio positivo, porque los sitios quedarán con condiciones similares a las que tenían previo a la ejecución del proyecto.

Finalmente, el impacto al **componente ambiental economía local (empleo)** con siete actividades del proyecto es poco significativo y con seis actividades resultó significativo, lo anterior se debe a que se generarán empleos de manera directa e indirecta (servicios necesarios para el personal), por lo que, este impacto es positivo. Cabe mencionar que, la mano de obra requerida será de las localidades cercanas al proyecto.

5.8. IMPACTOS ACUMULATIVOS

Por el desarrollo de este proyecto, resultarán impactos acumulativos debido a que el área del proyecto se encuentra dentro de un campo geotérmico en operación que tiene actividades con impactos similares y que, juntos con este proyecto tendrán impactos ambientales acumulativos (**Tabla 5.12**).

Tabla 5.12. Impactos acumulativos.

Factor	Componente	Impacto potencial
Aire	Nivel de ruido	Incremento del nivel sonoro
	Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Emisión a la atmósfera de gases incondensables (H_2S)

VERSIÓN PÚBLICA

Para determinar la valoración de la significancia de los impactos ambientales acumulativos, se utilizó la misma metodología descrita en el Apartado 5.1 de este Capítulo. Por lo que, en la **Tabla 5.13** se presenta la evaluación de estos impactos para obtener la significancia.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.13. Evaluación de las interacciones de impactos acumulativos para obtener su significancia.

Factor	Componente	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
Aire	Nivel de ruido	Construcción del contrapozo	Incremento del nivel sonoro	4	3	1	0	3	1	4	S	S	S	S	0.296	0.148	0.355	0.197	NS
		Transporte, armado e instalación del equipo de perforación		3	4	1	0	3	2	2	S	S	S	S	0.296	0.185	0.371	0.289	PS
		Perforación del pozo LV-4B		4	4	3	0	4	2	3	S	S	S	S	0.407	0.222	0.497	0.332	PS
		Retiro del equipo de perforación		3	4	1	0	3	0	2	S	S	S	S	0.296	0.111	0.339	0.264	PS
		Evaluación del pozo LV-4B		4	3	1	0	4	1	4	S	S	S	S	0.296	0.185	0.371	0.206	NS
		Operación de los pozos geotérmicos		5	4	9	0	5	2	4	S	S	S	S	0.667	0.259	0.741	0.411	PS
		Operación del edificio técnico administrativo		3	3	9	0	3	0	0	S	S	S	S	0.556	0.111	0.593	0.593	S
		Mantenimiento de los pozos geotérmicos		4	4	5	0	3	2	3	S	S	S	S	0.481	0.185	0.551	0.368	PS
		Mantenimiento de vaporductos y líneas de inyección		3	3	5	0	3	0	0	S	S	S	S	0.407	0.111	0.450	0.450	PS
		Mantenimiento del edificio técnico administrativo		3	3	5	0	3	0	0	S	S	S	S	0.407	0.111	0.450	0.450	PS
		Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos		3	4	1	0	3	0	2	S	S	S	S	0.296	0.111	0.339	0.264	PS
		Limpieza de los sitios		3	2	1	0	3	0	0	S	S	S	S	0.222	0.111	0.263	0.263	PS
		Rehabilitación de los sitios		3	3	3	0	3	0	2	S	S	S	S	0.333	0.111	0.377	0.293	PS
	Nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)	Evaluación del pozo LV-4B	Emisión a la atmósfera de gases incondensables (H_2S)	2	3	1	0	3	1	0	S	S	S	S	0.222	0.148	0.278	0.278	PS
		Operación de los pozos geotérmicos		3	4	9	0	5	2	0	S	S	S	S	0.593	0.259	0.679	0.679	S

Criterios básicos: **M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,** **i = factor ambiental, j = acción del proyecto**

Criterios complementarios: **S = Sinergia, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación**

Criterios calificadores: **In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares**

S = Si existe (información, certeza, confianza, estándares)

N = No existe (información, certeza, confianza, estándares)

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.13. Evaluación de las interacciones de impactos acumulativos para obtener su significancia.

Factor	Componente	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:				No significativo			NS	(0,00 a 0,24)											
				Poco significativo			PS	(0,25 a 0,49)											
				Significativo			S	(0,50 a 0,74)											
				Muy significativo			MS	(0,75 a 1,00)											

VERSIÓN PÚBLICA

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 5.13, el impacto al **componente ambiental nivel de ruido** con la mayoría de las actividades que tiene interacción resultó poco significativo (PS), debido a que con la realización de estas actividades incrementará el nivel sonoro de manera local, y el impacto de este componente con la actividad de operación del edificio técnico administrativo es significativo (S), debido a que esta actividad será de larga duración y emitirá ruido localmente. Con respecto al impacto del **componente ambiental nivel de emisiones de gases incondensables (H_2S)** con las actividades de evaluación del pozo LV-4B, y operación de los pozos geotérmicos resultó poco significativo y significativo, respectivamente, ya que la emisión a la atmósfera de gases incondensables será durante la vida útil del proyecto.

5.9. IMPACTOS RESIDUALES

Durante la ejecución del proyecto se implementarán medidas de prevención, mitigación y/o compensación, para evitar y/o reducir el efecto de los impactos ambientales ocasionados por las obras y actividades del proyecto. Sin embargo, existen impactos que sus efectos seguirán persistiendo, aunque se apliquen las medidas necesarias, estos impactos son conocidos como impactos ambientales residuales. Por lo que, en la **Tabla 5.14** se presentan los impactos residuales identificados para este proyecto.

Tabla 5.14. Impactos residuales.

Factor	Componente	Impacto potencial
Aire	Nivel de ruido	Incremento del nivel sonoro
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Modificación del paisaje

Para determinar el valor de la significancia de los impactos ambientales residuales, se utilizó la metodología descrita en el Apartado 5.1 de este Capítulo. Así que, en la **Tabla 5.15** se muestran los resultados de la significancia.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 5.15. Evaluación de las interacciones de impactos residuales para obtener su significancia.

Factor	Componente	Obras y/o actividades del proyecto	Impacto potencial	Criterios Básicos			Criterios Complementarios				Criterios Calificadores				Índice Básico	Índice Complementario	Impacto sin mitigación	Significancia	
				M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
Aire	Nivel de ruido	Operación de los pozos geotérmicos	Incremento del nivel sonoro	5	4	9	0	0	2	4	S	S	S	S	0.667	0.074	0.687	0.382	PS
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Desmantelamiento, retiro de infraestructura, y taponamiento de pozos geotérmicos	Modificación del paisaje	3	3	9	0	0	0	0	S	S	S	N	0.556	0.000	0.556	0.556	S
		Rehabilitación de los sitios		3	3	9	0	0	0	0	S	S	S	N	0.556	0.000	0.556	0.556	S

Criterios básicos: M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,
Criterios complementarios: S = Sinergia, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación
Criterios calificadores: In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares

i = factor ambiental, j = acción del proyecto

S = Si existe (información, certeza, confianza, estándares)
N = No existe (información, certeza, confianza, estándares)

Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:

No significativo	NS	(0,00 a 0,24)
Poco significativo	PS	(0,25 a 0,49)
Significativo	S	(0,50 a 0,74)
Muy significativo	MS	(0,75 a 1,00)

VERSIÓN PÚBLICA

Conforme a la tabla anterior, el impacto al **componente ambiental nivel de ruido** con la actividad de operación de los pozos geotérmicos es poco significativo (PS), debido a que se seguirá emitiendo ruido durante la vida útil del proyecto, a pesar de que se implemente una medida de mitigación, como es la instalación de silenciadores. Por otra parte, el impacto al **componente ambiental calidad intrínseca del paisaje** con las actividades de desmantelamiento, retiro de infraestructura, taponamiento de pozos geotérmicos, y rehabilitación de los sitios resultó significativo (S), ya que al finalizar la vida útil del proyecto se desmantelará y retirará la infraestructura del sitio, para posteriormente realizar la rehabilitación de los sitios, sin embargo, el efecto de la modificación del paisaje podría ser positivo o negativo, dependiendo de quien observe el sitio.

5.10. CONCLUSIONES

En términos generales, como resultado de este capítulo se puede observar que la evaluación de los impactos ambientales identificados por la realización del proyecto serán en su conjunto, no significativos (NS) y poco significativos (PS), tomando en cuenta la infraestructura existente en este campo geotérmico, y las medidas de prevención y mitigación implementadas por la CFE desde que se inició el desarrollo del campo, con la finalidad de contrarrestar los impactos ambientales originados en las diversas etapas de desarrollo para la explotación del recurso, aunado a la experiencia adquirida en otros campos geotérmicos del país.

Cabe mencionar que, el impacto ocasionado al componente ambiental calidad del aire con las actividades que tiene interacción resultó ser no significativo, debido a que la afectación por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión será mínima, porque se dará mantenimiento preventivo (que consiste en los servicios y revisión mecánica de acuerdo con el kilometraje) a la maquinaria y vehículos automotores que serán utilizados.

Además, se continuará con las labores de monitoreo del ambiente (mediciones de H_2S y ruido, y monitoreo de la calidad del agua superficial) para aplicar las medidas necesarias de corrección, mitigación y/o compensación a los impactos ambientales identificados, estas medidas serán aplicadas por parte del personal especializado de protección ambiental con el que cuenta el campo geotérmico.

Por último, en el Capítulo 6 se describen los programas respectivos que ayudarán a revertir o mitigar los impactos ambientales evaluados.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL.

Las medidas que en el presente capítulo se proponen se sustentan en el análisis ambiental realizado en el Capítulo IV, y en la identificación y evaluación de impactos ambientales que se generaran por las obras y actividades del proyecto, efectuados en el Capítulo V. Así mismo, se consideran las disposiciones establecidas en la normativa ambiental mexicana aplicable a las actividades y obras que conforman el presente *Proyecto.*

Clasificación de las medidas

Para mitigar los impactos potenciales que pudieran presentarse por el desarrollo del *Proyecto*, se han formulado una serie de medidas preventivas[1] y/o de mitigación[2], que se presentan agrupadas de acuerdo con la etapa en que se llevarían a cabo. De esta manera, cada una de las medidas vertidas en el presente apartado tiene como propósito prevenir o mitigar los impactos ambientales que se presentarían por la ejecución de las diferentes obras y/o actividades inherentes al proyecto.

En resumen, las medidas identificadas serán de acuerdo a la componente y/o atributo ambiental afectado, y conforme con la evaluación de los impactos ambientales del capítulo V (**Tabla 5.3** Matriz de las interacciones identificadas para el proyecto); se consideraran las medidas preventivas que ya han sido implementadas por la CFE durante las diferentes etapas de desarrollo del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., las cuales han resultado favorables para el medio ambiente en el área de influencia del proyecto.

En las **Tablas 6.1, 6.2** y **6.3**, se describen las medidas preventivas y/o de mitigación propuestas por componente ambiental, para las diferentes etapas del Proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

[1] **Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente. Artículo 3 del RLGEEPA, fracción XIII.

[2] **Medidas de mitigación:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas. Artículo 3 del RLGEEPA, fracción. XIV.

Tabla 6.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de construcción y perforación

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones y/o Requisitos legales que se deben atender
FACTOR AMBIENTAL. AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE				
Posible modificación de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión de vehículos y maquinaria utilizada, así como dispersión de partículas de polvo.	• Realizar mantenimiento preventivo y verificación del parque vehicular, maquinaria y equipo que se utilizará en el proyecto. • Utilización de lonas para cubrir los camiones que transporten materiales que pudieran ocasionar dispersión de partículas.	Preventiva	Durante la construcción y perforación del pozo.	• NOM-041-SEMARNAT-2015 • NOM-045-SEMARNAT-2017 Buenas prácticas de ingeniería.
FACTOR AMBIENTAL. AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: NIVEL RUIDO				
Incremento de nivel ruido por la operación de maquinaria y equipo, así como parque vehicular.	• Mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como parque vehicular, observando que cuenten con dispositivos de escape en buen estado. • Verificación de los equipos y auxiliares de perforación deberán estar buen estado.	Preventiva	Durante la construcción y perforación del pozo.	• NOM-080-SEMARNAT-1994. • NOM-081-SEMARNAT-1994.
FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS				

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de construcción y perforación

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones y/o Requisitos legales que se deben atender
Contaminación de suelos por el potencial derrame de lodos e hidrocarburos durante la perforación y operación de la maquinaria, vehículos y equipos.	• Contar con la presa de lodos de perforación con la capacidad suficiente de almacenamiento y con lona de polietileno tipo geomembrana para recubrir el interior de esta y evitar infiltraciones al suelo. • Colocación, servicio y mantenimiento de letrinas móviles por medio de una compañía especializada, para evitar la infiltración de residuos sanitarios al suelo. • Acopio, de manera separada y diferenciada de acuerdo con la normativa vigente de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, en contenedores con tapa colocados en los frentes de trabajo en sitios estratégicos visibles. • Disposición final de residuos de acuerdo con lo establecido y con la anuencia de la autoridad competente. • Remediación y restauración de suelos de ser el caso por posible contaminación por derrame accidental de hidrocarburos.	Preventivo y Acción correctiva	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	• Plan atención de contingencias ambientales para sustancias peligrosas por medio de una empresa especializada, así como las acciones de remediación de suelos requeridas de acuerdo con la naturaleza del derrame o de la contaminación que se haya presentado. • NOM-138-SEMARNAT/SS-2012. Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. • Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). • Reglamento de la LGPGIR.
FACTOR AMBIENTAL: FAUNA/ ATRIBUTO AMBIENTAL: PRESENCIA DE ESPECIES FAUNÍSTICAS				

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de construcción y perforación

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones y/o Requisitos legales que se deben atender
Posible afectación a la fauna por actividades de construcción y perforación	• Realización de recorridos previos al inicio de las actividades de construcción y perforación del pozo LV-4B para ahuyentar posibles especies faunísticas en el área del proyecto. • El tránsito de maquinaria y equipo, así como de vehículos requeridos para el proyecto, se limitará a utilizar sin excepción solamente los caminos existentes y la velocidad de los vehículos debe ser menor a 20 km/h. • Se prohibirá colectar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de fauna silvestre. • Se impartirá capacitación para promover la conciencia ambiental del personal que participe en la obra, para implementar la correcta aplicación de medidas y una actitud de mayor respeto al entorno.	Prevención	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	Las buenas prácticas en materia de aspectos de manejo de fauna desértica y de zonas áridas.
FACTOR AMBIENTAL: PAISAJE/ ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA Y FRAGILIDAD VISUAL				
Impacto visual por la instalación del equipo de perforación. Fragilidad Visual	Por las actividades que causan el presente impacto, no es posible establecer alguna medida de prevención y/o mitigación al respecto. Este será un impacto temporal.	-	-	-
FACTOR AMBIENTAL: SOCIOECONÓMICO/ ATRIBUTO AMBIENTAL: ECONOMÍA LOCAL				
Impacto positivo a las comunidades cercanas al proyecto por la demanda de servicios y contratación de mano de obra no calificada.	Contratación de mano de obra no calificada para llevar a cabo actividades relacionadas con la construcción y perforación del pozo LV-4B		Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo.	No aplica para este impacto.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.2. Descripción de las medidas preventivas y de mitigación para la etapa de operación y mantenimiento

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones / Requisitos legales
FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: EMISIONES DE GASES INCONDENSABLES				
Durante la operación de los pozos geotérmicos se emitirán a la atmósfera gases incondensables como H_2S y CO_2; estos producto de la extracción de la mezcla agua-vapor. Estos gases se encuentran contenidos de manera natural en el vapor geotérmico por ser éste de origen volcánico.	Se llevarán a cabo un programa de monitoreos de la concentración en el aire de H_2S durante la operación de los pozos geotérmicos.	Preventiva	Durante el desarrollo de esta etapa.	No existe en México una norma ambiental que establezca límites máximos permisibles de H_2S en el aire ambiente, sin embargo, se monitoreará que estas emisiones se encuentren por debajo del Umbral del olor establecido por la OMS
FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: NIVEL DE RUIDO				
Posible incremento de la emisión de ruido por salida accidental de los discos de ruptura	Repara o cambiar el disco de ruptura de manera inmediata a que ocurra el evento.	Correctiva	Durante el desarrollo de la etapa de operación de los pozos.	NOM-081-SEMARNAT-1994
FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS				
Modificación de las características fisicoquímicas de los suelos por posible derrame de agua geotérmica (mal manejo en superficie)	• Asegurar que la presa de lodos de perforación cuente con la capacidad suficiente de almacenamiento y con lona de polietileno tipo geomembrana para recubrir el interior de esta y evitar infiltraciones al suelo. • Manejo y disposición final de residuos peligrosos de acuerdo con lo establecido en la legislación ambiental vigente en la materia. • Remediación y restauración de suelos de manera inmediata, por posible contaminación con agua geotérmica por mal manejo de esta.	Preventivo y Acción correctiva	Durante las etapas de operación y mantenimiento del proyecto.	• Plan atención de contingencias ambientales para sustancias peligrosas por medio de una empresa especializada, así como las acciones de remediación de suelos requeridas de acuerdo con la naturaleza del derrame o de la contaminación que se haya presentado. • Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.
FACTOR AMBIENTAL: PAISAJE/ ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD VISUAL INTRÍNSECA				
Modificación de la calidad intrínseca del paisaje por incremento de infraestructura geotérmica.	• Mimetizar la infraestructura con colores similares el ambiente.	Mitigación	Durante el desarrollo de esta etapa	• Las buenas prácticas en materia de aspectos de paisaje en zonas áridas.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.3. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de abandono

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones / Requisitos legales
FACTOR AMBIENTA. AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE				
Modificación de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión a la atmósfera y por la dispersión de partículas de polvo.	• Realizar mantenimiento preventivo y verificación del parque vehicular, maquinaria y equipo que se utilizará en el proyecto. • Utilización de lonas para cubrir los camiones que transporten materiales que pudieran ocasionar dispersión de partículas.	Preventiva	Durante el desarrollo de las actividades de desmantelamiento, retiro de infraestructura y taponamiento de pozos.	• NOM-041-SEMARNAT-1999 • NOM-045-SEMARNAT-1996 Buenas prácticas de ingeniería.
FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS				
Modificación de las condiciones fisicoquímicas del suelo, por el movimiento de tierras por la rehabilitación del sitio.	• Acopio, de manera separada y diferenciada de acuerdo con la normativa vigente, los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en contenedores con tapa colocados en los frentes de trabajo en sitios estratégicos visibles. • Disposición final de residuos de acuerdo con lo establecido en la legislación ambiental en la materia. • Remediación y restauración de suelos de ser el caso, por posible contaminación de suelos por derrame de hidrocarburos.	Preventivo y Acción correctiva	Durante el desarrollo de esta etapa	Se considerará lo indicado en las Instrumentos regulatorios: • NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. • Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). • Reglamento de la LGPGIR.
FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN/ ATRIBUTO AMBIENTAL: COBERTURA VEGETAL				
Incremento de cobertura vegetal por actividades de reforestación.	• Acciones de reforestación con especies de flora nativas y propias del ecosistema.	Mitigación	Durante la etapa de abandono y de acuerdo con el programa general de trabajo.	• Las buenas prácticas en materia de aspectos de manejo de flora desértica y de zonas áridas.
FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN/ ATRIBUTO AMBIENTAL: ESPECIES EN RIESGO (NOM-059)				

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.3. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de abandono

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones / Requisitos legales
Protección de la flora que se encuentra en algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Ejecutar un programa de reforestación con especies que se encuentren en algún estatus de protección.	Mitigación	Durante la etapa de abandono del sitio y de acuerdo con el programa general de trabajo.	• Las buenas prácticas en materia de aspectos de manejo de especies en riesgo y de zonas áridas. • Se considerará lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
FACTOR AMBIENTAL: FAUNA/ ATRIBUTO AMBIENTAL: ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN				
Posible incremento fauna por la formación de hábitats, debido a las acciones de reforestación y conservación de suelos.	• Delimitación de la zona de construcción y las zonas donde el personal podrá tener acceso. • Se prohibirá colectar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de vegetación y fauna silvestre. • Se impartirá capacitación y promover la conciencia ambiental del personal que participe en la obra, para implementar la correcta aplicación de medidas y una actitud personal de mayor respeto al entorno	Prevención	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	NA
FACTOR AMBIENTAL: FAUNA/ ATRIBUTO AMBIENTAL: ESPECIES EN RIESGO (NOM-059)				

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.3. Descripción de las medidas de prevención y mitigación para la etapa de abandono

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Especificaciones / Requisitos legales
Posible incremento de especies en riesgo por la formación de hábitats, debido a las acciones de reforestación y conservación de suelos	• Delimitación de la zona de construcción y las zonas donde el personal podrá tener acceso. • Se prohibirá colectar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de vegetación y fauna silvestre. Se impartirá capacitación y promover la conciencia ambiental del personal que participe en la obra, para implementar la correcta aplicación de medidas y una actitud personal de mayor respeto al entorno.	Prevención	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	Las buenas prácticas en materia de aspectos de manejo de flora desértica y de zonas áridas.

VERSIÓN PÚBLICA

6.2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Para atender algunas de las medidas propuestas e indicadas en las **Tablas 6.1, 6.2** y **6.3**, se propone el siguiente Programa de Vigilancia Ambiental, los cuales se detallan posteriormente en este documento:

1. Programa de manejo de residuos: sólidos urbanos y de manejo especial, peligrosos
2. Programa de monitoreo de manantiales
3. Programa de medición de los niveles de ruido emitido por fuentes fijas en el campo geotérmico
4. Programa de abandono

6.2.1. Programa Integral de Manejo de Residuos

Introducción

El manejo adecuado de los residuos, desde el punto de vista ambiental, permite mitigar sus impactos negativos sobre el ambiente y la salud, así como la presión sobre los recursos naturales. El reúso y el reciclado de materiales es fundamental para reducir la presión de éstos con los ecosistemas y las fuentes de los recursos de las que se extraen.

Derivado de las actividades de las diferentes etapas del proyecto, se prevé la generación de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos; los cuales se manejarán de manera integral de acuerdo con lo que establece la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, además de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en la materia.

Se espera que durante las diferentes etapas del proyecto se generen residuos tales como:

Residuos sólidos urbanos: restos de comida, papel, cartón y plástico.
Residuos de manejo especial: madera, recortes de los lodos de perforación, empaques de materiales utilizados para la perforación del pozo (ejemplo; bentonita sódica, carbonato de sodio, dispersantes, etc).
Residuos peligrosos: Estopas y trapos impregnados de hidrocarburos, grasas y aceites gastados, residuos de pinturas de base aceite, entre otros.

Objetivo

Realizar un manejo integral y adecuado de los residuos generados en las diferentes etapas del proyecto, conforme a la normatividad aplicable en la materia.

VERSIÓN PÚBLICA

Metas:

- Asegurar la correcta disposición de los residuos que se generen en el área del proyecto.
- Identificar aquellos residuos con potencial de aprovechamiento (reducir la cantidad que va a disposición final).
- Remediación en su caso, del suelo contaminado por posibles derrames accidentales de hidrocarburos y disponerlo de acuerdo con la normatividad aplicable.

Indicadores y criterios de aceptación

100% de los residuos generados = % de los residuos enviados a disposición final

Metodología

Etapa de construcción y perforación del pozo LV-4B

- **Recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial durante la ejecución de los trabajos**

Dentro de la plataforma donde se perforará el pozo geotérmico se dispondrá de un área exprofesa donde se colocarán los contenedores para la recolección diaria de los residuos generados, éstos estarán debidamente rotulados de acuerdo con el tipo de residuo a contener, y contarán con tapa, para que el personal en turno y subcontratistas depositen diariamente y de manera separada los **residuos sólidos urbanos** (RSU): papel y cartón, metal, vidrio, plástico, orgánicos-sanitarios (estos últimos como basura). En lo que concierne a los **residuos de manejo especial** (RME) como son: contenedores de productos químicos utilizados para la perforación del pozo, recortes de lodos de perforación, etc, éstos deberán, retirarlos fuera del área de trabajo a centros de acopio para su reciclaje, los escombros y materiales pétreos con restos de roca, se dispondrán en el relleno sanitario municipal previa autorización.

- **Almacenamiento de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial**

Se contará con un área ex profesa dentro de la plataforma de perforación para el resguardo temporal de los RSU y RME, la cual deberá estar limpia y ordenada durante el desarrollo de los trabajos.

El área de almacenamiento general debe acondicionarse de tal modo que se evite el encharcamiento, el libre acceso para permitir la circulación permanente de los vehículos de transporte de residuos, además en esta área de almacenamiento se debe contar con los señalamientos que la identifiquen como tal, así como restringir el acceso a personal no autorizado.

VERSIÓN PÚBLICA

- **Disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial**

La disposición de los **residuos sólidos urbanos y de manejo especial** que se generen durante la etapa de ejecución de los trabajos, deben estar clasificados, para su disposición, previa autorización de la instancia municipal o entrega a los centro de acopio de la localidad.

Al término de la jornada diaria, se deben dejar las áreas de trabajo limpias de RSU y RME colocados en los contenedores ex profesos y cada semana se retirarán estos residuos fuera del área de trabajo, lo cual se debe evidenciar mediante la entrega de un reporte fotográfico, oficio y/o recibo.

Con respecto a los **residuos sanitarios** (RS) éstos se dispondrán a través de un prestador de servicio de letrinas móviles y que éste a su vez los disponga en alguna planta de tratamiento de aguas residuales y que evidencie con el recibo de tiro o donde la autoridad municipal determine y sea bajo anuencia respectiva.

Para el caso de los **residuos peligrosos** que se generen en la etapa de construcción y perforación del pozo LV-4B, se almacenaran en contenedores etiquetados por tipo de residuos, así mismo se almacenarán temporalmente dentro del almacén de residuos peligrosos de la Residencia, y posteriormente se dispondrán a disposición final con un gestor de servicios autorizado por la SEMARNAT, el manejo integral de los residuos peligrosos se llevará a cabo en todo momento de acuerdo con lo establecido Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su Reglamento y las normas aplicables en la materia.

Etapa de operación, mantenimiento y abandono

En estas etapas el volumen de generación de residuos baja considerablemente, sin embargo, el manejo integral de los residuos se llevará a cabo en total apego a las disposiciones normativas aplicables en la materia.

Para el caso de los Residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se tienen disponibles contenedores en sitios estratégicos dentro de las diferentes plataformas del campo geotérmico, estos se encuentran debidamente etiquetados de acuerdo con el tipo de residuo a contener. Semanalmente se hace la disposición final de los mismos al relleno sanitario del municipio previa autorización de las autoridades. Manteniendo el área de trabajo libre de residuos.

Para el manejo integral de los residuos peligrosos, se marcará cada recipiente con la frase “Residuos Peligrosos”, la fecha en la que se generaron y los peligros del contenido del recipiente, por ejemplo, inflamable, corrosivo, tóxico, reactivo, etc. Se mantendrán estos cerrados durante el periodo de almacenamiento temporal (no mayor a seis meses). La Residencia cuenta con un almacén temporal de residuos peligrosos el cual se seguirá utilizando para estas etapas del proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA

Se tomarán las debidas precauciones para no mezclar residuos incompatibles en el mismo recipiente y con ello evitar situaciones peligrosas, así mismo se llevarán a cabo inspecciones periódicas de las condiciones que guardan los recipientes con el objeto de evitar fugas o derrames de estos.

La disposición final se llevará a cabo a través de un gestor autorizado por la SEMARNAT.

Periodicidad y duración

El manejo integral de los residuos se llevará a cabo de manera permanente para cada una de las etapas del proyecto.

Programa de actividades

En la **Tabla. 6.4.** Se presenta el programa de actividades, para el manejo de los residuos.

Tabla 6.4. Programa calendarizado de manejo de residuos para las Etapas del proyecto

Actividades	Año 1												Año 2				20..n			
													Trimestre →							
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1	2	3	4	1	2	3	4
Manejo de residuos (Separación, almacenamiento temporal y disposición final)																				
Separación y disposición de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Almacenamiento temporal de residuos peligrosos	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■		■	■	→	→	→	■
Disposición de residuos peligrosos							■							■			→	→	→	
Evaluación de cumplimiento de requisitos legales						■						■		→	→	→				

6.2.2. Programa de monitoreo de manantiales

Introducción

Este programa se ha venido realizando desde 1997; la intensión del presente programa es manifestar que se continuará con el seguimiento de este durante el desarrollo de la etapa de operación y mantenimiento de las obras y actividades del presente Proyecto. Este programa de monitoreo tiene la finalidad de monitorear y conocer las características fisicoquímicas, de manantiales termales, hervideros, pozos domésticos, norias localizados en la periferia del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., (ver **Figura 6.1**) y con ello monitorear en el tiempo, la no afectación a los mismos a consecuencia de la extracción e inyección del vapor geotérmico, tal y como lo solicita actualmente la CONAGUA.

VERSIÓN PÚBLICA

Objetivo

Monitorear y conocer la calidad del agua a través de su composición fisicoquímica, de los diferentes cuerpos de agua como: manantiales termales, hervideros, norias y pozos de agua localizados en la periferia del campo, para determinar la no interferencia de estos con la operación de los pozos geotérmicos.

Indicador y criterio de aceptación

El programa utiliza para su administración y mejora los indicadores siguientes:

Indicador ambiental	Criterio de aceptación
I_1 = Evolución de las características fisicoquímicas del manantial con respecto al tiempo. Cl^-, B, As	C_1.- Que las características fisicoquímicas determinadas como indicadores se mantengan en el tiempo.

Metodología

Muestreo de fluidos

El personal de Química y Ambiental de la Residencia de Las Tres Vírgenes será el responsable de llevar a cabo el muestro y análisis de los fluidos a analizar, para lo anterior recolectará la muestra en cada uno de los manantiales ubicados en la periferia del campo geotérmico. En el sitio se tomará la temperatura de cada uno de ellos. En la **Figura 6.1** se presenta el mapa de localización de los posibles sitios de muestreo.

VERSIÓN PÚBLICA

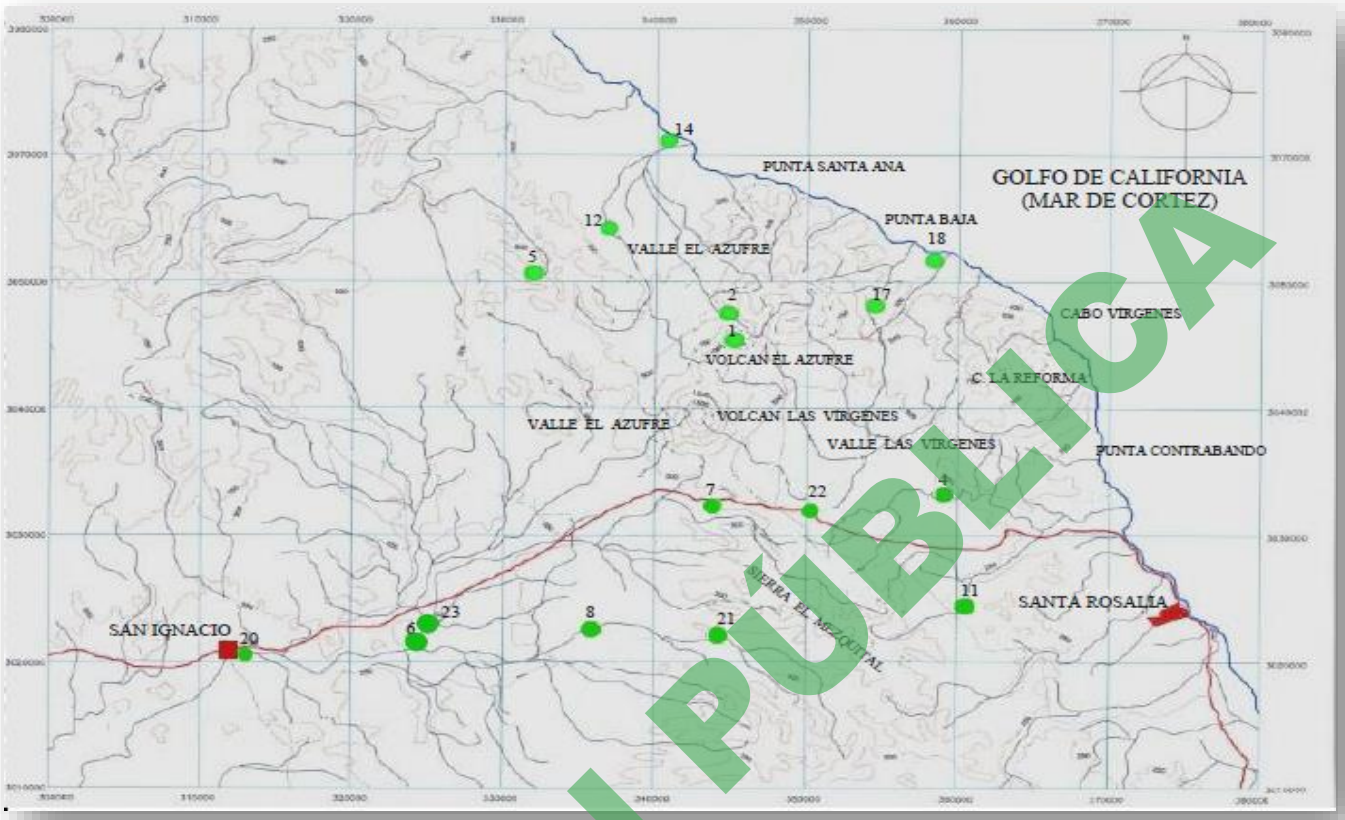


Figura 6.1. Localización de manantiales periféricos al campo geotérmico Las Tres Vírgenes

Técnicas para realizar mediciones

En la **Tabla 6.5** se señalan las técnicas utilizadas para los análisis químicos de las muestras recolectadas.

Tabla 6.5. Técnicas para análisis fisicoquímicos

Determinación	Técnica utilizada
pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	Conductivimetro
Cloruros	Volumetría
Sulfatos	Colorimetría
Bicarbonatos	Volumetría
Boro	Volumetría
Alcalinidad Total	Volumetría
Sílice	Absorción Atómica
Sodio	Absorción Atómica
Potasio	Absorción Atómica
Litio	Absorción Atómica
Calcio	Absorción Atómica

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 6.5. Técnicas para análisis fisicoquímicos	
Determinación	**Técnica utilizada**
Magnesio	Absorción Atómica
Fierro	Absorción Atómica
Arsénico	Absorción Atómica

La **Tabla 6.6** se resumen las diferentes técnicas que se aplican para las determinaciones fisicoquímicas.

Tabla 6.6. Normalización y técnicas de análisis fisicoquímicos aplicadas a las aguas de los manantiales periféricos al campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS.		
Determinación	**Técnicas de análisis**	**Normalización**
pH	Análisis potenciométrico	NMX-AA-008-SCFI-2016
Alcalinidad total	Titulación a la fenoltaleína	NMX-AA-036-SCFI-2001
Cloruros (Cl)	Método argentométrico	NMX-AA-073-SCFI-2001
Sulfatos SO_4	Método turbidimétrico	NMX-AA-074-SCFI-2001
Sodio (Na)	Absorción atómica	NMX-AA-051-SCFI-2001
Potasio (K)		
Calcio (Ca)		
Magnesio (Mg)		
Sílice (SIO_2)		
Boro (B)	Determinación potenciométrica	SM-D3082
Bicarbonatos (HCO3)	Determinación potenciométrica	SM-D513
Carbonatos (CO3)		
Conductividad eléctrica	Medición directa (conductímetro)	NMX-AA-093-SCFI-2018

Periodicidad y duración

Periodicidad: Semestral / Duración: Vida útil del proyecto (Etapa de operación y mantenimiento)

En la **Tabla. 6.7.** Se presenta el programa de actividades, para el monitoreo de manantiales.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla. 6.7. Programa de actividades del monitoreo de manantiales

No.	Actividad	Durante la operación y mantenimiento del proyecto											
		Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Tomas de muestras				■	■				■	■		
2	Análisis fisicoquímico. Elaboración de gráficos de evolución química						■					■	
3	Determinación del carácter geoquímico							■					■
4	Elaboración de informe							■					■

Actividad permanente durante vida útil del proyecto →

6.2.3. Programa de medición de los niveles de ruido emitido por fuentes fijas en el campo geotérmico

Introducción

El ruido es un elemento distorsionador que invade el ambiente que nos rodea produciendo un deterioro en la calidad medioambiental, hoy en día se considera como uno de los contaminantes atmosféricos más agresivos ya que no solo impacta al medio ambiente, sino que es causa de trastornos físicos y de desequilibrios psicológicos en los seres humanos que se encuentran expuestos a ciertos niveles.

Dentro del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., la medición de ruido perimetral emitido por fuentes fijas forma parte de los compromisos adquiridos con las autoridades ambientales a través de las autorizaciones condicionadas para la ejecución de los proyectos actualmente en operación.

Anualmente se llevan a cabo campañas de medición de ruido en el campo geotérmico, principalmente en el área perimetral de las plataformas de los pozos productores, sitio en el cual podemos presumir existe mayor posibilidad de encontrarnos con niveles altos de dicha emisión, no obstante, estas observaciones son tomadas mediante operación normal, de evaluación y mantenimiento de los equipos y accesorios que se encuentran instalados dentro de la misma área.

Objetivo

Monitorear los niveles de ruido en la periferia de las instalaciones del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, y verificar el cumplimiento con los criterios establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994.

Indicador y criterio de aceptación

El programa utiliza para su administración y mejora el indicador siguiente:

VERSIÓN PÚBLICA

Indicador ambiental	Criterio de aceptación
I_1 = Nivel de Ruido de Fuente Fija Corregido por Ruido de Fondo	C1 ≤ 65 dB(A) límite máximo permitido por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 para el turno nocturno en zonas urbanas.

Metodología

Reconocimiento inicial

Previo a la aplicación de la medición del nivel sonoro emitido por una fuente fija, se lleva a cabo un reconocimiento inicial de las diferentes áreas, con el propósito de recabar la información técnica para localizar la o las zonas críticas de máxima emisión de ruido.

Croquis de ubicación

Se realiza un croquis de ubicación del predio donde se encuentra la fuente fija y algunos otros elementos encontrados dentro de la misma.

Límites del predio y ubicación de puntos de medición

Se establecen los límites de los predios para ubicar los puntos de medición; se considera como límite del predio la periferia de la plataforma de los pozos productores. Se colocará el sonómetro en dirección a las fuentes fijas de emisión de ruido a una altura del piso no menor de 1,20 m.

Las fuentes fijas están limitadas por cercados de maya ciclónica en forma discontinua, así como también por concreto o barda, gran parte de sus márgenes se encuentran reducidos en espacio a consecuencia de una pendiente, que va de 12% a 20%.

Selección de las zonas críticas

De acuerdo con el criterio descrito en la norma NOM-081-SEMARNAT-1994 se elige la zona crítica donde la fuente fija produce los niveles máximos de emisión de ruido.

Periodo de medición

La medición se realizará de forma semi-continua, con recorridos iniciales promedio de veinte a veinticinco minutos, mientras que para la zona crítica los periodos no son inferiores quince minutos por cada punto asignado.

VERSIÓN PÚBLICA

Ruido de fondo

Se eligen algunos puntos alrededor de la fuente fija a una distancia aproximada de 2,0 m. (por consecuencia del terreno) apuntando en dirección contraria a dicha fuente.

Periodicidad y duración

La medición del nivel de ruido bajo condiciones normales de operación de pozos geotérmicos productores,se realizará anualmente, durante la vida útil del ***Proyecto.*** Así mismo, en la etapa de perforación del pozo LV-4B se tomarán dos campañas de medición una antes de instalar el equipo de perforación y una a mitad de los trabajos de perforación del pozo.

En la **Tabla. 6.8.** Se presenta el programa de actividades, para la medición de ruido.

Tabla 6.8. Programa de actividades del monitoreo de ruido

Actividad	Año 1												Año 2					Año 30
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Mediciones de nivel de ruido tanto de fondo como el emitido por la fuente fija en los predios de las fuentes de emisión.			■									■				→	→	
Elaboración de reporte.				■													→	

6.2.6. Programa de abandono

Este programa se propone llevarlo a cabo al término de la vida útil del proyecto, estimada en 30 años. No obstante, por la experiencia tenida en otros países, es factible que al término de dicho período este *Proyecto* continúe operando con la sustitución de nueva tecnología.

Introducción

El programa de abandono **(PA)** consistirá en la realización de las siguientes actividades:

a) Desmantelamiento de infraestructura y cierre de pozos
b) Limpieza del sitio
c) Rehabilitación del sitio (incluye un programa de reforestación)

VERSIÓN PÚBLICA

Desmantelamiento de infraestructura

Consiste en el retiro de la infraestructura y cierre de pozos geotérmicos de acuerdo con lo establecido en la NOM-004-CONAGUA-1996 Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

Limpieza del sitio

Consiste en realizar la limpieza general de toda el área de trabajo recuperando todo el material en desuso y los residuos que se generen como resultado de la realización de las actividades de esta etapa, será conforme a lo indicado en el programa de manejo de residuos antes descrito.

Rehabilitación del sitio

La rehabilitación del sitio consiste en el restablecimiento de los sitios que actualmente son utilizados con infraestructura geotérmica, a las condiciones ambientales del sitio, y similares a las identificadas previo al inicio del proyecto, para ello se realizarán las acciones de reforestación con especies nativas, la conformación del terreno de acuerdo con la condición inmediata que favorezca la exposición y distribución de la vegetación presente en el área.

Objetivo

Restablecer los sitios ocupados actualmente con infraestructura geotérmica a las condiciones ambientales que presentaban los sitios antes de la ejecución del proyecto.

Bajo este enfoque este **Programa de Abandono** comprenderá un Diagnóstico Ambiental que incluirá lo siguiente:

a) Una descripción de las condiciones ambientales del ecosistema[3] (escenario base), en el cual se destaque; las principales componentes ambientales relevantes que se encontraban o se encuentran presentes en el entorno del ecosistema involucrado.
b) Descripción de las medidas y/o acciones que se aplicaron durante las diferentes etapas del proyecto y los resultados de la aplicación de los mismos.
c) Análisis comparativo de las condiciones ambientales originales sin proyecto, con las condiciones ambientales actuales del ecosistema con proyecto, a efecto de identificar si se identificaron impactos ambientales diferentes a los originalmente evaluados o, en su caso, demostrar que no se presentaron desequilibrios ecológicos en el ecosistema de que se trate.
d) Descripción y anexo fotográfico de cada una de las actividades de abandono (Desmantelamiento de infraestructura, demolición de obra civil, limpieza del sitio y restauración del sitio).

[3] **Ecosistema:** La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados. 3, fracción XIII de la LGEEPA. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.

VERSIÓN PÚBLICA

e) Aplicación del programa de reforestación.

Es importante mencionar que el presente programa es conveniente desarrollarlo cuando éste se requiera, lo anterior debido a que se deben considerar las condiciones ambientales que se tengan en el sitio.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

7.1 PRONOSTICO DEL ESCENARIO

El escenario ambiental “sin proyecto”, considera la situación actual del Sistema Ambiental del Proyecto (SA), considerando las actividades presentes en el mismo.

Se puede considerar que actualmente el Sistema Ambiental considerado para el Proyecto, presenta condiciones de un ecosistema saludable en cuanto al flujo de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos, lo cual permite el buen funcionamiento de este. **Figura 7.1.**



VERSIÓN PÚBLICA



VERSIÓN PÚBLICA

Figura 7.1 Aspecto del escenario actual

Las principales razones por las cuales se considera que el ecosistema del Sistema Ambiental presenta condiciones de un ecosistema saludables es que, por sus características orográficas, climáticas y topográficas, existen limitaciones para entre otras cosas, el desarrollo de centros de población; siendo

la limitante más importante la disponibilidad de agua, con lo cual, se ve limitada la extensión de actividades económicas como la agricultura y la ganadería.

Actualmente dentro del Sistema Ambiental delimitado para el proyecto, se puede observar la presencia de actividades tales como: cinegéticas a cargo de la UMA N.C.P.E. Alfredo V. Bonfil la cual inició operaciones en el año de 1996, la segunda corresponde a la generación de energía geotermoeléctrica dentro de las instalaciones del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., la cual inicio operación comercial a partir del 2001, sin embargo, la exploración geotérmica inicio a mediados de 1986 con la perforación de pozos geotérmicos, así mismo, se encuentra operando la central fotovoltaica Santa Rosalía Fase I (1 MW); además existe infraestructura como el camino de acceso al Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes el cual conecta con la carretera Transpeninsular.



Figura 7.2. Panorámica de la Infraestructura del Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS, donde se puede apreciar el respeto que sea tenido con la vegetación adyacente a las áreas autorizadas para el proyecto.

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 7.3. Plataforma de un pozo geotérmico en operación dentro del Campo Geotérmico

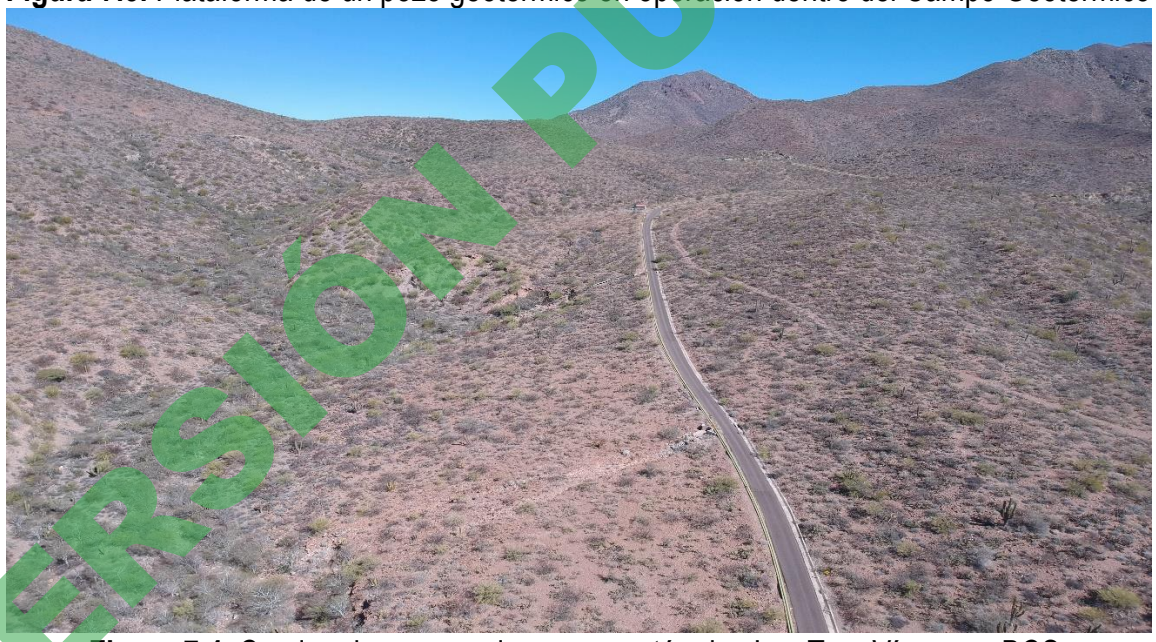


Figura 7.4. Camino de acceso al campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS.

VERSIÓN PÚBLICA



Figura 7.5. Central Fotovoltaica Santa Rosalía (1 MW)

El tipo de clima seco y muy caluroso condiciona fuertemente la vegetación existente en el área, identificando los siguientes tipos de vegetación: Matorral Sarcocaule, Matorral Sarcocrasicaule, Matorral Desértico micrófilo y vegetación halófila xerofila. Sin embargo, el más representativo dentro del Sistema Ambiental es el Matorral Sarcocaule ocupando alrededor del 66.50%.

VERSIÓN PÚBLICA

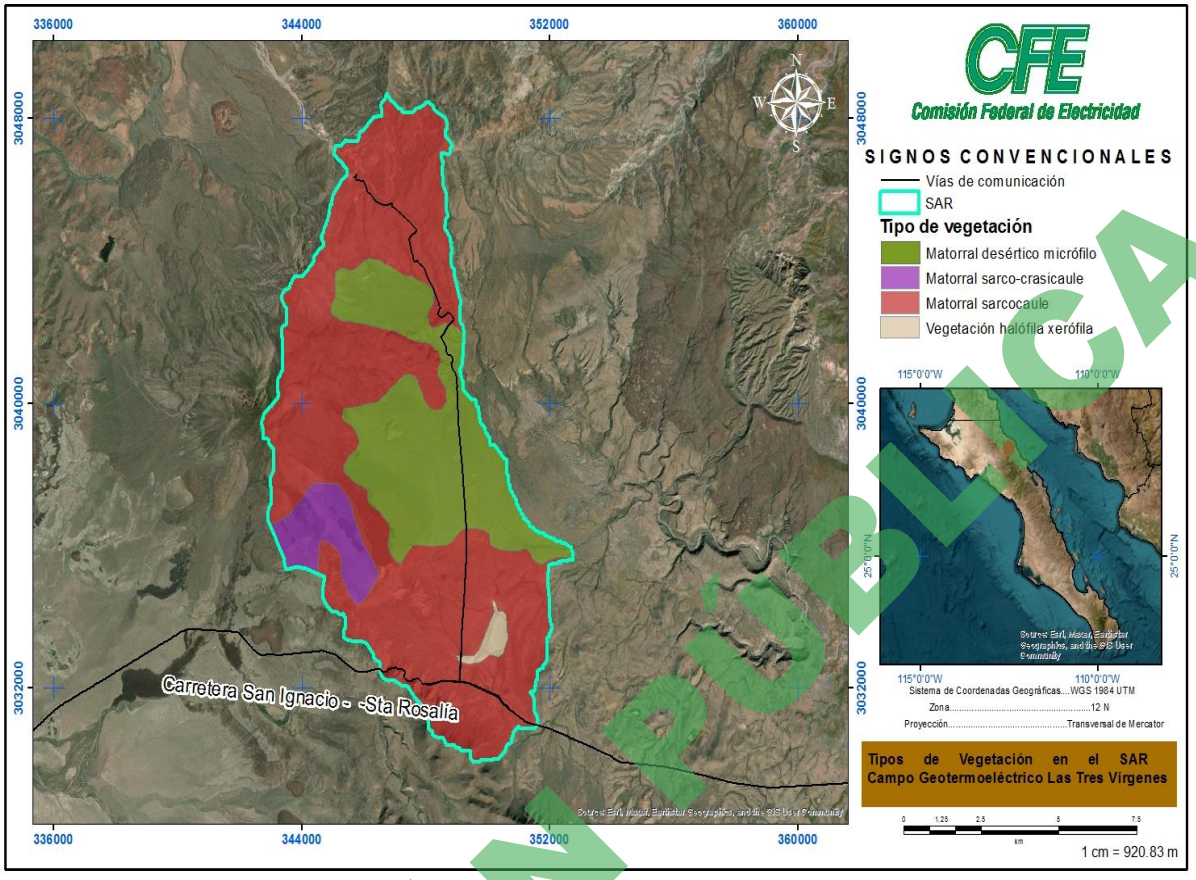


Figura 7.6. Tipos de Vegetación presentes en la microcuenca.

Por otra parte, el uso de suelo para actividades agrícolas dentro del Sistema Ambiental es poco factible debido a la escases del recurso hídrico.

En lo que corresponde al paisaje, se identificó que aproximadamente el 53.52 % del Sistema Ambiental cuenta con una calidad visual intrínseca alta; esto se debe en gran parte a que las unidades geomorfológicas en las cuales se encuentra son las partes altas de las montañas lo que hace que su calidad se clasifique de esta manera a pesar de que el tipo de vegetación presente sea matorral sarcocaule el cual se encuentra por todo Sistema Ambiental y en su mayoría y tiene una valoración estética y ecológica media. La calidad visual con valor medio tiene el 20.93 % la cual está representada por las zonas con un relieve suave y pendientes no muy pronunciadas la calidad baja y muy baja está representada por todas las zonas sin cubierta vegetal las cuales pertenecen a la infraestructura existente y zonas planas con la presencia de matorral sarcocaule el cual es el más abundante en el Sistema Ambiental; éstas apenas ocupan el 12%.

Aunado a lo anterior se pueden considerar los siguientes parámetros como indicativos de la buena calidad ambiental en el área de estudio:

VERSIÓN PÚBLICA

- **Biodiversidad:** La riqueza y distribución de la diversidad tanto de fauna como de vegetación, y de acuerdo con los muestreos realizados por la CFE para diferentes proyectos, nos indica que se trata de poblaciones estables y bien representadas.
- **Calidad del aire:** Al no haber dentro del sistema ambiental un desarrollo importante de actividades industriales que utilicen los combustibles fósiles, la calidad del aire no se ha visto alterada con emisiones de gases de efecto invernadero; por lo que potencialmente la calidad del aire dentro del sistema ambiental podría ser ver afectada por la contaminación de partículas PM10 provocadas por la acción del viento sobre el terreno natural.
- **Residuos:** Por otra parte, respecto a los residuos que se generan en el área de estudio corresponden a los residuos sólidos urbanos que se generan por las actividades de la UMA, y los generados por la operación y mantenimiento actual del campo geotérmico Las Tres Vírgenes, BCS., los cuales tienen un tratamiento integral de acuerdo con lo estipulado en la Ley y Reglamento en la materia.
- **Recursos hídricos:** La principal problemática dentro de la Reserva y área de estudio del proyecto es la disponibilidad de agua, sin embargo, para el sistema ambiental representa una ventaja ambiental ya que gracias a la falta de este recurso no existe desarrollo industrial, agrícola o ganadero, lo cual mantiene la superficie casi en su totalidad con la vegetación natural y poblaciones estables de especies de fauna presentes.

Realizando una proyección del escenario por la operación del proyecto y aplicando las medidas preventivas y de mitigación se puede concluir lo siguiente:

Medio Abiótico

Dentro del Sistema Ambiental delimitado para el Proyecto se considera una calidad del aire estable, debido a que no existen agentes externos altamente contaminantes que pudieran afectarla; esta situación prevalecerá aun y cuando se lleven a cabo las actividades del proyecto en sus diferentes etapas, lo anterior considerando que en la etapa de construcción y perforación del pozo LV-4B se emitirán gases efectos de la combustión de maquinaria y equipo de perforación, sin embargo, esto será de manera temporal, puntual y local; así mismo, en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto no se requerirá de equipo y/o maquinaria que utilice combustibles fósiles (emisores de gases de efecto invernadero) que pudieran abonar al deterioro y/o modificación de la calidad del aire presente. Las emisiones que se presentaran en esta etapa por la operación de la infraestructura geotérmica son emisiones de vapor de agua las cuales contienen aproximadamente un 3% de gases incondensables como CO_2 y H_2S las cuales son inherentes a los fluidos de origen volcánico.

Por otra parte, se prevé que la emisión de ruido (menos de 65 dB) ocasionada por la operación del equipo de perforación y la maquinaria a utilizar en la perforación del pozo, y de los vehículos automotores que transporten el personal; será temporal y local. Durante la etapa de opresión y mantenimiento de la infraestructura geotérmica el nivel de ruido generado en las plataformas d ellos

VERSIÓN PÚBLICA

pozos es menor a los límites máximos permisibles de acuerdo con la normatividad en la materia; por lo que la calidad el aire no se verá afectada de manera significativa por este impacto.

El factor suelo por su parte, no se verá afectado de manera significativa por las actividades del proyecto, debido a que la construcción y perforación del pozo LV-4B se llevará a cabo en una plataforma existente, por lo que no se llevarán a cabo cortes, ni movimientos de tierras que pudieran producir procesos erosivos, así mismo como medida preventiva se colocará una lona plastificada en toda la superficie de la plataforma, lo cual protegerá al suelo de posible contaminación por potenciales derrames de hidrocarburos durante la operación del equipo de perforación.

En el área donde se desarrollarán las obras y/o actividades del proyecto, la operación y mantenimiento de las mismas, no existen cuerpos de agua superficiales que pudieran verse afectadas, sin embargo debido a que como parte del proceso geotermoeléctrico se realiza la inyección de salmuera geotérmica al yacimiento geotérmico hidrotermal a través de pozos inyectores, se propuso el Programa de monitoreo del análisis químico de manantiales periféricos al campo geotérmico, el cual se viene desarrollando desde hace 22 años, evidenciando la no interferencia entre el yacimiento geotérmico hidrotermal y los acuíferos adyacentes al mismo.

Medio biótico

Con el desarrollo del proyecto no se afectará a la vegetación presente en el área de estudio del proyecto, esto debido a que para llevar a cabo el mismo, no se requerirá del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, lo anterior debido a que la construcción y perforación del pozo LV-4B se llevará a cabo en una plataforma existente. Así mismo, no se requerirá de la construcción de nuevos caminos de acceso debido a que se utilizarán los caminos existentes.

Respecto a la fauna, el área donde se llevaran a cabo las actividades de construcción y perforación del pozo LV-4B es un sitio donde actualmente existe presencia continua del personal que opera la infraestructura geotérmica por lo que es muy difícil encontrar individuos de fauna dentro de las instalaciones, sin embargo de ser el caso que se aviste algún individuo dentro de las áreas donde se encuentran la infraestructura geotérmica este se ahuyentará y/o rescatará a los sitios aledaños del proyecto, donde existe vegetación natural, especialmente la herpetofauna por su lento desplazamiento.

Medio Socioeconómico

En lo que respecta al medio socioeconómico, con base en la naturaleza del proyecto las poblaciones relacionadas directamente con el proyecto no sufrirán modificaciones negativas en su calidad de vida y patrones culturales, por el contrario, la calidad de vida de las personas de estas poblaciones se verá favorecida temporalmente durante la construcción y perforación del pozo LV-4B debido a la generación de empleos e insumos y servicios especialmente de la ciudad de Santa Rosalía.

VERSIÓN PÚBLICA

7.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) tiene por objeto establecer un conjunto de medidas de prevención, mitigación y/o compensación que se implementarán durante las diferentes etapas del *"Proyecto Construcción y Perforación; operación y Mantenimiento de Infraestructura Geotérmica en el C.G. Las Tres Vírgenes, BCS"*, estableciendo una serie de acciones de manera sistematizada y calendarizada para minimizar o evitar los posibles impactos ambientales que se presentaría por la ejecución del proyecto de referencia, dicho programa incluirá los programas que se señalan en la Tabla 7.1 y que ya fueron descritos en el capítulo 6 de esta MIA.

Tabla 7.1. Contenido del Programa de Vigilancia Ambiental

Programa	Periodicidad de la actividad	Área encargada de la supervisión de la actividad
Programa de manejo de residuos, sólidos urbanos y de manejo especial, y peligrosos.	Informes Anuales	Área de química-Ambiental (RTV*)
Programa de monitoreo de manantiales	Informes Bianuales	Área de química-Ambiental (RTV*)
Programa de medición de los niveles de ruido emitido por fuentes fijas.	Informes Anuales	Área de química-Ambiental (RTV*)
Programa de abandono	Un informe de la aplicación de dicho programa una vez que termine la vida útil del proyecto.	Área de química-Ambiental (RTV*)
Medidas de prevención y mitigación específicas propuestas en cada una de las etapas del proyecto (descritas en Capítulo 6).	Informes Anuales	Área de química-Ambiental (RTV*)
Informe de Cumplimiento de Términos y Condicionantes del Resolutivo Ambiental emitido por la autoridad Ambiental.	Lo que indique	Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos

*RTV: Residencia de Las Tres Vírgenes, CFE.

7.3. CONCLUSIONES

Por los argumentos expuestos anteriormente, se concluye que el proyecto cumplirá con los objetivos de la evaluación del impacto ambiental previsto en el primer párrafo del Artículo 30 de la LGEEPA y se materializan los supuestos contenidos en los Artículos 44 y 51 de su Reglamento en Materia de la Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) a la luz de las siguientes consideraciones:

1. Queda en evidencia que se respetará la integridad funcional y la capacidad de carga del ecosistema del que forman parte los recursos naturales.

VERSIÓN PÚBLICA

2. Que, a través de las medidas preventivas, de mitigación y las demás que fueron propuestas para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera ocasionar sobre el ambiente, se cumplirá con lo dispuesto en el Artículo 44, fracciones II y III del REIA.
3. Qué durante las distintas etapas de la realización del proyecto no se producirán daños graves al ecosistema involucrado, así como, tampoco se afectarán especies de flora y fauna en algún estatus de protección legal, conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, ya que no se requerirá de llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por las características del proyecto. Además de que tampoco se incrementará la erosión del suelo.

La mayor parte de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación que se plantean, son la continuación de las medidas y programas que se han estado realizando desde hace varios años (inicio de la construcción del proyecto), y que continúan con la finalidad de cumplir con lo establecido en las autorización en materia de impacto ambiental emitida para el proyecto Las Tres Vírgenes, 3ra Etapa.

Aún y cuando por el desarrollo del presente proyecto no se detectaron impactos ambientales catalogados como significativos, es importante que se continúe el programa de vigilancia ambiental propuesto, así como con las medidas de control, prevención y mitigación que se describen en el capítulo 6 de este documento.

VERSIÓN PÚBLICA

CAPÍTULO 8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

8. 1. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

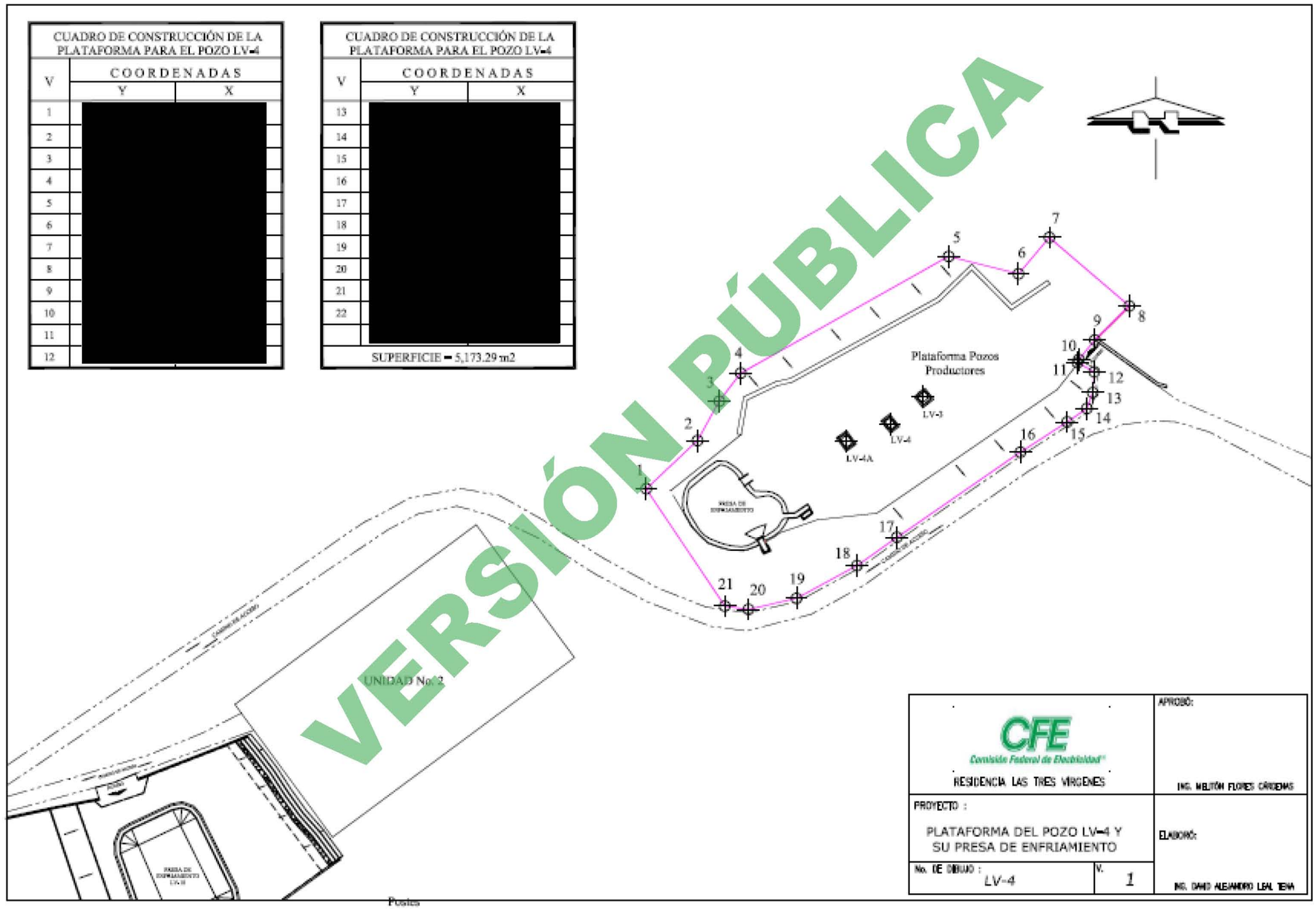
8.1.1. Anexo cartográfico

VERSIÓN PÚBLICA

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA EL POZO LV-4		
V	COORDENADAS	
	Y	X
1	[redacted]	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA EL POZO LV-4		
V	COORDENADAS	
	Y	X
13	[redacted]	
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
SUPERFICIE = 5,173.29 m2		



CFE Comisión Federal de Electricidad
RESIDENCIA LAS TRES VIRGENES

APROBÓ: ING. MELITÓN FLORES CÁRDENAS

PROYECTO :
PLATAFORMA DEL POZO LV-4 Y SU PRESA DE ENFRIAMIENTO

ELABORÓ: ING. DAVID ALEJANDRO LEAL TENA

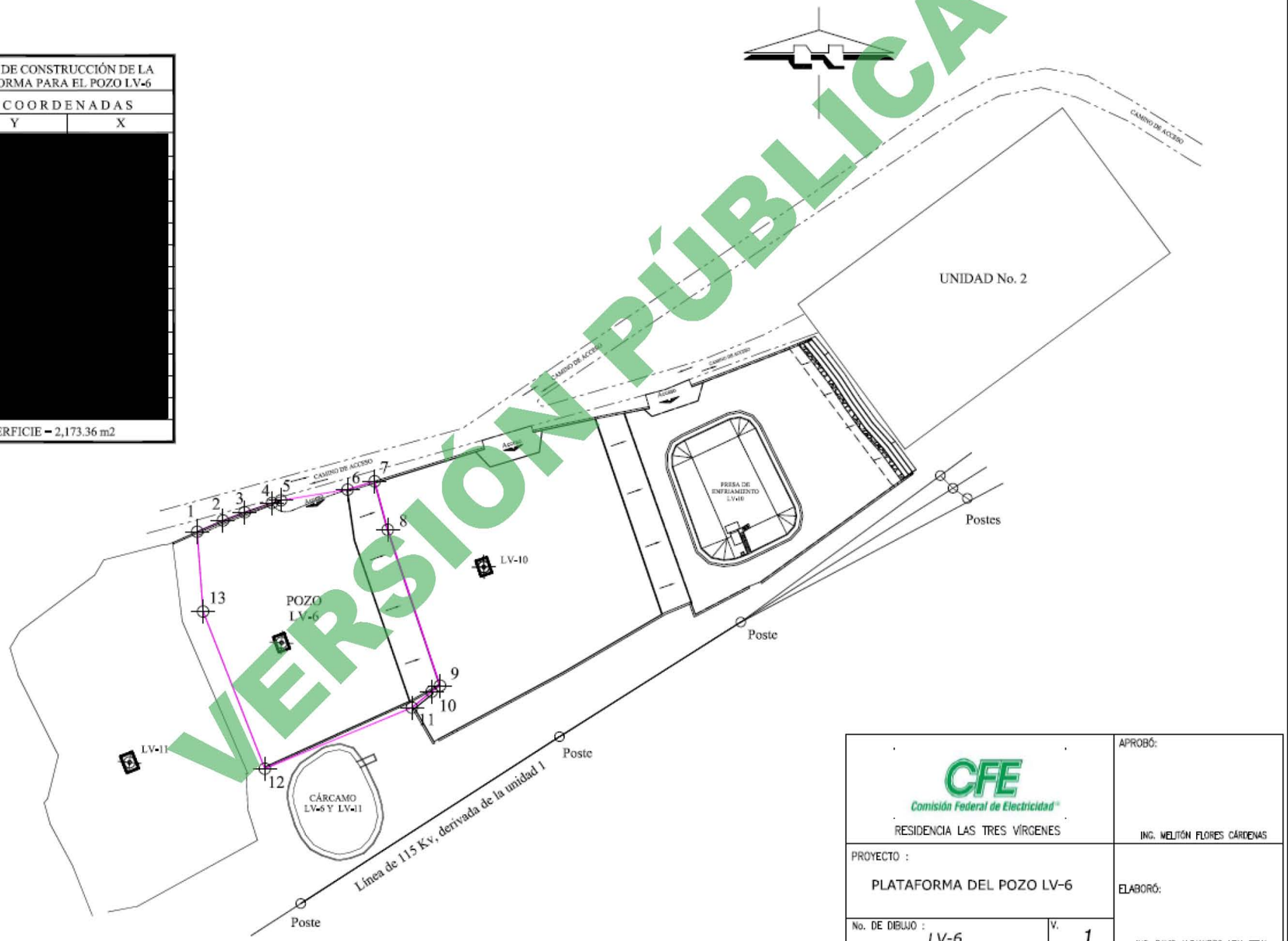
No. DE DIBUJO : LV-4 | V. 1

VERSIÓN PÚBLICA

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

VERSIÓN PÚBLICA

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA EL POZO LV-6		
V	COORDENADAS	
	Y	X
1	[redacted]	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
SUPERFICIE = 2,173.36 m2		



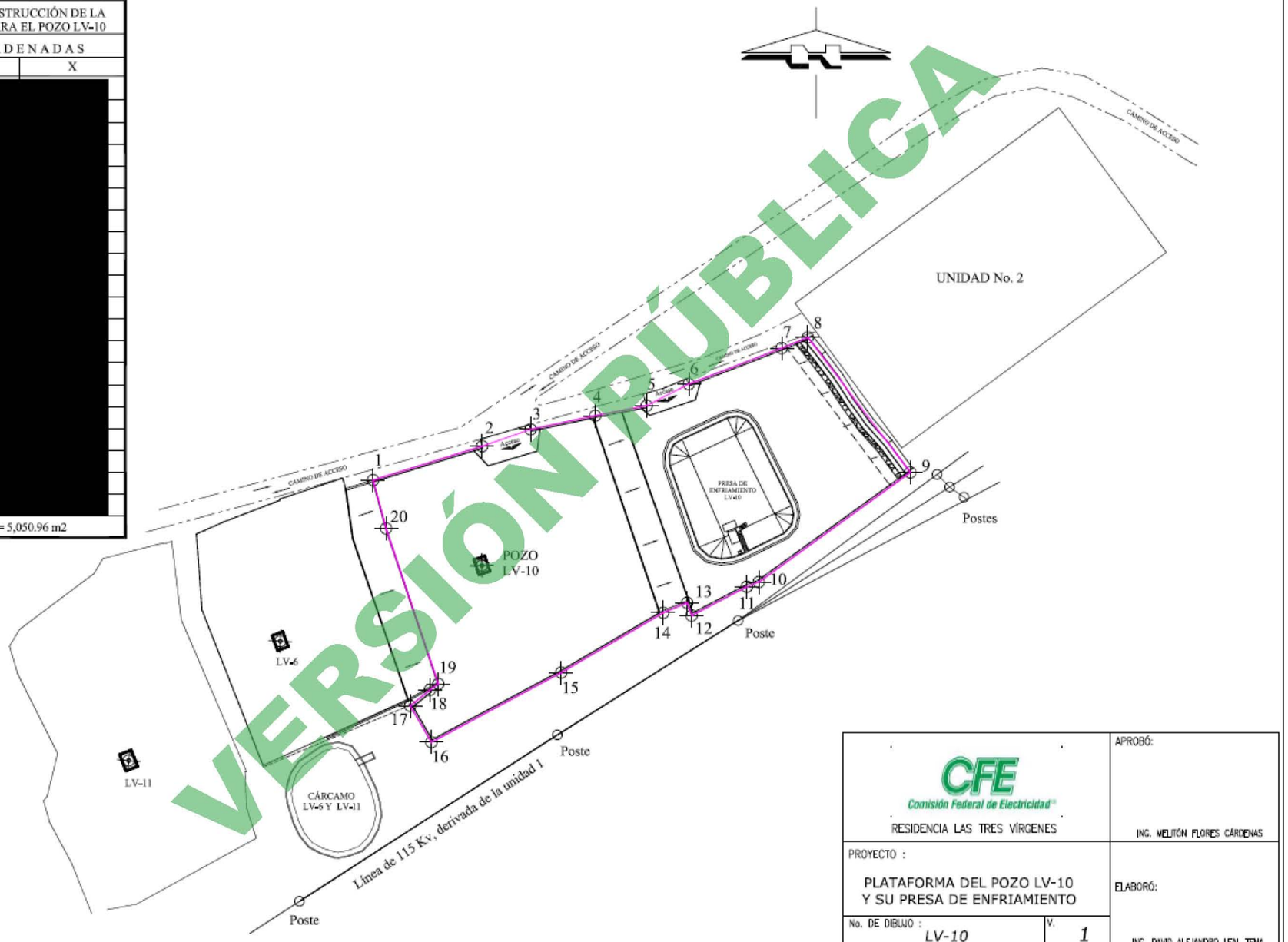
CFE Comisión Federal de Electricidad RESIDENCIA LAS TRES VÍRGENES	APROBÓ: ING. WELITÓN FLORES CÁRDENAS
PROYECTO : PLATAFORMA DEL POZO LV-6	ELABORÓ: ING. DAVID ALEJANDRO LEAL TENA
No. DE DIBUJO : LV-6	V. 1

En la presente foja se testaron las coordenadas del proyecto, dicha información significa poder obtener una ventaja competitiva y económica frente a terceros, por lo tanto, se considera comercial reservada, lo anterior atendiendo al Artículo 114 de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad y 110 fracción XIII de la Ley Federal de Transparencia, con relación al Artículo 113 fracción XIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA PARA EL POZO LV-10

V	COORDENADAS Y	COORDENADAS X
1	[redacted]	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

SUPERFICIE = 5,050.96 m2



VERSIÓN PÚBLICA

CFE Comisión Federal de Electricidad
RESIDENCIA LAS TRES VÍRGENES

APROBÓ: ING. WELITÓN FLORES CÁRDENAS

PROYECTO : PLATAFORMA DEL POZO LV-10 Y SU PRESA DE ENFRIAMIENTO

No. DE DIBUJO : LV-10 | V. 1

ELABORÓ: ING. DAVID ALEJANDRO LEAL TENA

8.1.2. Listados florístico y faunístico

Listado Florístico.

Estrato arbóreo					
No.	**Familia**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**NOM-059 SEMARNAT 2010**	**UICN/CITES**
1	Burceraceae	*Bursera microphylla*	Torote colorado	Sin estatus	LC / -
2	Fabaceae	*Parkinsonia microphylla*	Dipua	Sin estatus	LC / -
3	Rhamnaceae	*Culubrina glabra*	Palo Colorado	Sin estatus	LC / -
4	Fouquieriaceae	*Fouquieria diguetii*	Palo Adán	Sin estatus	VU / -
5	Fabaceae	*Lysiloma candidum*	Palo blanco	Sin estatus	NE / -
6	Fabaceae	*Neltuma articulata*	Mezquite de Baja California	Sin estatus	LC / -
7	Fabaceae	*Neltuma glandulosa*	Mezquite dulce	Sin estatus	NE / -
8	Fabaceae	*Olneya tesota*	Palo fierro	Pr	NT / -
9	Anacardiaceae	*Pachycormus discolor*	Copalquin	Sin estatus	LC / -
Estrato arbustivo					
1	Euphorbiaceae	*Acalypha californica*	Hierba del cáncer	Sin estatus	NE / -
2	Euphorbiaceae	*Adelia brandegeei*	Pimientilla	Sin estatus	NE / -
3	Asparagaceae	*Agave cerulata*	Maguey de Baja California	Sin estatus	LC / -
4	Apocynaceae	*Asclepias subulata*	Candelilla bronca	Sin estatus	NE / -
5	Amaranthaceae	*Atriplex polycarpa*	Chamizo	Sin estatus	NE / -
6	Euphorbiaceae	*Croton californicus*	Vara blanca	Sin estatus	NE / -
7	Asteraceae	*Encelia farinosa*	Incienso	Sin estatus	NE / -
8	Euphorbiaceae	*Jatropha cinerea*	Lomboy	Sin estatus	LC / -
9	Euphorbiaceae	*Jatropha cuneata*	Matacora	Sin estatus	NE / -
10	Acanthaceae	*Justicia californica*	Chuparrosa	Sin estatus	NE / -
11	Krameriaceae	*Krameria bicolor*	Krameria	Sin estatus	NE / -
12	Krameriaceae	*Krameria erecta*	Cósahui	Sin estatus	NE / -
13	Zygophyllaceae	*Larrea tridentata*	Gobernadora	Sin estatus	NE / -
14	Solanaceae	*Lycium berlandieri*	Frutilla	Sin estatus	NE / -
15	Solanaceae	*Lycium brevipes*	Frutilla	Sin estatus	NE / -

VERSIÓN PÚBLICA

16	Asparagaceae	*Nolina palmeri*	Agave nolina	Sin estatus	NE / -
17	Fabaceae	*Pithecellobium confine*	Ejotón	Sin estatus	NE / -
18	Acanthaceae	*Ruellia californica*	Rama Parda	Sin estatus	NE / -
19	Fabaceae	*Senna confinis*	Sena	Sin estatus	NE / -
20	Simmondsiaceae	*Simmondsia chinensis*	Jojoba	Sin estatus	NE / -
21	Solanaceae	*Solanum hindsianum*	Mariola	Sin estatus	NE / -
22	Asteraceae	*Viguiera deltoidea*	Flor de sol	Sin estatus	NE / -
Estrato herbáceo					
1	Malvaceae	*Abutilon abutiloides*	Quesito	Sin estatus	NE / -
2	Asteraceae	*Ambrosia chenopodifolia*	Estafiate	Sin estatus	NE / -
3	Papaveraceae	*Argemone munita*	Cardo	Sin estatus	NE / -
4	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Aceitilla	Sin estatus	NE / -
5	Euphorbiaceae	*Euphorbia xanti*	Liga	Sin estatus	NE / Apéndice II
6	Malpighiaceae	*Heteropterys angustifolia*	Enrredadera mariposita	Sin estatus	NE / -
7	Cucurbitaceae	*Ibervillea sonorae*	Papa	Sin estatus	NE / -
8	Malvaceae	*Melochia tomentosa*	Malva Rosa	Sin estatus	NE / -
9	Pteridaceae	*Notholaena californica*	Helecho	Sin estatus	NE / -
10	Apocynaceae	*Pedilanthus macrocarpus*	Candelilla	Sin estatus	NE / -
11	Fabaceae	*Psorothamnus schottii*	Dalia	Sin estatus	NE / -
12	Malvaceae	*Sphaeralcea ambigua*	Mal de ojo	Sin estatus	NE / -
Estrato cactáceas					
1	Cactaceae	*Cylindropuntia bigelovii*	Choya güera	Sin estatus	LC / Apéndice II
2	Cactaceae	*Cylindropuntia cholla*	Cholla pelona	Sin estatus	LC / Apéndice II
3	Cactaceae	*Cylindropuntia molesta*	Cholla clavelina, tasajo	Sin estatus	LC / Apéndice II
4	Cactaceae	*Echinocereus brandegeei*	Casa de rata	Sin estatus	LC / Apéndice II
5	Cactaceae	*Ferocactus peninsulae*	Biznaga	Sin estatus	LC / Apéndice II
6	Cactaceae	*Mammillaria dioica*	Viejito	Sin estatus	LC / Apéndice II

VERSIÓN PÚBLICA

7	Cactaceae	*Pachycereus pringlei*	Cardón	Pr	LC / Apéndice II
8	Cactaceae	*Pachycereus schottii*	Garambullo	Pr	LC / Apéndice II
9	Cactaceae	*Stenocereus gummosus*	Pitaya Agria	Sin estatus	LC / Apéndice II
10	Cactaceae	*Stenocereus thurberi*	Pitaya dulce	Sin estatus	LC / Apéndice II

VERSIÓN PÚBLICA

Listado faunístico

Tabla 1. Listado de especies de avifauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	Galliformes	Odontophoridae	*Callipepla californica*	Codorniz Californiana	Nativa	_	_	_
2	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma Turca de Collar	Introducida	_	_	_
3	Columbiformes	Columbidae	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	Nativa	_	_	_
4	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	Nativa	_	_	_
5	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida macroura*	Huilota Común	Nativa	_	_	_
6	Cuculiformes	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos Norteño	Nativa	_	_	_
7	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	Nativa	_	_	_
8	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Phalaenoptilus nuttallii*	Tapacaminos Pandeagua	Nativa	_	_	_
9	Apodiformes	Apodidae	*Aeronautes saxatalis*	Vencejo Pecho Blanco	Nativa	_	_	_
10	Apodiformes	Trochilidae	*Calypte anna*	Colibrí Cabeza Roja	Nativa	_	LC	II
11	Apodiformes	Trochilidae	*Calypte costae*	Colibrí Cabeza Violeta	Nativa	_	LC	II
12	Apodiformes	Trochilidae	*Basilinna xantusii*	Colibrí Bajacaliforniano	Endémica	_	LC	II
13	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	Nativa	_	_	_
14	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa solitaria*	Playero Solitario	Nativa	_	_	_
15	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa flavipes*	Patamarilla Menor	Nativa	_	_	_
16	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea herodias*	Garza Morena	Nativa	_	_	_
17	Pelecaniformes	Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde	Nativa	_	_	_
18	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	Nativa	_	_	_
19	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	Nativa	Pr	LC	II
20	Accipitriformes	Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla Rojinegra	Nativa	Pr	LC	II
21	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja	Nativa	_	LC	II
22	Strigiformes	Tytonidae	*Tyto alba*	Lechuza de Campanario	Nativa	_	LC	II
23	Strigiformes	Strigidae	*Bubo virginianus*	Buho Cornudo	Nativa	_	LC	II

VERSIÓN PÚBLICA

24	Piciformes	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del Desierto	Nativa	_	_	_
25	Piciformes	Picidae	*Dryobates scalaris*	Carpintero Mexicano	Nativa	_	_	_
26	Piciformes	Picidae	*Colaptes chrysoides*	Carpintero de Pechera del Noroeste	Nativa	_	_	_
27	Falconiformes	Falconidae	*Caracara plancus*	Caracara Quebrantahuesos	Nativa	_	LC	II
28	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	Nativa	_	LC	II
29	Falconiformes	Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón Esmerejón	Nativa	_	LC	II
30	Passeriformes	Tyrannidae	*Myiarchus cinerascens*	Papamoscas Garganta Ceniza	Nativa	_	_	_
31	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano Chibiú	Semiendémica	_	_	_
32	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus verticalis*	Tirano Pálido	Nativa	_	_	_
33	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Papamoscas Llanero	Nativa	_	_	_
34	Passeriformes	Tyrannidae	*Empidonax wrightü*	Papamoscas Bajacolita	Semiendémica	_	_	_
35	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo bellii*	Vireo de Bell	Nativa	_	_	_
36	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo vicinior*	Vireo Gris	Semiendémica	_	_	_
37	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo cassinii*	Vireo de Cassin	Semiendémica	_	_	_
38	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	Nativa	_	NT	_
39	Passeriformes	Corvidae	*Aphelocoma californica*	Chara Californiana	Nativa	_	_	_
40	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo Común	Nativa	_	_	_
41	Passeriformes	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Baloncillo	Nativa	_	_	_
42	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta thatassina*	Golondrina Verdemar	Nativa	_	_	_
43	Passeriformes	Hirundinidae	*Progne subis*	Golondrina Azulnegra	Nativa	_	_	_
44	Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina Tijereta	Nativa	_	_	_
45	Passeriformes	Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo Matraquita	Nativa	_	_	_
46	Passeriformes	Ptiliogonatidae	*Phainopepla nitens*	Capulinero Negro	Nativa	_	_	_
47	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	Nativa	_	_	_
48	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila californica*	Perlita Californiana	Nativa	_	_	_
49	Passeriformes	Troglodytidae	*Salpinctes obsoletus*	Saltapared de Rocas	Nativa	_	_	_
50	Passeriformes	Troglodytidae	*Catherpes mexicanus*	Saltapared Barranqueño	Nativa	_	_	_
51	Passeriformes	Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared Común	Nativa	_	_	_

VERSIÓN PÚBLICA

52	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del Desierto	Nativa	_	_	_
53	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma cinereum*	Cuicacoche Bajacaliforniano	Endémica	_	_	_
54	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle Norteño	Nativa	_	_	_
55	Passeriformes	Turdidae	*Catharus guttatus*	Zorzal Cola Canela	Nativa	_	_	_
56	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón Mexicano	Nativa	_	_	_
57	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	Nativa	_	_	_
58	Passeriformes	Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero Garganta Negra	Nativa	_	_	_
59	Passeriformes	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión Arlequín	Nativa	_	_	_
60	Passeriformes	Passerellidae	*Calamospiza metanocorys*	Gorrión Alas Blancas	Nativa	_	_	_
61	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión Cejas Blancas	Nativa	_	_	_
62	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella atrogularis*	Gorrión Barba Negra	Nativa	_	_	_
63	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella breweri*	Gorrión de Brewer	Nativa	_	_	_
64	Passeriformes	Passerellidae	*Zonotrichia leucophrys*	Gorrión Corona Blanca	Nativa	_	_	_
65	Passeriformes	Passerellidae	*Artemisiospiza belti*	Zacatonero Californiano	Nativa	_	_	_
66	Passeriformes	Passerellidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión Sabanero	Nativa	_	_	_
67	Passeriformes	Passerellidae	*Melozone crissatis*	Rascador Californiano	Nativa	_	_	_
68	Passeriformes	Passerellidae	*Pipilo chlorurus*	Rascador Cola Verde	Nativa	_	_	_
69	Passeriformes	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	Semiendémica	_	_	_
70	Passeriformes	Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe Oliváceo	Nativa	_	_	_
71	Passeriformes	Cardinalidae	*Piranga ludoviciana*	Piranga Capucha Roja	Nativa	_	_	_
72	Passeriformes	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal Rojo	Nativa	_	_	_
73	Passeriformes	Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo Tigrillo	Semiendémica	_	_	_
74	Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina amoena*	Colorín Pecho Canela	Semiendémica	_	_	_

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.

[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022) silvestres.

[3] II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 1. Listado de especies de herpetofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	Anura	Bufonidae	*Anaxyrus punctatus*	Sapo de puntos rojos	Nativa	-	-	-
2	Anura	Scaphiopodidae	*Scaphiopus couchü*	Sapo cavador	Nativa	-	-	-
3	Squamata	Crotaphytidae	*Cambelia copeii*	Lagartija leopardo narigona de Baja California	Nativa	-	-	-
4	Squamata	Iguanidae	*Dipsosaurus dorsalis*	Iguana de desierto	Nativa	-	-	-
5	Squamata	Phrynosomatidae	*Callisaurus draconoides*	Cachora Arenera	Nativa	A	LC	-
6	Squamata	Phrynosomatidae	*Phrynosoma coronatum*	Camaleón Sudcaliforniano	Endémica	_	LC	II
7	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus magister*	Lagartija Espinosa del Desierto	Nativa	-	-	-
8	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus orcutti*	Lagartija Espinosa de Granito	Nativa	-	-	-
9	Squamata	Phrynosomatidae	*Urosaurus nigricaudus*	Cachora Arbolera Cola Negra	Nativa	A	LC	-
10	Squamata	Phrynosomatidae	*Uta stansburiana*	Lagartija Costado Manchado Común	Nativa	A	LC	-
11	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis hyperythrus*	Huico de Garganta Naranja	Nativa	-	-	-
12	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis tigris*	Huico Tigre del Noroeste	Endémica	-	-	-
13	Squamata	Charinidae	*Lkhanura trivirgata*	Boa Rosada del Noroeste	Nativa	A	LC	-
14	Squamata	Colubridae	*Bogertophis rosaliae*	Culebra Ratonera de Baja California	Nativa	-	-	-
15	Squamata	Colubridae	*Pituophis catenifer*	Topera	Nativa	-	-	-
16	Squamata	Colubridae	*Salvadora hexalepis*	Culebra Chata Occidental	Nativa	-	-	-
17	Squamata	Viperidae	*Crotalus enyo*	Víbora de Cascabel de Baja California	Nativa	A	LC	-
18	Squamata	Viperidae	*Crotalus mitchellü*	Víbora de Cascabel Moteada Peninsular	Nativa	Pr	LC	-
19	Squamata	Viperidae	*Crotalus ruber*	Víbora de Cascabel de Diamantes Rojos	Nativa	Pr	LC	-

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.
[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022)
[3]II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

VERSIÓN PÚBLICA

Tabla 1. Listado de especies de Mastofauna registradas en la microcuenca portezuelo.

No.	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO	NOM-059[1]	IUCN[2]	CITES[3]
1	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	Nativa	_	_	_
2	Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus audubonii*	Conejo del desierto	Nativa	_	_	_
3	Rodentia	Sciuridae	*Ammospermophilus leucurus*	Juancito	Nativa	_	_	_
4	Rodentia	Sciuridae	*Otospermophilus beecheyi*	Ardillón de Baja California	Nativa	_	_	_
5	Rodentia	Heteromydae	*Dipodomys merriami*	Rata canguro de Merriam	Nativa	_	_	_
6	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus arenarius*	Ratón de abazones arenero	Endémica	_	_	_
7	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus fallax*	Ratón de abazones de San Diego	Nativa	_	_	_
8	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus rudinoris*	Ratón de abazones de B. C.	Nativa	_	_	_
9	Rodentia	Heteromydae	*Chaetodipus spinatus*	Ratón de abazones de B. C.	Nativa	_	_	_
10	Rodentia	Cricetidae	*Neotoma lepida*	Rata cambalachera del desierto	Nativa	_	_	_
11	Rodentia	Cricetidae	*Peromyscus eremicus*	Ratón de cactus	Nativa	_	_	_
12	Rodentia	Soricomorpha	*Notiosorex crawfordi*	Musaraña desértica norteña	Nativa	_	_	_
13	Carnivora	Felidae	*Lynx rufus*	Lince americano	Nativa	_	_	_
14	Carnivora	Felidae	*Puma concolor*	Puma	Nativa	_	LC	II
15	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	Nativa	_	_	_
16	Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	Nativa	_	_	_
17	Carnivora	Canidae	*Vulpes macrotis*	Zorrita del desierto	Nativa	A	LC	_
18	Carnivora	Mephitidae	*Spilogale gracilis*	Zorrillo manchado occidental	Nativa	_	_	_
19	Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus hemionus*	Venado bura	Nativa	_	_	_
20	Chiroptera	Phyllostomidae	*Macrotus californicus*	Murciélago orejón californiano	Nativa	_	_	_
21	Chiroptera	Mormoopidae	*Mormoops megalophylla*	Murciélago barba arrugada	Nativa	_	_	_
22	Chiroptera	Molossidae	*Nyctinomops femorosaccus*	Murciélago cola suelta de bolsa	Nativa	_	_	_

VERSIÓN PÚBLICA

23	Chiroptera	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago cola suelta mexicano	Nativa	_	_	_
24	Chiroptera	Natalidae	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	Nativa	_	_	_
25	Chiroptera	Vespertilionidae	*Antrozous pallidus*	Murciélago desértico norteño	Nativa	_	_	_
26	Chiroptera	Vespertilionidae	*Eptesicus fuscus*	Murciélago norteamericano	Nativa	_	_	_
27	Chiroptera	Vespertilionidae	*Lasiurus blossevilli*	Murciélago cola peluda de blossevíl	Nativa	_	_	_
28	Chiroptera	Vespertilionidae	*Lasiurus xanthinus*	Murciélago amarillo del oeste	Nativa	_	_	_
29	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis californicus*	Murciélago ratón de California	Nativa	_	_	_
30	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis evotis*	Murciélago oreja larga	Nativa	Pr	LC	_
31	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis thysanodes*	Míotís bordado	Nativa	_	_	_
32	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis volans*	Míotís pata larga	Nativa	_	_	_
33	Chiroptera	Vespertilionidae	*Myotis yumanensis*	Myotis de Yuma	Nativa	_	_	_
34	Chiroptera	Vespertilionidae	*Parastreltus hesperus*	Murciélago de cañón	Nativa	_	_	_

[1] Pr: Protección especial. A: Amenazada. NOM-059-SEMARNAT-2010.
[2] LC: Preocupación Menor. Red List de IUCN (2022)
[3] II: Apéndice II. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres.

VERSIÓN PÚBLICA

BIBLIOGRAFÍA

Bojorquez-Tapia, L.A. 1989. Methodology for prediction of ecological impacts Ander real conditions in Mexico. Environmental Management. 13:545-551.

Bojórquez-Tapia, L. A., E. Ezcurra y O. García, 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. Journal of environmental management 53, 91-99.

Comisión Federal de Electricidad (CFE). 1996. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Intermedia del Proyecto Geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes, 3ª Etapa, BCS. GPG.SE-DPA-OE-LTV-002-96; 257 pp.

Comisión Federal de Electricidad (CFE). 2005. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular del Proyecto Geotermoeléctrico Las Tres Vírgenes, 4ª etapa, BCS. 383 pp.

Comisión Federal de Electricidad (CFE). 2010. Manifestación de Impacto Ambiental Proyecto Central Fotovoltaica Santa Rosalía, BCS. (1 MW). Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. 289 pp.

Aranda, M. 2000. Huellas y otros Rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Primera edición. Ed. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz - México, 212 págs.

Arnaud G., 2020. Estrategias de conservación de los vertebrados de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Recursos Naturales y Sociedad. Vol. 6 (2).

Blackburn, D. C. y D. B. Wake. 2011. Class Amphibia Gray, 182. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification & survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148:39-55 p. 04.

Blake, J. K. y A. Loiselle. 1991. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. Auk 108:114–127.

Bibby, C. J., N. D. Burgess y D. A. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Buckland, S. T., A. J. Plumptre, L. Thomas y E. A. Rexstad. 2010. Design and analysis of line transect surveys for primates. International Journal of Primatology, 31, 833-847.

Buckland, S. T., E. A. Rexstad, T. A. Marques y C. S. Oedekoven. 2015. Distance sampling: methods and applications, Springer, New York. 277 pp.

Castellanos, A. L. 2002. Manejo y Conservación de la Reserva de la Biosfera EL Vizcaíno y de la Avifauna acuática residente de las lagunas ojo de Liebre-Guerrero Negro, B.C.S. Identificación de estrategias. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Ceballos, G., J. y Arroyo–Cabrales, J. (2013). Lista Actualizada de los mamíferos de México **2012. Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época),** 2(1), 27–80.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

Cortés-Calva, P., A. Ortega-Rubio, C. L. Jiménez-Sierra, A. Gatica-Colima y I. González-López. 2014. El conocimiento de la fauna del Desierto de Vizcaíno: una herramienta de conservación. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 60, 85-91.

VERSIÓN PÚBLICA

Crother, B. I. 2017. Scientific and standard English names of amphibians and reptiles of North America north of Mexico, with comments regarding confidence in our understanding. 8th Edition. SSAR Herpetol. Circ. 43:1–103.

Díaz-Gamboa, L. 2020. La biodiversidad de anfibios y reptiles de la península de Yucatán y su importancia. Kambul. Pronatura Península de Yucatán, 2020 (4):45-52.

Erickson, R. A, R. Carmona, G. Ruiz-Campos, M. J. Iliff y M. J. Billings. 2013. Annotated Checklist of the Birds of Baja California and Baja California Sur, Second Edition. American Birds 66: 582-613.

Everett, W. y D. W. Anderson. 1991. Status and conservation of the breeding seabirds on offshore Pacific islands of Baja California and the Gulf of California. PP. 115-139. In Seabird. Status and Conservation: A supplement. J. P. Croxall (Ed.). International Council for Bird Preservation. Technical Publication No. 11. Cambridge U. K. 308 pp.

Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85, pp. 467-475.

Frost, D. R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2 Disponible en: https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

Galina-Tessaro, P., L. L. Grismer, B. Hollingsworth y A. Ortega-Rubio. 2002. Distribution and conservation of lizards in the Vizcaíno Biosphere Reserve, Baja California Sur, México. The Southwestern Naturalist 47 (1): 40-55.

Galina-Tessaro, P. 2002. Distribución y ecología de lacertilios: Priorización de áreas de Conservación y Manejo en la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, Baja California Sur. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

García-Aguilar, M. C., J. Luevano-Esparza y H. De la Cueva. 2017. La Fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están? Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 33(2) 188-198.

González-García, F. 2011. Métodos Para Contar Aves Terrestres. 86-123 Pp. En: Aguirre de Leon G. *et al*., (eds.) 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna 1ed. Querétaro, México.

Grismer, L. L, J. A. McGuire y B. D. Hollingsworth. 1994. A report on the Herpetofauna of the Vizcaíno Peninsula, Baja Caiifornia, México, with a discussion of its biogeographic and taxonomic implications. Bulletin of the Southern California Academy of Science 93(2): 45-80.

Grismer, L.L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California. EE UU: University of California Press, pp. 1-399.

Howell, G. N. S. y S. Webb. 1995. A Guide To The Birds of Mexico an Northern Central America, Oxford University Press.

Howell, G. N. S., R. A. Erickson, R. A. Hamilton y M. A. Patten. 2001. An annotated checklist of the birds of Baja California and Baja California Sur, pp. 171-203 in: Birds of the Baja California Peninsula: Status, Distribution, and Taxonomy. Monographs in Field Ornithology No. 3.

INE-SEMARNAP. 2000. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México.

VERSIÓN PÚBLICA

IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. Disponible en: https://www.iucnredlist.org. [Acceso el 15 de agosto de 2023].

Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8: 151-161.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera. 1995. Estrategia para el manejo de la Reserva de Biosfera el Vizcaino B.C. Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 154 pp.

CITES (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2022. Lista de las especies CITES. Secretaría de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres, Comisión Europe & Join Nature Conservation. Comité. Ginebra, Suiza.

CONAGUA. Normales Climatológicas, período 1981-2010 y 1991-2020. Sistema Meteorológico Nacional.

Curtis J. T, McIntosh RP (1951) An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

Corella J.F, Valdez H.J.I, Cetina A.V.M, González CFV, Trinidad S.A, Aguirre, R.J.R. (2001) Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México 26(90): 73-102.

Espinosa V., Valdez J.I., Ángeles P.G. y Castillo A.O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia. 26(1) 1-17

Sarmiento, F.O., 2000. Diccionario de Ecología. Quito, Ecuador. 512 p.

Morlan, M.C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 15 p.

Margalef, R. Ecología. Barcelona: Editorial Omega, 1981. Margalef, R. Ecología. Barcelona: Editorial Omega, 1981.

CONANP, 2014. Sistema de Alta Resolución – Monitoreo de Diversidad: Ecosistemas en Áreas Naturales Protegidas.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Centro de Población y Vivienda 2020.

Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Nueva Edición, cuarto trimestre de 2021 y 2022

SADER, Delegación BCS.

Información estratégica 2023 BCS.

Álvarez, M. y Espluga, A. P. (1999): "Introducción al paisaje", en Otero, I. (Ed.): Paisaje, Teledetección y SIG. Conceptos y aplicaciones. Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, pp. 1-33.

Conesa Fernández, V. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, (2ª ed.). Madrid: Editorial Mundi-Prensa.

García Ramón, Maria Dolors (1981) Métodos y Conceptos en Geografía Rural, Vilassar de Mar (Barcelona), Oikos-Tau. 185 pág.

[1] Sancho, J., Bosque, J. y Moreno, F. (1993): "La dinámica del paisaje: aplicaciones de un SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en las vegas de Madrid", Catastro, 18, pp. 35-51.

VERSIÓN PÚBLICA

Sancho, J., Moreno, F., García-Abad, J. J., Salas, F. J., Sobrino, O. y Blanco, J. M. (1998): Cartografía de la calidad visual del paisaje de la Comunidad de Madrid. Madrid, Comunidad de Madrid.
Labrandero, J. L. y Martínez Vega, J. (1998): Sistemas de Información Geográfica en la planificación ambiental de áreas de montaña. Madrid, CSIC.
Barettino Fraile, D. (1999): "Objetivos y bases metodológicas del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental (PNCTA)", en Laín Huerta, L. (Ed.): Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente-Instituto Tecnológico Geominero de España, pp. 143-154.
Errea Abad, M. P. (1999): "Gestión territorial e investigación científica con sistemas de información geográfica en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)", en Laín Huerta, L. (Ed.): Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente-Instituto Tecnológico Geominero de España, pp. 177-189.
Martínez Vega, J., Romero, R., García, J.A., Corrochano, P. y Martín, M. P., (2000): "Application of Geographic Information Systems to the management and conservation of Protected Areas". En Lois, R., Martín Lou, M. A., Mata, R., Valenzuela, M. (Eds): Living with Diversity. XXIX Congress of the International Geographic Union (Seoul, 2000), Madrid. pp. 425-438.
Montoya, R. y Padilla, J. (2001): "Utilización de un SIG para la valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje", Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles. Oviedo, Universidad de Oviedo-AGE, pp. 181-184.
INEGI, (2021). "Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.", 1° edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
Yeomans, W.C. 1979. A Proposed Biophysical Approach to Visual Absorption Capability (VAC). National Conference on Applied Techniques for Analysis and Manage-ment of the Visual Resource, Incline Village, Nevada, April 2325, 1979.
Matteucci, Silvia Diana; Mendoza, Nora Elena; Silva, Mariana Elizabeth; Falcón, Miguel; El paisaje visual, una herramienta de planificación y diseño; Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente; Fronteras; 9; 9; 11-2010; 57-66

VERSIÓN PÚBLICA