



# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

## I. Nombre del área que clasifica.

Oficina de Representación se SEMARNAT en el Estado de Sonora.  
Unidad de Gestión Ambiental - Impacto Ambiental

## II. Identificación del documento del que se elabora la versión pública

(SEMARNAT-04-002-A) Recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad particular Modalidad A, no incluye actividad altamente riesgosa.

## III. Partes o secciones clasificadas, así como las páginas que la conforman.

La información correspondiente al nombre, 1. Clave de elector de la credencial para votar; 2. Nombre; 3. Domicilio; 4. Código Bidimensional; 5. Fotografía de la persona; 6. OCR de la Credencial de Elector; 7. Código postal; 1. teléfono y/o correo electrónico de terceros.; 2. Firma de terceros y 3. Firma de recibido; ; Consta de 06 versiones públicas cantidad reportada por el período del 2do trimestre del 01 de abril del 2024 al 30 de junio del 2024.

## IV. Fundamento legal, indicando el nombre del ordenamiento, el o los artículos, fracción(es), párrafo(s) con base en los cuales se sustente la clasificación; así como las razones o circunstancias que motivaron la misma.

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

## V. Firma del titular del área



C. JUAN MANUEL VARGAS LOPEZ

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

Y RECURSOS NATURALES  
DELEGACIÓN FEDERAL EN  
EL ESTADO DE SONORA

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6, fracción VII, 32, 33, 34, 55 y 81 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en suplencia por ausencia definitiva del Titular de la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el estado de Sonora, previa designación, firma el C. Juan Manuel Vargas López, Subdelegado de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales.

## VI. Fecha, número e hipervínculo al acta de la sesión de Comité donde se aprobó la versión pública.

ACTA\_18\_2024\_SIPOT\_2T\_2024\_ART69 , en la sesión celebrada el 12 de julio del 2024.

Disponibile para su consulta en:

[http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/inai/XXXIX/2024/SIPOT/ACTA\\_18\\_2024\\_SIPOT\\_2T\\_2024\\_ART69](http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/inai/XXXIX/2024/SIPOT/ACTA_18_2024_SIPOT_2T_2024_ART69)

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

### I.1. Datos generales del proyecto:

#### I.1.1. Nombre del proyecto.

CUS Bloque H

#### I.1.2. Ubicación del proyecto.

El proyecto “CUS Bloque H” se desarrollará dentro del predio San Juan que se localiza al Este del Municipio de Hermosillo, Sonora, en el km 23 de la Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa, en el Municipio de Hermosillo, Sonora. La superficie total del predio San Juan es de 3,000-33-98 ha y el área del presente proyecto es de 15-73-74 hectáreas.

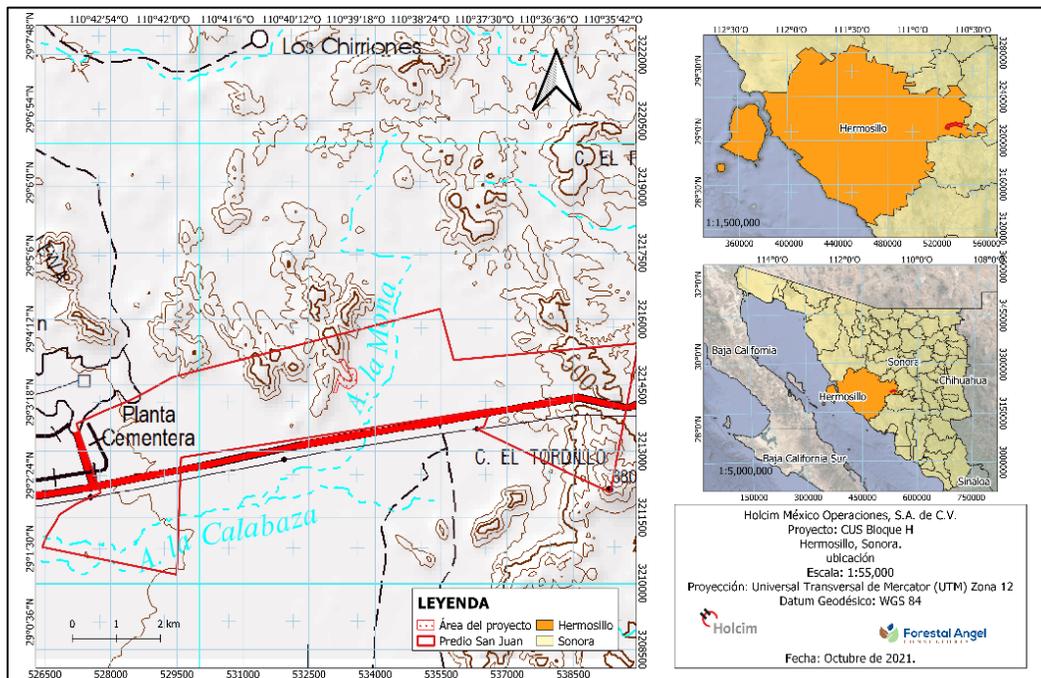


Figura I.1- Ubicación del proyecto.

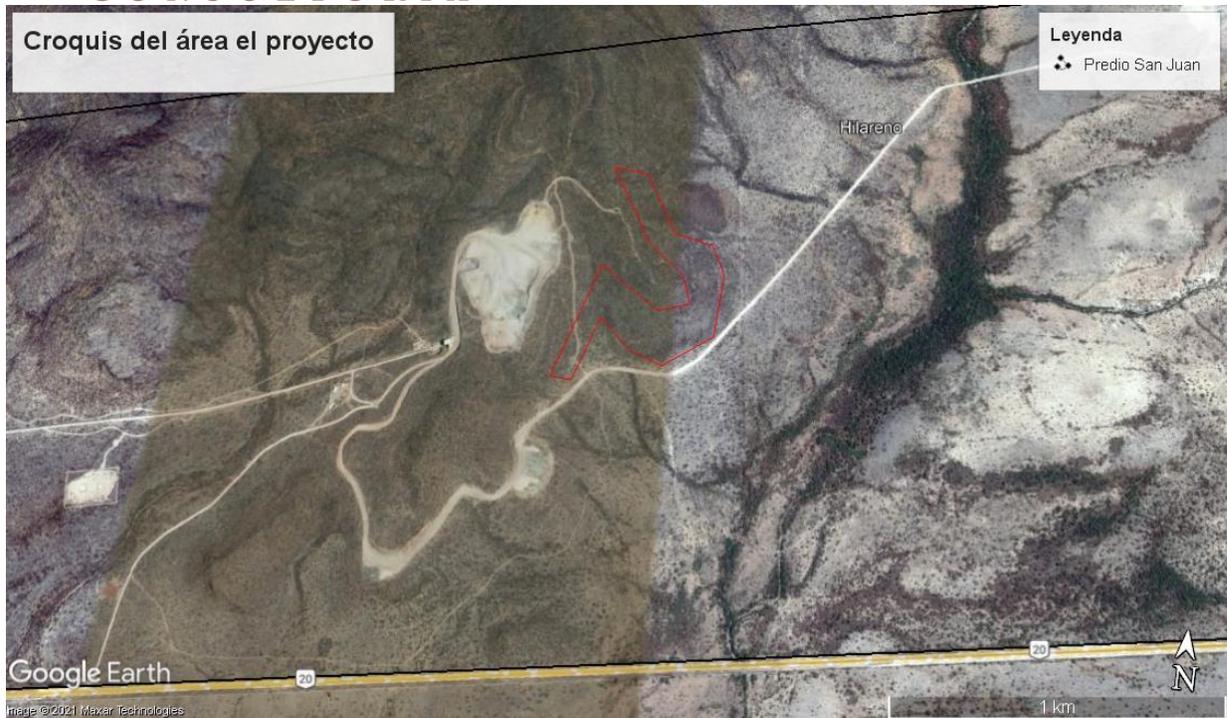


Figura I.2. Croquis del proyecto.



### I.1.3. Duración del proyecto.

Se pretende que el proyecto dure 99 años.

Tabla I.1. Cronograma de proyecto

| OBRA O ACTIVIDAD  | AÑOS                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|-----|
|   | 1                                      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ... | 99 | 100 |
| <b>Etapa de Preparación del sitio*</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Selección del área de replante.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Preparación del sitio de replante (apertura de cepas).  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Rescate de especies.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Plantación.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Riegos de auxilio.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Rescate de suelo.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trituración e incorporación al suelo de la vegetación no rescatada.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Implementación de obras de conservación de suelo (cunetas en caminos, bermas en zona de almacén de suelo, canales de derivación de corrientes, presas filtrantes y piedra acomodada en curvas de nivel para tierras frágiles, excavación de zanjas de sedimentación e infiltración al pie de los taludes de los terreros, etc.) |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Monitoreo para calificar el Programa.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Informe del Programa.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| <b>Etapa de Construcción y Operación</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Extracción de materias primas.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trituración.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Pre-homogeneización y molienda de crudo.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Calcinación.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Molienda de cemento.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Envasado y despacho.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Depósito de desechos y escombros.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| <b>Etapa de Abandono del sitio</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Limpieza del sitio.   | Al terminar la vida útil del proyecto. |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trabajos de nivelación y estabilización de taludes.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Incorporación de suelo fértil.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Reforestación con plantas nativas y obras de conservación de suelos.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Seguimiento y monitoreo.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |

## I.2. Datos generales del promovente.

### I.2.1. Nombre o razón social.

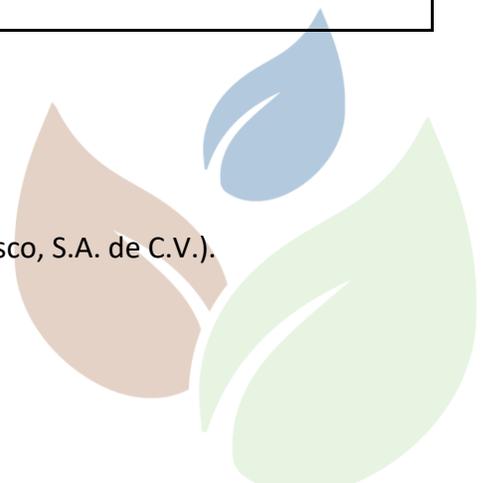
Holcim México Operaciones, S.A. de C.V. (antes Cementos Apasco, S.A. de C.V.).

### I.2.2. Registro federal de contribuyentes

CAP821208LQ3

### I.2.3. Nombre del representante legal

Jorge Guillermo Franco Zesati



#### **I.2.4. Dirección del promovente**

Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa km 23, C.P. 83309, Hermosillo, Sonora, México.

#### **Acreditación Legal de la Empresa Promovente y la Propiedad del Predio**

A través de la escritura pública No 28,783, el 18 de octubre del 2005 el Lic. Julián Real Vázquez, Titular de la Notaria No. 200 del Distrito Federal hace constar la Compulsa de estatutos de la Sociedad Cementos Apasco, S.A. de C.V. que realizo el Lic. Francisco Javier Sela Polo.

A través de la Escritura No. 81,574 de libro 1,702 celebrada el 25 de julio del 2003, el Lic. Francisco Fernández Cueto Barros, Titular de la Notaria No. 16 del Distrito Federal, hace constar el Poder General que otorga Cementos Apasco, S.A. de C.V., representada en este acto por el Licenciado Francisco Javier Sela Polo en la que otorga y confiere Poder General para Actos de Administración a favor del señor Mauricio Ricardo Vilchis Gómez. Dicha escritura fue inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del comercio del Distrito Federal, con Folio Mercantil No. 6499, en la ciudad de México, el 22 de septiembre del 2003.

Escritura Pública No. 6898 de fecha 26 de Octubre del 2000, mostrada ante la fe del Notario Público No. 53 de Hermosillo, Sonora, Lic. Iván Flores Salazar, inscrita en el Registro Público de la Propiedad del Distrito Judicial del Estado de Sonora, en la sección registro inmobiliario, Libro uno, número de inscripción 265114 del volumen 5441, el día 3 de Abril del 2001, en la que, María Leticia Torres Serrano vende a favor de la empresa Desarrollos y Proyectos El Aromo S.A. de C.V. representada por Gerardo Mariano Mendoza Bazán y José Rafael Campos Oropeza una fracción del predio "San Juan" de superficie 3,000-33-98 ha.

A través de la Escritura Pública No. 21,986 el 18 de octubre del año 2000 el Lic. Julián Real Vázquez, Titular de la Notaria No. 200 del Distrito Federal se hace constar la constitución de "Desarrollos y Proyectos El Aromo" Sociedad Anónima de Capital Variable.

Contrato de comodato que celebra por una parte Desarrollos y Proyectos El Aromo, S.A. de C.V., representada por los señores Ing. Vicente José Galdeano Bazán y C.P. Víctor Hernández Bonilla, en lo sucesivo EL AROMO, y por otra parte, Cementos Apasco, S.A. de C.V., representada por los señores C.P. Víctor Hernández Bonilla y Lic. Cristóbal Cepeda Cavaría en donde se da en comodato una fracción del predio San Juan, ubicado en el municipio de Hermosillo, Sonora, con una superficie de 3,000-33-98 ha.

A través del acta constitutiva número 47,036, con fecha del 21 de marzo del 2019 el C. Julián Real Vázquez, Titular de la Notaria Número 200 de la Ciudad de México, hace contar el cambio de denominación de Cementos Apasco, S.A. de C.V. a Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.

A través del instrumento notarial número 47,717, de fecha 19 de septiembre de 2019, otorgado ante la fe del licenciado Julián Real Vázquez, Notario Público número 200 de la Ciudad de México se le otorga poder legal al C. Jorge Guillermo Franco Zesati.

### **I.3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental**

#### **I.3.1 Nombre o razón social**

Forestal Angel Consultoria, S.A. de C.V.

#### **I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP**

FAC150716BM1

#### **I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio**

Ángel Villanueva Pineda

#### **I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio**



## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

### **II.1. Información General del Proyecto.**

#### **II.1.1. Naturaleza del proyecto.**

El proyecto que se pretende realizar está ubicado al Este del Municipio de Hermosillo, en el km 23 de la Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa, en la sección Oeste, Norte y Este del Predio San Juan. La superficie total que ocupa el área sujeta al CUSTF en el que se establece el presente proyecto es de 15-73-74 hectáreas.

El proyecto “CUS Bloque H”, pretende cumplir con la legislación ambiental vigente a través de la autorización de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) para el CUSTF, como parte de su estrategia de negocio para atender la demanda del mercado de la construcción en la región Noroeste del país, requiriendo la operación de extracción de las materias primas necesarias para la producción de cemento.

Como se removerá vegetación forestal en la operación de la citada Planta, se han considerado medidas de mitigación de los efectos adversos que esto pudiera ocasionar al ambiente, mismas que fueron planteadas en el estudio anterior. La vegetación y fauna silvestre son de los componentes de los ecosistemas que más se dañan al momento de realizar un cambio de uso de suelo, es por esto por lo que se propone un programa de rescate de las especies de flora silvestre clasificadas en alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010, nodrizas de cactáceas y/o de difícil regeneración. Dicho programa se orienta a los individuos susceptibles de rescate y trasplante, de tal manera que se asegure su supervivencia. Al igual que la flora silvestre, se elaboró un programa de rescate para la fauna que incluya las especies que pueden habitar o transitar por el área del proyecto, que se encuentran en alguna categoría de protección y/o no puedan trasladarse fuera de las áreas de desmonte por ellos mismos o su huida sea muy lenta, poniendo en riesgo su supervivencia. Este proyecto se realizará considerando todas las regulaciones aplicables, de tal manera que se asegure la extracción de materia prima durante los próximos 99 años.

#### **II.1.2. Selección del sitio**

El criterio para la selección del sitio consiste en cumplir con los requerimientos de calidad de la materia prima caliza para la elaboración de cemento. En el área del proyecto se detectó la presencia de este mineral, así mismo en la parte oeste del proyecto se encuentra la cantera caliza por lo que el desarrollo de este es una ampliación de dicha área de explotación. El proyecto ya cuenta con caminos de acceso y los servicios necesarios para el personal y no será necesario el desarrollo de obras temporales.

El área no se encuentra en zona de atención prioritaria, no se observan zonas de anidación, refugio, reproducción, conservación de especies de fauna en alguna categoría de protección

(de acuerdo con la normativa vigente), o bien las áreas de distribución de especies frágiles y/o vulnerables de vida silvestre y de restauración de hábitat.

No es una zona a de aprovechamiento restringido o con veda forestal y/o de fauna, además no se clasifica como un ecosistema frágil.

### II.1.3. Ubicación y dimensiones del proyecto

El proyecto “CUS Bloque H” se desarrollará dentro del predio San Juan que se localiza al Este del Municipio de Hermosillo, Sonora, en el km 23 de la Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa, en el Municipio de Hermosillo, Sonora. La superficie total del predio San Juan es de 3,000-33-98 ha y el área del presente proyecto es de 15-73-74 hectáreas.

Tabla II.1. Coordenadas geográficas de la Fracción I del Predio San Juan

| VERTICE                                 | COORDENADAS UTM             |                |
|---|-----------------------------|----------------|
|   | POLÍGONO GENERAL DEL PREDIO |                |
|   | ESTE X                      | NORTE Y        |
| 1                                       | 539,980.5284                | 3,215,446.8874 |
| 2                                       | 539,700.4706                | 3,213,933.8245 |
| 3                                       | 539,693.4901                | 3,213,897.0203 |
| 4                                       | 539,345.2316                | 3,212,060.8274 |
| 5                                       | 538,531.0706                | 3,212,439.8626 |
| 6                                       | 538,434.9704                | 3,212,484.0118 |
| 7                                       | 538,248.0000                | 3,212,578.0000 |
| 8                                       | 536,314.1431                | 3,213,502.7114 |
| 9                                       | 536,476.6738                | 3,213,556.9004 |
| 10                                      | 536,603.5859                | 3,213,908.2518 |
| 11                                      | 536,627.7130                | 3,213,953.7196 |
| 12                                      | 529,593.2093                | 3,212,855.5179 |
| 13                                      | 529,521.0302                | 3,210,901.2711 |
| 14                                      | 529,494.6056                | 3,210,197.0804 |
| 15                                      | 526,442.5550                | 3,210,822.2089 |
| 16                                      | 526,538.0390                | 3,211,065.7729 |
| 17                                      | 526,723.1643                | 3,211,353.9353 |
| 18                                      | 526,837.1985                | 3,211,561.0727 |
| 19                                      | 527,220.8400                | 3,211,804.6000 |
| 20                                      | 527,767.6864                | 3,212,051.6878 |
| 21                                      | 527,604.2967                | 3,212,513.9283 |
| 22                                      | 527,588.0952                | 3,212,553.5248 |
| 23                                      | 527,217.9412                | 3,213,623.0142 |
| 24                                      | 527,841.6904                | 3,213,907.7256 |
| 25                                      | 528,420.7247                | 3,214,147.0064 |
| 26                                      | 528,768.3722                | 3,214,322.6211 |
| 27                                      | 529,403.2655                | 3,214,679.0521 |
| 28                                      | 533,546.6589                | 3,215,737.5443 |
| 29                                      | 535,473.7598                | 3,216,229.1041 |
| 30                                      | 535,786.7360                | 3,215,066.4550 |
| 1                                       | 539,980.5284                | 3,215,446.8874 |
| <b>SUPERFICIE TOTAL= 3,000-33-98 ha</b> |                             |                |



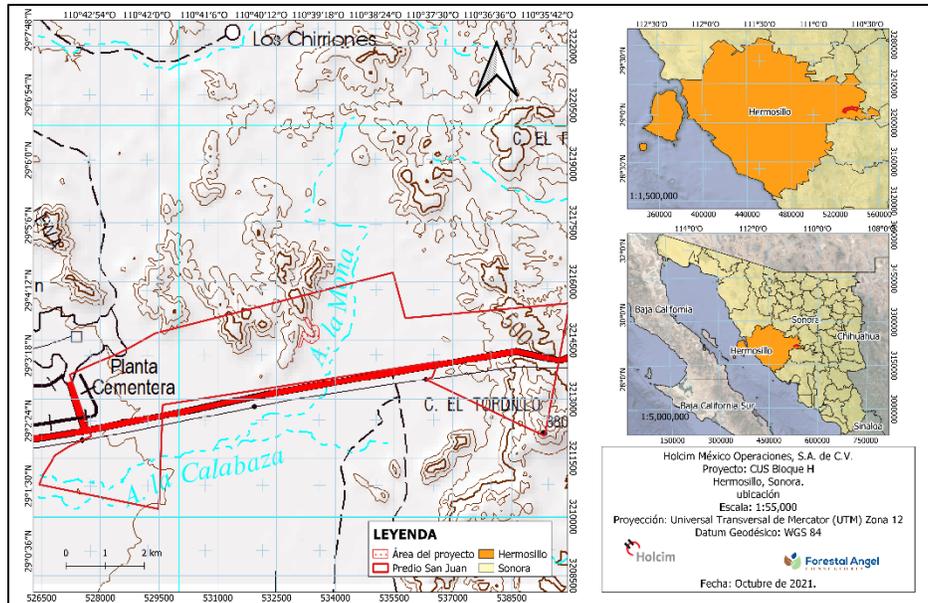


Figura II.1. Ubicación del predio el pinacate y el área del proyecto en relación con Estado-Municipio.

- La superficie total de la Fracción I del predio San Juan es de **3,000-33-98 m<sup>2</sup>**
- El área para impactar total es **15-73-74 ha<sup>2</sup>**. La cobertura vegetal presente en el área a impactar es **matorral subtropical** en un 86.06% y **matorral desértico micrófilo** en un 13.94%.
- El predio objeto en el que se solicita el cambio de uso de suelo se encuentra ubicado en la cuenca del Río Sonora. La cuenca del Río Sonora se ubica entre las coordenadas 28° 50' 00" y 31° 00' 00" de latitud Norte y 109° 45' 00" y 111° 25' 00" de longitud Oeste. Recorre la parte Centro – Norte del Estado, limita al Norte con la cuenta del Río San Pedro, al Este con la cuenca del Río Yaqui, al Sureste con la cuenca del Río Mátape, al Suroeste con el Golfo de California, al Oeste con la cuenca del Río Bacoachi y al Noroeste con la cuenca del Río Concepción. Cuenta con una superficie de 21,474 Km<sup>2</sup>, ocupando el segundo lugar dentro de la RH9 en cuanto a superficie, con un 14.8% del total (INEGI, 1993).
- El Río Sonora inicia su recorrido en las cercanías de Cananea, con rumbo general al sur hasta la capital estatal. El afluente más trascendente que lo alimenta es el Río Bacanuchi. Esta cuenca posee además otros dos ríos, el San Miguel de Horcasitas y El Zanjón, que se unen justo antes de pasar por El Alamito, para confluir con el Río Sonora en las afueras de la ciudad de Hermosillo. Estas corrientes alimentan a la presa Abelardo L. Rodríguez, cuyas aguas son empleadas para riego, control de avenidas y uso doméstico; otra presa es Teopari en el arroyo La Junta. Se registra una precipitación media anual de 376 mm, volumen medio anual precipitado de 9 779.8 Mm<sup>3</sup>, coeficiente de escurrimiento de 2.8% que generan un escurrimiento de 273.83 Mm<sup>3</sup> anuales. El uso principal es agrícola, seguido por doméstico, industrial, pecuario y recreativo.

e) Los municipios que se encuentran dentro de esta cuenca son Aconchi, Arizpe, Bacoachi, Baviacora, Benjamín Hill, Cananea, Carbó, La Colorada, Cucurpe, Cumpas, Fronteras, Guaymas, Hermosillo, Huepac, Imuris, Magdalena, Mazatán, Moctezuma, Opodepe, Rayón, San Felipe de Jesús, San Miguel de Horcasitas, San Pedro de la cueva, Santa Ana, Ures y Villa Pesqueira.

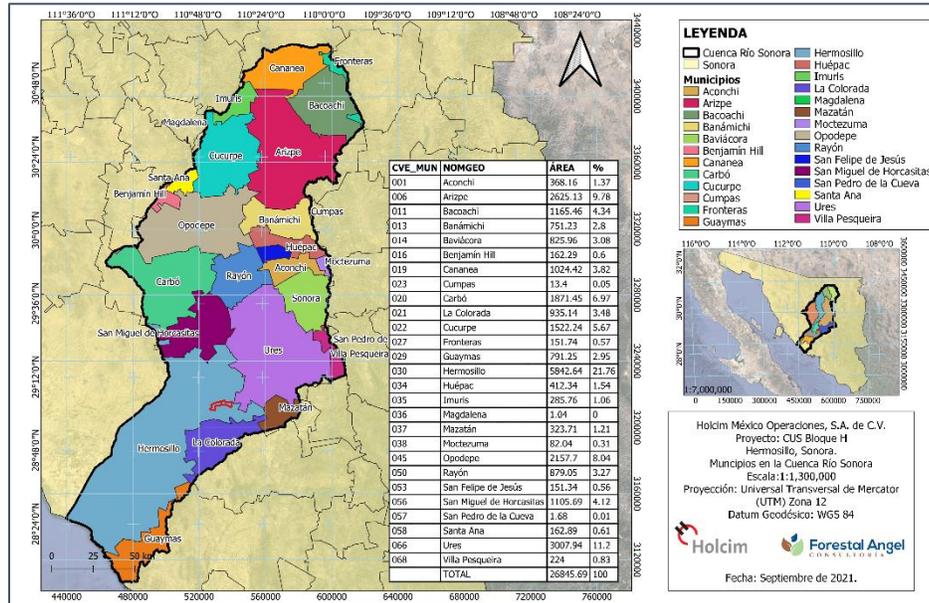
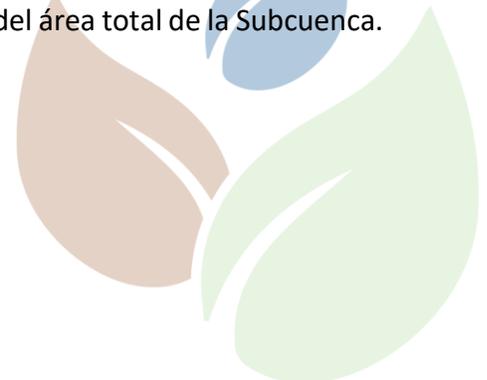


Figura II.2. Municipios dentro de la Cuenca Río Sonora.

La topografía de esta cuenca es algo accidentada, con altitudes que van desde 221 msnm a 2,620 msnm, con excepción de su parte baja y la región de su afluente con el Río Zanjón. A lo largo de la cuenca se efectúan aprovechamientos de agua subterránea y superficial, principalmente para el riego de cultivos agrícolas. El principal afluente de esta cuenca es el río que lleva su mismo nombre, este nace en Cananea, en la Provincia de la Sierra Madre Occidental, fluyendo con dirección al Sur, en su trayecto hacia Hermosillo, lo alimentan los afluentes del Río Bacanuchi y el Río Bacoachi. A la altura de Hermosillo, de no ser por que desemboca en la Presa de El Molinito (Rodolfo Félix Valdéz) se uniría a los ríos San Miguel y Zanjón, a la altura de lo que hoy es la Presa Abelardo L. Rodríguez. Aguas debajo de esta presa, el río seguiría su curso natural hasta su desembocadura en el estero de Tastiota, en aguas del Golfo de California. El área del proyecto se localiza en la Cuenca Río Sonora, en la Subcuenca R. Sonora-Hermosillo, afectando solo el 0.0076 % del área total de la Subcuenca.



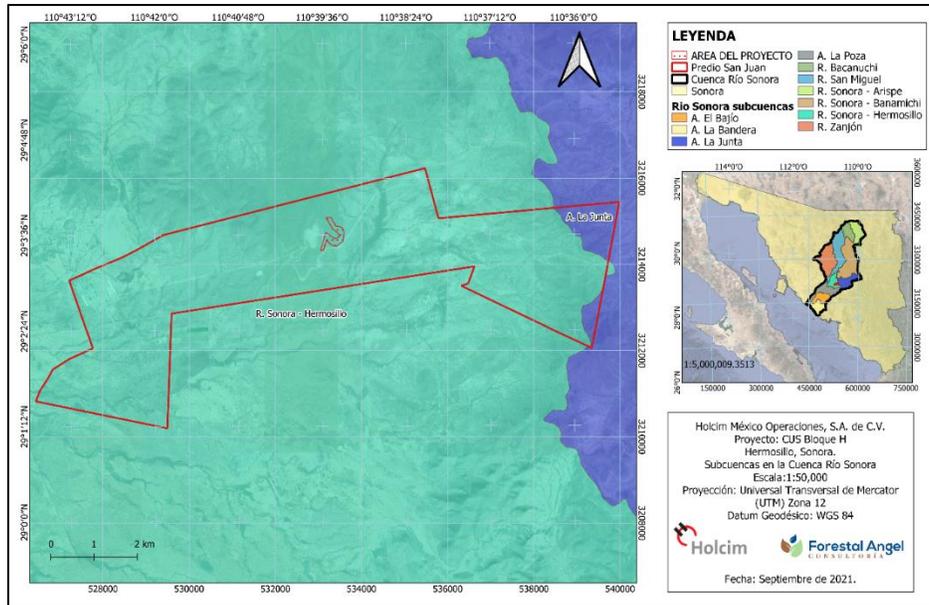


Figura II.3. Ubicación del predio El Pinacate respecto a las Subcuencas de la cuenca Río Sonora.

#### II.1.4. Inversión requerida

Para llevar a cabo el proyecto “CUS Bloque H” se contempla una inversión total de

#### II.1.5. Dimensiones del proyecto

Ubicación georreferenciada del proyecto en coordenadas geográficas o UTM

En la siguiente figura se muestra la ubicación del área del proyecto con respecto al Estado-Municipio.

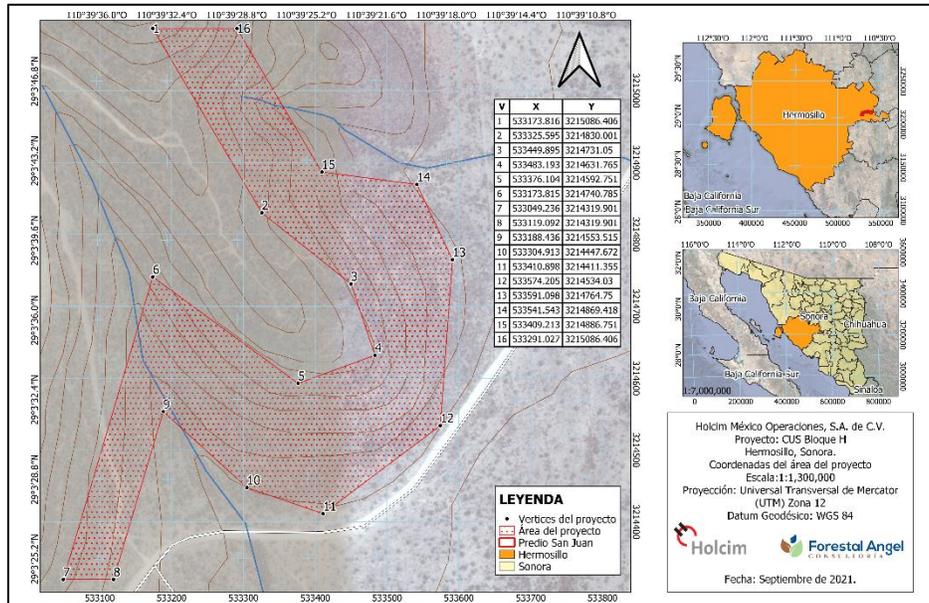


Figura II.4. Vértices del área del proyecto Vistas Reserva Residencial.

Las coordenadas del polígono del área propuesta a cambio de uso de suelo son las siguientes:

Tabla II.2. Coordenadas de los vértices del área del proyecto.

| V                       | X          | Y            |
|-------------------------|------------|--------------|
| 1                       | 533173.816 | 3215086.406  |
| 2                       | 533325.595 | 3214830.001  |
| 3                       | 533449.895 | 3214731.050  |
| 4                       | 533483.193 | 3214631.765  |
| 5                       | 533376.104 | 3214592.751  |
| 6                       | 533173.815 | 3214740.7850 |
| 7                       | 533049.236 | 3214319.901  |
| 8                       | 533119.092 | 3214319.901  |
| 9                       | 533188.436 | 3214553.515  |
| 10                      | 533304.913 | 3214447.672  |
| 11                      | 533410.898 | 3214411.355  |
| 12                      | 533574.205 | 3214534.030  |
| 13                      | 533591.098 | 3214764.750  |
| 14                      | 533541.543 | 3214869.418  |
| 15                      | 533409.213 | 3214886.751  |
| 16                      | 533291.027 | 3215086.406  |
| <b>ÁREA 15-73-74 HA</b> |            |              |

#### II.1.6. Uso actual de suelo

De acuerdo con la capa de INEGI Uso de suelo y vegetación Serie VI y basándose en la fisonomía y composición florística de la vegetación, en el área de estudio puede encontrarse el tipo de vegetación: Matorral Subtropical (MST) y Matorral Desértico Micrófilo (MDM). En el predio, la cobertura vegetal del terreno ha sido transformada en ciertas áreas debido principalmente a las actividades de sobrepastoreo realizadas en el pasado por los anteriores dueños de la propiedad dando como resultado la eliminación parcial de la vegetación.

El Proyecto "CUS Bloque H" de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., se encuentra localizado dentro del predio San Juan que se ubica al Este de la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el km 23 de la Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa. Por lo que la historia de uso de suelo es la misma que la reportada para ETJ previos, es decir, de uso de suelo pecuario y agrícola (ETJ con Autorización No. DFS/SGPA/US/01321/07, de fecha 27 de noviembre de 2007 y No. DFS/SGPA/US/0406/08, de fecha 29 de febrero de 2008, con vigencia de dos años para la realización de los trabajos en cada uno de ellos), adicional a esto la empresa cuenta con una prórroga otorgada por la SEMARNAT, mediante oficio No. DFS/SGPA/UARRN/0491/2010, de fecha 12 de marzo de 2010, con una vigencia de un año. Recientemente las autorizaciones de ETJ con No. de Oficio DFS/SGPA/UARRN/297/2017 para el proyecto GAMMA CEMENTOS APASCO, S.A. DE C.V., en el cual se autorizó el CUSTF

para una superficie de 5.37 ha y No. de Oficio DFS/SGPA/UARRN/7/2020 para el proyecto AMPLIACIÓN DE LA CANTERA CALIZA para una superficie de 24.7770 ha.

Cabe señalar que el 12 de abril del 2007 el H. Ayuntamiento de Hermosillo a través de la Dirección General de Desarrollo Urbano y Obras Públicas proporcionó a la empresa Cementos Apasco, S.A. de C.V. (ahora Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.) el oficio No. DUYOP/DHA/2480/07 que indica que el área del proyecto es congruente con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano para el centro de población Hermosillo, Sonora, lo cual se puede considerar para actividad minera.

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

El Proyecto “CUS Bloque H” de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., se encuentra localizado dentro del predio San Juan que se ubica al Este de la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el km 23 de la Carretera Hermosillo-Mazatán-Sahuaripa. El predio donde se localiza el área del proyecto se encuentra urbanizado por la empresa Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., por lo que no será necesario la instalación de servicios para el desarrollo de este proyecto. También se cuenta con acceso y caminos al área del proyecto por lo que no es necesario construir nuevos accesos.



## II.2. Características particulares del proyecto.

### II.2.1. Programa de trabajo.

Tabla II.3. Cronograma de del programa de trabajo

| OBRA O ACTIVIDAD  | AÑOS                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|-----|
|   | 1                                      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ... | 99 | 100 |
| <b>Etapa de Preparación del sitio*</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Selección del área de replante.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Preparación del sitio de replante (apertura de cepas).  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Rescate de especies.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Plantación.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Riegos de auxilio.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Rescate de suelo.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trituración e incorporación al suelo de la vegetación no rescatada.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Implementación de obras de conservación de suelo (cunetas en caminos, bermas en zona de almacén de suelo, canales de derivación de corrientes, presas filtrantes y piedra acomodada en curvas de nivel para tierras frágiles, excavación de zanjas de sedimentación e infiltración al pie de los taludes de los terreros, etc.) |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Monitoreo para calificar el Programa.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Informe del Programa.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| <b>Etapa de Construcción y Operación</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Extracción de materias primas.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trituración.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Pre-homogeneización y molienda de crudo.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Calcinación.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Molienda de cemento.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Envasado y despacho.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Depósito de desechos y escombros.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| <b>Etapa de Abandono del sitio</b>  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Limpieza del sitio.   | Al terminar la vida útil del proyecto. |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Trabajos de nivelación y estabilización de taludes.   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Incorporación de suelo fértil.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Reforestación con plantas nativas y obras de conservación de suelos.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |
| Seguimiento y monitoreo.  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |     |

(\*) A aplicar después de recibir las autorizaciones correspondientes.

La etapa de preparación del sitio considera el desmonte paulatino mediante el uso de maquinaria, siguiendo el plan de explotación de la cantera la cual considera la remoción de la vegetación solamente en la superficie requerida para asegurar la operación de la Planta. Dicha explotación se realizará con previa verificación de las áreas de extracción por parte

del Coordinador de Canteras y la validación de la ejecución de las actividades de rescate de especies de flora y fauna por el Coordinador Ambiental de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.

Para disminuir los impactos adversos que ocasionará el desmonte, se propone que todas las actividades relacionadas con esta etapa se hagan de forma paulatina y conforme a las necesidades operativas en el área de aprovechamiento.

### II.2.1.1. Estudio de campo y gabinete

#### Fauna

Los sitios fueron de forma circular con 17.84 m de radio 1,000 m<sup>2</sup>. En campo el muestreo fue estratificado, registrando las especies arbóreas y cactáceas en una superficie de 1000 m<sup>2</sup>, las arbustivas en 100m<sup>2</sup> y las especies herbáceas en un radio de 1 m<sup>2</sup>. Los parámetros utilizados fueron el número de individuos por especie, el diámetro de la cobertura del dosel y el estrato al que corresponde cada individuo.

Para determinar el número de sitios de muestreo se utilizó el modelo matemático establecido en la Evaluación de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Jiménez, 2000), así como en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Este método requiere de realizar un estudio piloto, esto con el fin de conocer la variabilidad de los parámetros a medir en el área de estudio. El parámetro utilizado para determinar el coeficiente de variación con base al estudio piloto fue el número de especies por sitio de muestreo. En este caso, se utilizaron 2 sitios de muestreo para la vegetación de MDM y 3 MST.

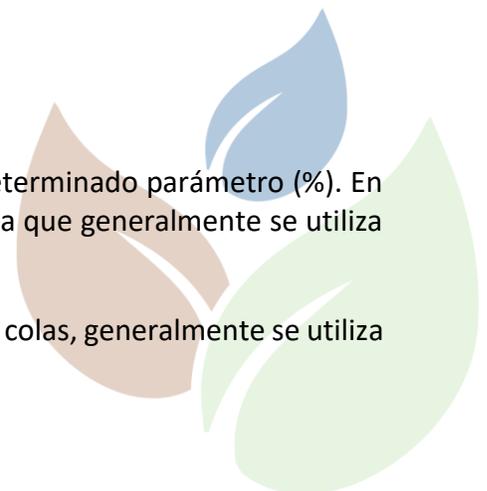
El modelo para determinar el número de muestras es el siguiente:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

**n** = número de unidades de muestreo

**E** = error con el que se requiere obtener los valores de un determinado parámetro (%). En bien en Mostacedo y Fredericksen (2000) se hace referencia a que generalmente se utiliza un error del 20%.

**t** = valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student de dos colas, generalmente se utiliza  $t_{0.05}$ .



**CV** = coeficiente de variación (%). Se refiere a la desviación estándar de los datos con respecto a la media de la población, en este caso se obtiene de los sitios piloto que se utilizaron para cada tipo de vegetación. La fórmula para el coeficiente de variación es:

$$CV = s * 100 / \bar{x}$$

Donde s = a la desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  = El promedio de la muestra, en este caso del número de especies por sitio

N = total de unidades de muestreo. Se refiere a la cantidad de unidades de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> que podrían ser contenidos en el área total de interés. Este valor es obtenido dividiendo la superficie total del área cubierta por el tipo de vegetación matorral desértico micrófilo y el de matorral subtropical entre el área de cada unidad de muestreo.

### *Matorral subtropical*

Tabla II.4. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación           | Sitio       | No. especies | X      | Y       |
|----------------------|-------------|--------------|--------|---------|
| Matorral subtropical | 1           | 13           | 533174 | 3214596 |
|                      | 2           | 12           | 533442 | 3214551 |
|                      | 3           | 11           | 533346 | 3214903 |
|                      | <b>Desv</b> | <b>1.0</b>   |        |         |
|                      | <b>CV</b>   | <b>8.33</b>  |        |         |

Para el presente proyecto los valores considerados fueron:

Tamaño de la unidad de muestra = 1000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 135,434 m<sup>2</sup>

N = 135,434/1000 = 135.343 unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

E = 20%

CV = 8.33%

t = 4.30 (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 2 grados de libertad, por los 3 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{4.30^2 \times 8.33^2}{20^2 + \frac{4.30^2 \times 8.33^2}{135.343}} = 3.14$$

n = 3.14 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 3)

Derivado del resultado anterior, se tiene que con 4 sitios de muestreo de 1000m<sup>2</sup> lo que equivale al 3.0 % de la superficie total del área sujeta a CUSTF correspondiente al matorral subtropical.

El estudio de la vegetación ocurrió en un solo período de revisión en campo, generándose una bitácora de referencia con la ubicación geográfica, datos y fotografías del sitio. A nivel de sitio, los arreglos vegetativos se identificaron con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, principalmente en la clasificación de varios autores entre los que se incluyen: Rzedowski (1966, 1978, 1981), Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990), COTECOCA (1974), Brown (1982) y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática, lo que corresponde a la carta Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000. Es importante señalar que en zonas aledañas y dentro del área del proyecto, existe evidencia de impactos previos derivados de las actividades antropogénicas.

### *Matorral desértico microfilo*

Tabla II.5. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación                   | Sitio | No. especies | X      | Y       |
|------------------------------|-------|--------------|--------|---------|
| Matorral desértico microfilo | 1     | 18           | 533562 | 3214751 |
|                              | 2     | 17           | 533555 | 3214785 |
|                              | Desv  | 0.7          |        |         |
|                              | CV    | 4.04         |        |         |

Para el presente proyecto los valores considerados fueron:

Tamaño de la unidad de muestra = 1000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 21,940 m<sup>2</sup>

N = 21,940/1000 = 21.94 unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

E = 30%, en este caso, considerando la heterogeneidad espacial y temporal de los componentes biofísicos de los ecosistemas ribereños, se utilizará un error del 30%.

CV = 4.04%

t = 12.71 (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 1 grados de libertad, por los 2 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{12.71^2 \times 4.04^2}{20^2 + \frac{12.71^2 \times 4.04^2}{21.91}} = 2.58$$

n = 2.58 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 3)

Derivado del resultado anterior, se tiene que con 2 sitios de muestreo de 1000m<sup>2</sup> lo que equivale al 9.11% de la superficie total del área sujeta a CUSTF.

El estudio de la vegetación ocurrió en un solo período de revisión en campo, generándose una bitácora de referencia con la ubicación geográfica, datos y fotografías del sitio. A nivel de sitio, los arreglos vegetativos se identificaron con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, principalmente en la clasificación de varios autores entre los que se incluyen: Rzedowski (1966, 1978, 1981), Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990), COTECOCA (1974), Brown (1982) y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática, lo que corresponde a la carta Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000. Es importante señalar que en zonas aledañas y dentro del área del proyecto, existe evidencia de impactos previos derivados de las actividades antropogénicas.

Tabla II.6. Coordenadas de los sitios de muestro.

| Tipo de vegetación           | Sitio | X      | Y       |
|------------------------------|-------|--------|---------|
| Matorral subtropical         | 1     | 533345 | 3214508 |
|                              | 2     | 533442 | 3214551 |
|                              | 3     | 533470 | 3214769 |
|                              | 4     | 533346 | 3214903 |
| Matorral desértico micrófilo | 1     | 533562 | 3214751 |
|                              | 2     | 533555 | 3214785 |
|                              | 3     | 533543 | 3214572 |
|                              | 4     | 533560 | 3214612 |

De acuerdo con la información recabada en campo se procedió a determinar el valor de importancia de las especies presentes en el sitio para cada estrato, cabe aclarar que la vegetación que podemos encontrar en el área sujeta a CUSTF pertenece al tipo matorral subtropical y matorral desértico micrófilo.

## Estrato arbóreo

### *Matorral subtropical*

Tabla II.7. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbóreo.

| Nombre común | Nombre científico             | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Guayacán     | <i>Guaiaacum coulteri</i>     | 3         | 3.0                   | 1          | 16.67                   | 17.67          | 3.32                   | 23.02         |
| Mauto        | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 35        | 42.4                  | 2          | 33.33                   | 304.83         | 57.34                  | 133.10        |
| Palo verde   | <i>Cercidium microphyllum</i> | 45        | 54.5                  | 3          | 50.00                   | 209.11         | 39.34                  | 143.88        |
|              |                               | <b>83</b> | <b>100.0</b>          | <b>6</b>   | <b>100.00</b>           | <b>531.62</b>  | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 3 especies arbóreas, y de acuerdo con el muestreo el área está formada por la asociación *Cercidium microphyllum* y *Lysiloma microphyllum*, las cuales cuentan con una densidad de 54 y 35 ind/ha respectivamente, mientras que su cobertura es de 209.11 y 304.83 m<sup>2</sup>/ha en el mismo orden mencionado anteriormente. El índice de valor de importancia nos indica que *Cercidium microphyllum* y

*Lysiloma microphyllum* son las especies que mejor representan el estrato arbóreo. Por el contrario, *Guaicum coulteri* es la especie que tienen un menor índice de valor de importancia.

Es importante mencionar que la especie *Guaicum coulteri*, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “amenazada”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia.

### **Matorral desértico micrófilo**

Tabla II.8. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbóreo.

| Nombre común  | Nombre científico              | Densidad   | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha  | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|---------------|--------------------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| Guayacán      | <i>Guaicum coulteri</i>        | 8          | 3.53                  | 2          | 14.29                   | 12.59           | 1.16                   | 18.98         |
| Mauto         | <i>Lysiloma microphyllum</i>   | 130        | 61.18                 | 2          | 14.29                   | 792.70          | 73.11                  | 148.57        |
| Ocotillo      | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 3          | 1.18                  | 1          | 7.14                    | 7.85            | 0.72                   | 9.04          |
| Palo fierro   | <i>Olneya tesota</i>           | 10         | 4.71                  | 2          | 14.29                   | 56.43           | 5.20                   | 24.20         |
| Palo zorrillo | <i>Senna atomaria</i>          | 40         | 18.82                 | 4          | 28.57                   | 121.52          | 11.21                  | 58.60         |
| Torote blanco | <i>Bursera microphylla</i>     | 23         | 10.59                 | 3          | 21.43                   | 93.21           | 8.60                   | 40.61         |
|               |                                | <b>213</b> | <b>100.00</b>         | <b>14</b>  | <b>100.00</b>           | <b>1,084.30</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 6 especies arbóreas. La especie con mayor densidad fue *L. microphyllum* 130 ind/ha y también es la especie que obtuvo un valor más alto de IVI. En cuanto a densidad, la especie con en segundo lugar es *S. atomaria* con 40 ind/ ha y un valor de IVI de 58.60. En tercer lugar, se encuentra *B. microphylla* con una estación de densidad de 23 ind/ha y un valor de IVI de 40.61.

Es importante mencionar que la especie *Olneya tesota*, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “sujeta a protección especial”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia



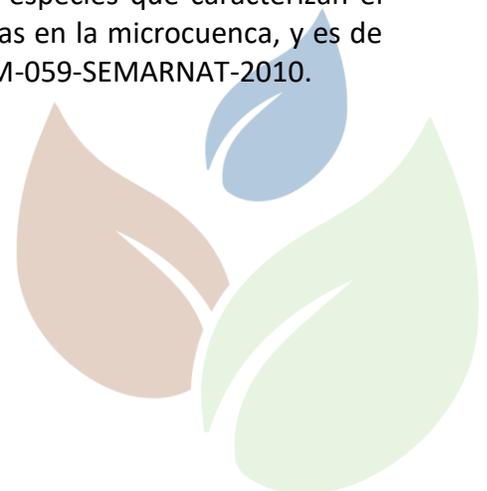
**Estrato arbustivo**
***Matorral subtropical***

Tabla II.9. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbustivo.

| Nombre común   | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|----------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Gatuño         | <i>Acacia greggii</i>          | 100         | 8.77                  | 3          | 11.54                   | 109.96         | 4.15                   | 24.46         |
| Ocotillo macho | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 23          | 1.97                  | 2          | 7.69                    | 30.42          | 1.15                   | 10.81         |
| Orégano        | <i>Lippia palmeri</i>          | 425         | 37.28                 | 1          | 3.85                    | 267.04         | 10.08                  | 51.20         |
| Palo zorrillo  | <i>Senna atomaria</i>          | 68          | 5.92                  | 4          | 15.38                   | 155.51         | 5.87                   | 27.17         |
| Salicieso      | <i>Lycium andersonii</i>       | 75          | 6.58                  | 1          | 3.85                    | 47.12          | 1.78                   | 12.20         |
| Torote blanco  | <i>Bursera microphylla</i>     | 68          | 5.92                  | 4          | 15.38                   | 192.03         | 7.25                   | 28.55         |
| Torote prieto  | <i>Bursera laxiflora</i>       | 245         | 21.49                 | 4          | 15.38                   | 889.04         | 33.54                  | 70.42         |
| Torote verde   | <i>Bursera lancifolia</i>      | 48          | 4.17                  | 3          | 11.54                   | 393.85         | 14.86                  | 30.56         |
| Vara blanca    | <i>Croton sonorae</i>          | 90          | 7.89                  | 4          | 15.38                   | 565.49         | 21.34                  | 44.61         |
|                |                                | <b>1140</b> | <b>100.00</b>         | <b>26</b>  | <b>100.00</b>           | <b>2650.45</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

Para el estrato arbustivo en el área del CUSTF se encontraron 9 especies, entre estas las de mayor densidad fueron: *Lippia palmeri*, *Bursera laxiflora* y *Acacia greggii* con 425, 245 y 245 ind/ha respectivamente. Las especies arbustivas con valores de IVI más altos y por lo tanto más representativas son *B. laxiflora*, *L. palmeri* y *C. sonorae* con valores de 70.42%, 51.20% y 44.61%.

Por otro lado, las especies con menos valores de densidad fueron: *Fouquieria macdougalli* y *Bursera lancifolia*, con 23 y 48 ind/ha. Las especies con cobertura más bajas fueron *Fouquieria macdougalli* y *Lycium andersonii*. En general las especies que caracterizan el estrato arbustivo en el sitio se encuentran bien representadas en la microcuenca, y es de destacar que no se encuentran especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.



### Matorral desértico micrófilo

Tabla II.10. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbustivo.

| Nombre común  | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|---------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Adelia        | <i>Adelia sp.</i>              | 3           | 0.11                  | 1          | 4.35                    | 4.91           | 0.23                   | 4.69          |
| Agave         | <i>Agave angustifolia</i>      | 125         | 5.43                  | 1          | 4.35                    | 283.73         | 13.51                  | 23.29         |
| Cacahila      | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 19.64          | 0.94                   | 6.37          |
| Chirahui      | <i>Acacia cochliacantha</i>    | 100         | 4.35                  | 2          | 8.70                    | 75.79          | 3.61                   | 16.65         |
| Condalia      | <i>Condalia globosa</i>        | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 44.18          | 2.10                   | 7.54          |
| Gatuño        | <i>Mimosa biuncifera</i>       | 75          | 3.26                  | 1          | 4.35                    | 58.91          | 2.81                   | 10.41         |
| Orégano       | <i>Lippia palmeri</i>          | 525         | 22.83                 | 2          | 8.70                    | 275.68         | 13.13                  | 44.65         |
| Papache       | <i>Randia thurberi</i>         | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 56.75          | 2.70                   | 8.14          |
| Pintapan      | <i>Abutilon abutiloides</i>    | 100         | 4.35                  | 1          | 4.35                    | 0.20           | 0.01                   | 8.71          |
| Sangrengado   | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 7.07           | 0.34                   | 5.77          |
| Tomatillo     | <i>Lycium andersonii</i>       | 300         | 13.04                 | 1          | 4.35                    | 37.70          | 1.80                   | 19.19         |
| Torote prieto | <i>Bursera laxiflora</i>       | 138         | 5.98                  | 4          | 17.39                   | 398.12         | 18.96                  | 42.33         |
| Torote verde  | <i>Bursera lancifolia</i>      | 10          | 0.43                  | 2          | 8.70                    | 57.43          | 2.74                   | 11.87         |
| Uña de gato   | <i>Acacia greggii</i>          | 300         | 13.04                 | 2          | 8.70                    | 235.62         | 11.22                  | 32.96         |
| Vara blanca   | <i>Croton sonora</i>           | 525         | 22.83                 | 2          | 8.70                    | 544.09         | 25.91                  | 57.43         |
|               |                                | <b>2300</b> | <b>100.00</b>         | <b>23</b>  | <b>100.00</b>           | <b>2099.79</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

Para el estrato arbustivo en el área del CUSTF se encontraron 15 especies, entre estas las de mayor densidad fueron: *Lippia palmeri*, *Lycium andersonii* *Acacia greggi* con 525, 300 y 300 ind/ha respectivamente. Las especies arbustivas con valores de IVI más altos y por lo tanto más representativas son *C. sonora*, *L. palmeri* y *B. laxiflora* con valores de 57.43%, 44.65 y 42.33%.

Por otro lado, las especies con menos valores de densidad fueron: *Adelia sp.* y *B. lanciflora*, con 3 y 10 ind/ha. En general las especies que caracterizan el estrato arbustivo en el sitio se encuentran bien representadas en la microcuenca, y es de destacar que no se encuentran especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## Cactáceas

### *Matorral subtropical*

Tabla II.11. Análisis de diversidad de la vegetación para cactáceas.

| Nombre común | Nombre científico             | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Cabeza viejo | <i>Mammillaria microcarpa</i> | 8         | 10.34                 | 2          | 20.00                   | 49.13          | 29.61                  | 59.95         |
| Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>         | 35        | 48.28                 | 3          | 30.00                   | 54.00          | 32.54                  | 110.82        |
| Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>           | 3         | 3.45                  | 1          | 10.00                   | 0.49           | 0.30                   | 13.74         |
| Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i>   | 8         | 10.34                 | 2          | 20.00                   | 1.47           | 0.88                   | 31.23         |
| Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>     | 20        | 27.59                 | 2          | 20.00                   | 60.85          | 36.67                  | 84.26         |
|              |                               | <b>73</b> | <b>100</b>            | <b>10</b>  | <b>100.00</b>           | <b>165.93</b>  | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En el estrato de las cactáceas se encontraron 5 especies, de las cuales *Opuntia cholla* y *Carnegiea gigantea* fueron las que obtuvieron mayor densidad y cobertura, por lo tanto, se ubican también con el mayor índice de valor de importancia. La especie *Carnegiea gigantea* se encuentra dentro de la categoría de Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra representada en la microcuenca y se propone el rescate de los individuos.

### *Matorral desértico micrófilo*

Tabla II.12. Análisis de diversidad de la vegetación para cactáceas.

| Nombre común | Nombre científico           | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>       | 5         | 22.22                 | 1          | 14.29                   | 6.25           | 37.15                  | 73.66         |
| Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>         | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 2.50           | 14.86                  | 40.26         |
| Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i> | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 0.20           | 1.19                   | 26.59         |
| Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>   | 5         | 22.22                 | 2          | 28.57                   | 1.88           | 11.14                  | 61.94         |
| Sibiri       | <i>Opuntia arbuscula</i>    | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 4.25           | 25.26                  | 50.66         |
| Tasajillo    | <i>Opuntia leptocaulis</i>  | 5         | 22.22                 | 1          | 14.29                   | 1.75           | 10.40                  | 46.91         |
|              |                             | <b>23</b> | <b>100</b>            | <b>7</b>   | <b>100.00</b>           | <b>16.83</b>   | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En el estrato de las cactáceas se encontraron 6 especies, de las cuales *Opuntia cholla*, *Carnegiea gigantea* y *Opuntia leptocaulis* fueron las que obtuvieron mayor densidad. Las especies con mayor valor de IVI son *Opuntia cholla*, *Carnegiea gigantea* y *Opuntia arbuscula*. La especie *Carnegiea gigantea* se encuentra dentro de la categoría de

Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra representada en la microcuenca y se propone el rescate de los individuos.

## Herbáceas

### *Matorral subtropical*

Tabla II.13. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato herbáceo.

| Nombre común     | Nombre científico              | Densidad     | Densidad relativa (%) | Frecuencia    | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|---------------|-------------------------|----------------|------------------------|------------|
| Cola de zorro    | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 2500         | 25.0                  | 1             | 25.00                   | 1963.50        | 96.62                  | 146.62     |
| Espuelita        | <i>Euphorbia florida</i>       | 5000         | 50.0                  | 2             | 50.00                   | 24.54          | 1.21                   | 101.21     |
| Zacate aceitilla | <i>Bidens odorata</i>          | 2500         | 25.0                  | 1             | 25.00                   | 44.18          | 2.17                   | 52.17      |
|                  |                                | <b>10000</b> | <b>100</b>            | <b>4.0000</b> | <b>100</b>              | <b>2032.22</b> | <b>100</b>             | <b>300</b> |

El estrato de las herbáceas se encuentra conformado de 3 especies, siendo la de mayor representación *Polypogon monspeliensis* adquiriendo el 146.62% del valor de IVI.

### *Matorral desértico micrófilo*

Tabla II.14. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato herbáceo.

| Nombre común  | Nombre científico              | Densidad     | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|---------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|------------|
| Cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 17500        | 100                   | 2          | 100                     | 36.13          | 100                    | 300        |
|               |                                | <b>17500</b> | <b>100</b>            | <b>2</b>   | <b>100</b>              | <b>36.13</b>   | <b>100</b>             | <b>300</b> |

El estrato de las herbáceas se encuentra conformado solamente por una especie, por lo que la *Polypogon monspeliensis* adquiere el 300% del valor del IVI.

## Fauna

Para la estimación de índices de diversidad de especies se llevaron a cabo 4 puntos de muestreo para el tipo de vegetación matorral subtropical y 4 sitio para el matorral desértico micrófilo (mismo que se utilizaron para muestreo de flora), circular con 17.84 m de diámetro dando una superficie de 1000 m<sup>2</sup>.

### Esfuerzo de muestreo

El esfuerzo de muestreo viene a ser la cantidad total de unidades de muestreo desplegadas o efectuadas en un determinado hábitat, ecosistema o área de interés, y en una ubicación temporal determinada; la implementación de las unidades de muestreo tiene como finalidad establecer o conocer ciertas características de una comunidad, poblacional animal (Riqueza, abundancia, por ejemplo) y otros elementos (Magurran y Mc Gill, 2011).

En este caso, para el proyecto que nos ocupa se realizaron un total de 4 unidades de muestreo para el tipo de vegetación matorral subtropical y un total de 4 para el tipo de vegetación de matorral desértico micrófilo.

### **Anfibios y reptiles**

Para este grupo faunístico, se procedió a utilizar el método de muestreo directo por medio de encuentro visual. Esta técnica es ampliamente conocida y es citada comúnmente como VES por sus siglas en inglés *Visual Encounter Survey* (Heyer et al., 1944), y en español como búsqueda por encuentro visual o REV (Relevamiento por encuentro visual) (Rueda et al., 2006).

Para esto se procedió a realizar una búsqueda con desplazamiento lento y constante, revisando la vegetación, piedras, y diversos materiales que sirvieran de refugio a los especímenes de interés dentro del sitio de muestreo. Esta actividad se realizó durante el día, pues así se permite localizar a las especies durmiendo entre la vegetación (Doan, 2003; Schlüter y Pérez, 2004). Los especímenes avistados fueron identificados por el técnico especialista en fauna.

### **Aves**

Para el caso de las aves se realizó el método de muestreo por puntos. Este método resulta ser eficaz en todo tipo de terrenos y hábitats.

Para llevar a cabo este muestreo, el técnico evaluador, permaneció en un punto céntrico dentro del sitio de muestreo en donde tomó nota de todas las especies e individuos vistos y oídos con ayuda de binoculares para facilitar su identificación, en un tiempo entre 10 a 15 minutos (Ralph et al., 1997). El horario de evaluación fue durante media mañana cuando las especies se encontraban aún activas.

### **Mamíferos**

El método utilizado para este grupo en específico fue el método indirecto, a través de huellas, heces, refugios, huesos, madrigueras y otros (Wilson et al., 1996; Krebs et al., 2008), puesto que gran parte de este grupo son animales de comportamiento tímido.

Se procedió a identificar a que especies pertenecían los indicios encontrados y a ser contabilizados.

### **Índice de Shannon-Wiener**

El índice de biodiversidad empleado para establecer la diversidad florística fue el Índice de Shannon-Wiener, cuyos valores inferiores a 2 son bajos y valores superiores a 3 son altos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5, y valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos.

$$H = -\sum_{i=1} p_i (\ln p_i)$$

A mayor valor del índice (con un límite de 5) indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

Para este muestreo solamente se tomó en cuenta el tipo de vegetación que será sujeto al CUSTF que es en este caso el matorral subtropical y matorral desértico micrófilo. Para esto, se utilizó la información de los sitios de muestreo que fueron ubicados en el área.

### ***Matorral subtropical***

Tabla II.15. Índice de diversidad de Shannon para las especies muestreadas en el área del proyecto.

| Aves   |                     |                              |          |           |            |         |              |
|--|---------------------|------------------------------|----------|-----------|------------|---------|--------------|
| ID   | Nombre común        | Nombre científico            | Total    | Densidad  | p(i) = n/N | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Cardenal            | <i>Cardinalis cardinalis</i> | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 2  | Gorrión zacatonero  | <i>Peucaea carpalis</i>      | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 3  | Paloma alas blancas | <i>Zenaida asiatica</i>      | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 4  | Paloma huilota      | <i>Zenaida macroura</i>      | 6        | 15        | 0.6667     | -0.405  | -0.27        |
|  |                     |                              | <b>9</b> | <b>23</b> |            |         | <b>-1.00</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                     |                              |          |           |            |         | <b>1.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                     |                              |          |           |            |         | <b>1.39</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                     |                              |          |           |            |         | <b>0.72</b>  |

| Reptiles   |                            |                          |       |            |            |             |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------|------------|------------|-------------|--------------|
| ID   | Nombre común               | Nombre científico        | Total | Densidad   | p(i) = n/N | LN p(i)     | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Lagartija (arbolera común) | <i>Urosaurus ornatus</i> | 1     | 2.5        | 1          | 0.00        | 0.00         |
|  |                            |                          |       | <b>2.5</b> |            | <b>0.00</b> | <b>0.00</b>  |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |

En los sitios de muestreo no se encontraron la presencia del grupo faunístico de mamíferos y anfibios. En el grupo de aves se encontraron 4 especies diferentes y el valor de índice de diversidad de Shannon es de 1.00, en cuanto al grupo de reptiles solo se encontró una especie por lo que el valor de indie de Shannon dio 0.

### Matorral desértico micrófilo

Tabla II.16. Índice de diversidad de Shannon para las especies muestreadas en el área del proyecto.

| Aves     |                       |                                |  |            |            |             |              |
|----------|-----------------------|--------------------------------|--|------------|------------|-------------|--------------|
| ID       | Nombre común          | Nombre científico              | Total  | Densidad   | p(i) = n/N | LN p(i)     | p(i)*LN p(i) |
| 1        | Paloma ala blanca     | <i>Zenaida asiatica</i>        | 4  | 10         | 0.44       | -0.81       | -0.36        |
| 2        | Carpintero mexicano   | <i>Picoides scalaris</i>       | 1  | 3          | 0.11       | -2.20       | -0.24        |
| 3        | Cenzontle             | <i>Mimus polyglottos</i>       | 1  | 3          | 0.11       | -2.20       | -0.24        |
| 4        | Paloma huilota        | <i>Zenaida macroura</i>        | 1  | 3          | 0.11       | -2.20       | -0.24        |
| 5        | Gorrión zacatonero    | <i>Peuca carpalis</i>          | 1  | 3          | 0.11       | -2.20       | -0.24        |
| 6        | Cardenal del desierto | <i>Cardinalis sinuatus</i>     | 1  | 3          | 0.11       | -2.20       | -0.24        |
|          |                       |                                | <b>9</b>   | <b>23</b>  |            |             | <b>-1.58</b> |
|          |                       |                                | <b>I. Shannon H</b>                              |            |            |             | <b>1.58</b>  |
|          |                       |                                | <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |            |            |             | <b>1.79</b>  |
|          |                       |                                | <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |            |            |             | <b>0.81</b>  |
| Reptiles |                       |                                |  |            |            |             |              |
| ID       | Nombre común          | Nombre científico              | Total  | Densidad   | p(i) = n/N | LN p(i)     | p(i)*LN p(i) |
| 1        | Huico                 | <i>Aspidocelis Sexlineatus</i> | 1  | 3          | 1          | 0.00        | 0.00         |
|          |                       |                                |  | <b>2.5</b> |            | <b>0.00</b> | <b>0.00</b>  |
|          |                       |                                | <b>I. Shannon H</b>                              |            |            |             | <b>0.00</b>  |
|          |                       |                                | <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |            |            |             | <b>0.00</b>  |
|          |                       |                                | <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |            |            |             | <b>0.00</b>  |

En los sitios de muestreo no se encontraron la presencia del grupo faunístico de mamíferos y anfibios. En el grupo de Aves se encontraron 6 especies diferentes y el valor de índice de diversidad de Shannon es de 1.58, en cuanto al grupo de reptiles solo se encontró una especie por lo que el valor de indie de Shannon dio 0.

#### II.2.2. Etapa de preparación del sitio.

El predio en el que se localiza la planta de Hermosillo tiene una superficie de 3,000-33-98 hectáreas, y las actividades de CUSTF para el presente proyecto ocuparán una superficie de 15-73-74 ha, en las que la remoción de la vegetación forestal será en forma paulatina conforme al plan de explotación de la cantera y asegurando la remoción de la cobertura vegetal solamente en las áreas donde sea necesario para la operación de la cantera, contemplando una vida útil de 99 años.

Debido a que se removerá vegetación forestal se han considerado medidas de mitigación de los efectos adversos al ambiente. En este proyecto se realizarán las acciones apropiadas

para proteger a las especies de flora en alguna categoría de protección o de difícil regeneración. Para el caso de la fauna silvestre que vive o transita por el lugar también se han tomado las medidas adecuadas de mitigación. Este proyecto se realizará considerando todas las regulaciones ambientales aplicables, de tal manera que se asegure su permanencia en el lugar.

Para la realización de este estudio se ha considerado el cumplimiento de las regulaciones ambientales, estudios de campo, revisiones bibliográficas e información proporcionada por el promovente del proyecto.

En esta etapa se contempla la preparación del sitio en las canteras con el desmonte mediante el uso de maquinaria, de acuerdo con el plan de explotación, previa verificación de las áreas de extracción por parte del Coordinador de Canteras, y validación de la ejecución de las actividades de rescate de especies de flora y fauna por el Coordinador Ambiental de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.

### **II.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto**

El presente proyecto se encuentra dentro el predio San Juan, en donde se encuentra la Planta de Cementos de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., y cuenta con las obras y servicios ya establecidos por lo que no será necesario obras y actividades provisionales como lo son las letrinas o campamentos.

### **II.2.4. Construcción**

No aplica debido a que la extracción de materiales será a cielo abierto y no se pretende construir obra alguna.

### **II.2.5. Etapa de operación y mantenimiento.**

#### **Barrenación y voladuras**

Se realizará el diseño, marcación en campo, perforación de barrenos, ejecución y elaboración del reporte técnico de las voladuras, incluyendo el registro sismográfico de las mismas. Es importante señalar que el suministro y los trámites para el uso y almacenamiento de los explosivos es responsabilidad de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., quedando a cargo de la empresa contratista solamente el acarreo interno a los sitios de aplicación.

#### **Carga y acarreo de materias primas**

Se llevará a cabo la colocación o cargado del material pétreo en los camiones, para su transporte directo a la tolva de la quebradora primaria y/o al stock en el patio de almacenamiento, localizado en la superficie de explotación de las canteras, para la realización de las mezclas para lograr la composición requerida por el proceso.

Los materiales se entregarán en greña, con una granulometría máxima de 1.0 m<sup>3</sup>; las rocas mayores a este tamaño se quebrarán en sitio con un martillo hidráulico, realizando las campañas requeridas para la reducción de los sobre tamaños en la Cantera.

### Equipo requerido por el contratista

Se considera el siguiente equipo para la operación de extracción de materias primas:

Tabla II.17. Equipo requerido para la extracción de materias primas

| Cantidad | Equipo                                     | Capacidad         |
|----------|--|-------------------|
| 1        | Excavadora Hy 480LC-9S                     | 370 t/h           |
| 1        | Cargador Frontal H780                      | 300 t/h           |
| 1        | Cargador Frontal H740                      | 130 t/h           |
| 7        | Camiones Kenwort t-800 con caja roquera    | 14 m <sup>3</sup> |
| 1        | Tractor de Oruga D8N                       | --                |
| 1        | Motoconformadora 14G                       | --                |
| 1        | Pipa para riego                            | 10 m <sup>3</sup> |
| 1        | Perforadora Tamrock T-700                  | 27 m/hr           |
| 1        | Camión de Lubricación                      | --                |
| 4        | Vehículos utilitarios para diferentes usos | --                |

### Ciclo productivo

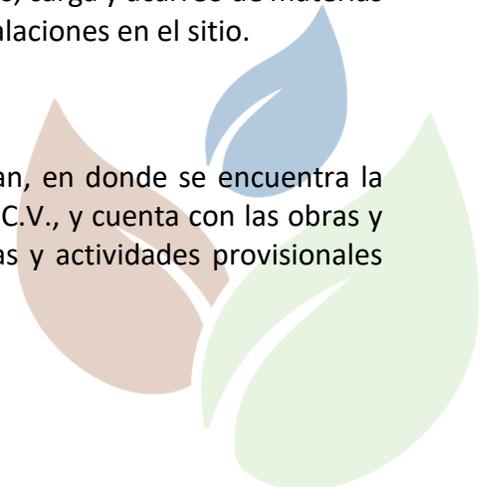
Se suministrarán materias primas a la quebradora primaria de manera directa durante el turno de operación con 2 equipos de carga y 6 camiones.

### Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

En el desarrollo del proyecto no se utilizarán obras adicionales como un área para la ubicación de las instalaciones de la empresa contratista, ya que el personal que laborará en el proyecto es propio de la empresa contratista quien tendrá a su cargo las operaciones de preparación del terreno, barrenación, realización de voladuras, carga y acarreo de materias primas hacia la trituradora primaria y que ya cuenta con instalaciones en el sitio.

#### II.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto

El presente proyecto se encuentra dentro el predio San Juan, en donde se encuentra la Planta de Cementos de Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., y cuenta con las obras y servicios ya establecidos por lo que no será necesario obras y actividades provisionales como lo son las letrinas o campamentos.



### **II.2.7. Etapa de abandono del sitio.**

#### **Rehabilitación.**

En esta etapa se considera la rehabilitación del sitio con obras de conservación de suelos como la reforestación con plantas nativas, cuando se da por concluido la vida útil del espacio destinado a maniobras, esto con el fin de propiciarle al suelo una mayor protección y retención de humedad para que se generen el desarrollo de la masa forestal e inducir una cobertura vegetal con especies nativas.

### **II.2.8. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.**

#### **Etapa de preparación del sitio:**

##### Suelos

Se generará material vegetal producto del desmonte, mismo que será seccionado picado y almacenado temporalmente para su posterior uso en la restauración del sitio.

La cantidad de suelo fértil es muy bajo o nula por la presencia de elementos gruesos por lo que no se obtendrá este elemento.

Otros residuos son los desechos domésticos que se generaran por el personal laborara en la preparación del sitio. Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados los cuales serán colectado al menos dos veces por semana para su co-procesamiento dentro de las instalaciones de la Planta de Cemento.

##### Residuos peligrosos

El mantenimiento y reparación de maquinaria se realizará fuera del área del proyecto, en un área acondicionada para esta actividad y que evite la contaminación del suelo.

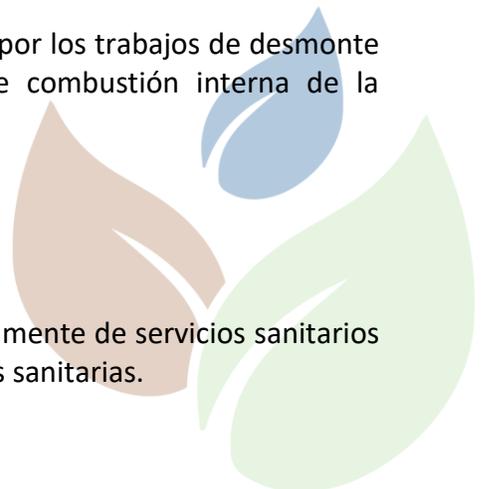
##### Emisiones a la atmosfera

Durante esta etapa se generarán polvos fugitivos originados por los trabajos de desmonte y limpia del terreno, así como emisiones de motores de combustión interna de la maquinaria utilizada.

Existirá generación de ruido por la maquinaria a utilizar.

##### Aguas residuales

En esta etapa la generación de aguas residuales será prácticamente de servicios sanitarios del personal, mismo que serán manejados a través de letrinas sanitarias.



## **Etapa de operación**

### Residuos sólidos

Otros residuos son los desechos domésticos que se generara por el personal en que laborara en la cantera caliza. Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados los cuales serán colectados al menos dos veces por semana para su co-procesamiento dentro de las instalaciones de la Planta de Cemento.

### Residuos Peligrosos

Se generará aceite usado principalmente en el área de mantenimiento de la empresa localizado en el complejo de la Planta de Cemento.

Todo derrame de hidrocarburos será limpiado, colectado los líquidos y excavando y removiendo todo el suelo contaminado los residuos serán dispuestos en contenedores y enviado al almacén temporal de la empresa localizado en la Planta de Cemento.

Todo el material impregnado de hidrocarburos como estopas, filtros, papel, etc., será dispuesto adecuadamente en contenedores tapados hasta su disposición final y/o co-procesamiento en la Planta de Cemento.

### Emisiones a la atmósfera

Durante esta etapa se generarán polvos fugitivos originados por la maquinaria que operará el banco, así como de los camiones de volteo que transportará el material además habrá emisiones de motores de combustión interna de los mismos.

Existirá generación de ruido de los vehículos y maquinaria.

### Aguas residuales

En esta etapa la generación de aguas residuales será prácticamente de servicios sanitarios de personal, mismo que serán manejados a través de letrinas sanitarias portátiles.

## **II.2.9. Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos**

En relación con el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos que serán generados por el proyecto durante la preparación del sitio y su operación, estos serán enviados a disposición con empresas autorizadas y/o enviadas a co-procesamiento dentro de las instalaciones de la Planta de Cemento.

Los aceites residuales, que por sus propiedades fisicoquímicos y toxicidad al ambiente lo convierten en un residuo peligroso, y que principalmente serán generados en los talleres ubicados en el complejo de la Planta de cemento, serán recolectados y almacenados temporalmente en contenedores plásticos para su envío a co-procesamiento.

Por otro lado, para el caso de los filtros de aceites usados, sólidos impregnados con hidrocarburos y envases vacíos metálicos, éstos se envían con una empresa autorizada para su manejo fuera de las instalaciones de la Planta, para su reciclaje, tratamiento y/o confinamiento.

La única agua residual que se generará dentro del área del proyecto será prácticamente de servicios sanitarios de personal, mismo que serán manejados a través de letrinas sanitarias portátiles.



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

#### *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*

El sitio del proyecto se encuentra en la Región Ecológica 15.32.

Unidad Ambiental Biofísica que la compone es 104. Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales

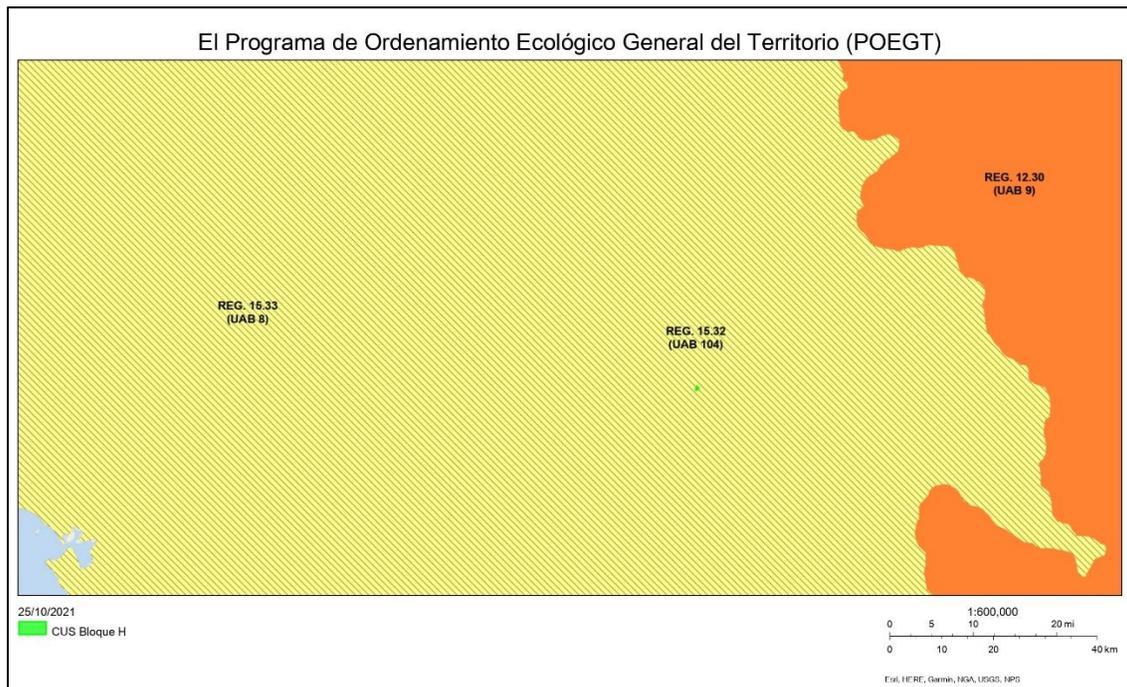


Figura III.1. Ubicación del área del proyecto con respecto a la Región Ecológica.

Tabla III.1. Estrategias sectoriales de la Unidad Ambiental Biofísica 104. Sierras y Llanuras Sonorenses Orientales

| UAB | Rectores del desarrollo       | Coadyuvantes del desarrollo | Asociados del desarrollo | Otros sectores de interés | Estrategias sectoriales  |
|-----|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| 104 | Preservación de Flora y Fauna | Ganadería-Minería           | Forestal                 | Agricultura               | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 33, 36, 37, 42, 43, 44 |

Las estrategias que coinciden con el proyecto son las siguientes:

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio

B) Aprovechamiento sustentable

4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.

8. Valoración de los servicios ambientales.

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 renovable.

15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.

**Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora**

**100-0/03 SIERRA BAJA**

Tabla III.2. Interacciones con los sectores y subsectores.

| SECTOR             | SUBSECTOR                |   | SECTOR              | SUBSECTOR                  |   |
|--------------------|--------------------------|---|---------------------|----------------------------|---|
| <b>ACUACULTURA</b> |                          |   | <b>CONSERVACIÓN</b> |                            |   |
|                    | ALGACULTURA              |   |                     | ACUÁTICOS                  |   |
|                    | CAMARONICULTURA          |   |                     | BOSQUES SECOS              |   |
|                    | PISCICULTURA AGUA CÁLIDA |   |                     | BOSQUES TEMPLADOS          |   |
|                    | PISCICULTURA AGUA FRÍA   |   |                     | DESÉRTICOS                 | X |
| <b>AGRICULTURA</b> |                          |   |                     | HUMEDALES COSTEROS         |   |
|                    | DISTRITOS DE RIEGO       |   |                     | PASTIZALES                 |   |
|                    | URDERALES                |   | <b>FORESTAL</b>     |                            |   |
|                    | TEMPORAL                 |   |                     | MADERABLE                  |   |
|                    | AGUA SALOBRE             |   |                     | NO MADERABLE               |   |
| <b>CINEGÉTICO</b>  |                          |   | <b>GANADERÍA</b>    |                            |   |
|                    | AVES ACUÁTICAS           |   |                     | EXTENSIVA                  | X |
|                    | AVES RESIDENTES          | X |                     | INTENSIVA                  |   |
|                    | GUAJOLOTE                |   | <b>MINERÍA</b>      |                            |   |
|                    | BORREGO CIMARRÓN         | X |                     | MINERÍA                    | X |
|                    | JABALÍ Y LIEBRE          | X | <b>TURISMO</b>      |                            |   |
|                    | VENADO BURA              |   |                     | ESPECIALIZADO INMOBILIARIO | X |
|                    | VENADO COLA BLANCA       | X |                     | TRADICIONAL                |   |
| <b>RESERVAS</b>    |                          |   |                     | ALTERNATIVO AVENTURA       | X |
|                    | RESERVAS                 |   |                     | ALTERNATIVO CULTURAL       | X |

Esta unidad es la tercera más extensa y conforma una especie de matriz de la Provincia II Llanuras Sonorenses, especialmente en la **Subprovincia 8 Sierras y Llanuras Sonorenses**, y en menor medida en la **Subprovincia 12 Pie de la Sierra** de la **Provincia III Sierra Madre Occidental**. Los terrenos tienen pendiente abrupta, generalmente con suelos delgados o roca aflorante, en altitud menor de 600 msnm y los climas son extremos. Entre los elementos biológicos predominan los ecosistemas desérticos; para lo cual se hace una propuesta para la Protección de Sirio en las sierras al sur de Puerto Libertad. Las sierras bajas de la Subprovincia 12 Pie de la Sierra también están asociadas con Bosques secos; de hecho, parte del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui pertenece a esta UGA.

Las actividades económicas que resaltan son la minería, sobre todo de elementos metálicos (oro y cobre principalmente, especialmente en las formaciones montañosas de la Megacisalla Sonora Mohave) y en las cercanías a Hermosillo para no metálicos (cemento, calhidra y otros). Entre otras actividades se tiene el turismo especializado (inmobiliario) en las sierras aledañas a la costa, entre El Desemboque y Guaymas y el turismo alternativo de aventura y cultural con las civilizaciones áridas, como To'hono (Pápago), Conka'ac (Seri) y Yoheme (Yaqui y Mayo). Las especies cinegéticas más importantes son cimarrón en las sierras del noroeste del estado, mamíferos menores (jabalí y liebre) y aves residentes y la actividad forestal no maderable.

Los posibles conflictos en esta UGA están relacionados con la minería, probablemente la actividad productiva más rentable en esta UGA. La ganadería extensiva, aunque no es recomendable, existe en el área y también es fuente de conflicto con la conservación de ecosistemas de bosques secos y desérticos.





## Programas Municipal de ordenamiento territorial de Hermosillo 2018 (POET)

### Estrategias y metas

La imagen objetivo constituye una descripción del estado deseable y posible a lograr en Hermosillo a largo plazo (año 2030). Esta Imagen Objetivo es la descripción integral del futuro del municipio, por lo tanto, incluye todos los aspectos ambientales, económicos, sociales y territoriales que la conforman. Es la visión holística futura que guiará el desarrollo de proyectos estratégicos y las políticas públicas, así como las inversiones públicas, privadas y sociales en beneficio de la sociedad en su conjunto.

La población y las actividades económicas, se ordenan en el territorio en tres formas básicas: las actividades que se desarrollan en áreas donde se localiza algún tipo de ventaja ocasional, dadas las condiciones fisiográficas, climáticas, geológicas, climáticas y de usos de suelo, zonificando el territorio en las unidades territoriales antes descritas en el diagnóstico; otra forma son aquellas que se concentran en un punto el territorio estatal coincidente generalmente con ciudades o localidades; y finalmente las actividades que se desarrollan lo largo de alguna vía de comunicación generalmente carretera federal o estatal.

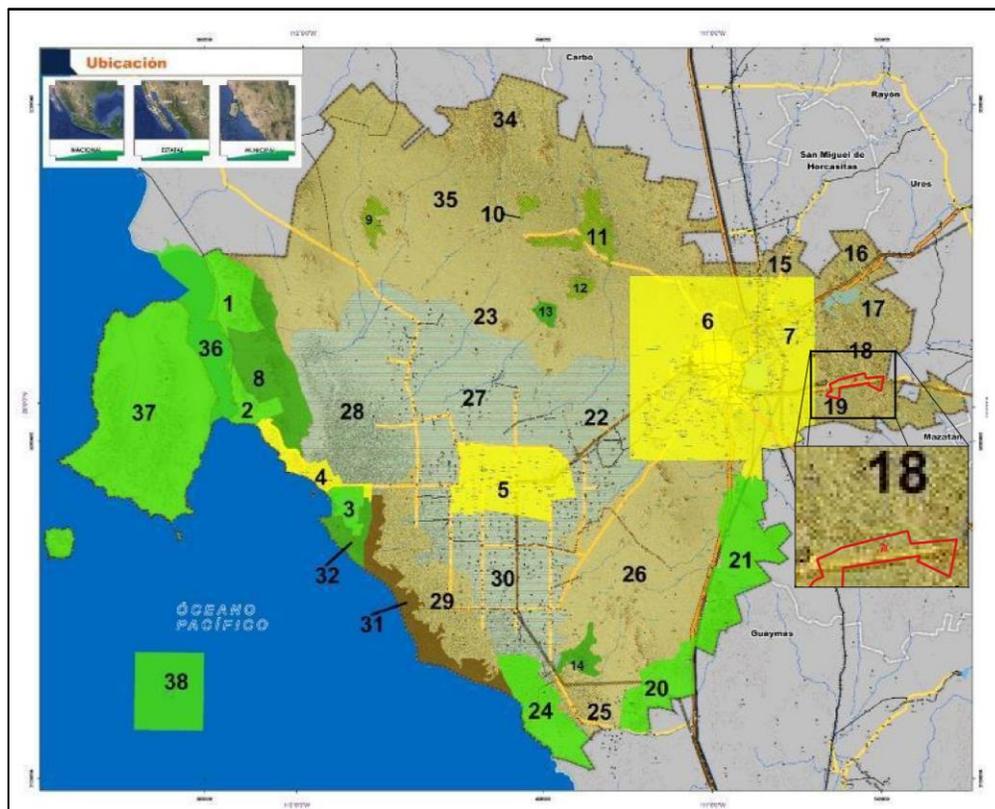


Figura III.3. Ubicación del proyecto con respecto al mapa del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Hermosillo.

Tabla III.3. Política integral de la UTE HMO18

| Política   | Objetivo  | Metas                        | Proyectos   |
|--|---|------------------------------|---|
| Impulso para el desarrollo social y Conservación | 38. Reestablecer y conservar las áreas de matorrales y vegetación nativa del desierto.  | 138, 140, 143, 147, 331, 332 | 15  |
|  | 40. Promover el uso racional de los recursos naturales.   | 157, 158, 159                | 12, 13, 39  |
|  | 43. Establecer la política de ordenamiento ecológico.   | 172                          | 14, 16, 17, 18, 19  |
|  | 45. Promover el desarrollo de alternativas productivas de autoempleo.   | 183, 484, 185, 186, 187      | 47, 150   |
|  | 47. Dar certeza jurídica al patrimonio de las familias del municipio.   | 193, 194                     |   |
|  | 49. Fortalecer las políticas públicas y programas que resuelvan las demandas y mejoren las condiciones de vida de la población del medio rural. | 199, 200                     | 46, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 124, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 219, 220, 221, 489, 490, 491, 492, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 542, 551, 577, 645, 646, 661, 662 |
|  | 52. Estimular y mejorar la organización del sector productivo para impactar el desarrollo económico en la zona rural.                           | 204, 205                     |   |

### Otros instrumentos para considerar.

#### **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**

*El artículo 4° en su párrafo quinto hace mención de que todas las personas tienen derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, y que el Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en los términos de lo dispuesto por la ley.*

Por lo que, para cumplir el objetivo a lo citado anteriormente, es necesario para la ejecución de alguna actividad económica obtener por parte de la autoridad competente, las autorizaciones necesarias por medio de evaluaciones, estudios, etc., que identifiquen los impactos o riesgos probables que pudieran generar, y, por ende, presentarse planes adecuados para salvaguardar la calidad ambiental, la biodiversidad y la vida humana.

Tal es el caso en la elaboración de este documento que presenta las condiciones actuales del predio, el panorama que pudiera presentarse con la ejecución del proyecto y las medidas que se tomaran para mitigar los impactos y restaurar elementos afectados.

*Artículo 27.- La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.*

*La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.*

Como parte de las medidas sobre lo que menciona el artículo 27, se realizó el presente Estudio Técnico Justificativo como solicitud para el Cambio de Uso en Terrenos Forestales, además de las medidas de mitigación para los impactos negativos que surjan de esta actividad.

#### **Leyes:**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (12 de febrero de 2007), en su Art. 28, fracción VII y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (30 de mayo de 2000) en su fracción "O", nos indica que todos los cambios de uso de suelo en zonas áridas requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental (previamente otorgada).

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente constituye en este caso el principal instrumento legal para evaluar la producción de cemento. Por su naturaleza, este giro industrial corresponde al ámbito federal en materia de impacto ambiental.

Los capítulos de la LGEEPA que tienen injerencia incluyen: Evaluación del Impacto Ambiental, Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera y Materiales y Residuos Peligrosos.

- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- La Ley de Aguas Nacionales. Es otro instrumento legal que regula referente a usos y descargas de aguas en cuerpos de agua o bienes nacionales.
- La Ley de armas de fuego y explosivos. Que regula todas las actividades relacionadas al uso y manejo de explosivos.
- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

**Reglamentos:**

Los siguientes reglamentos son aplicables a este proyecto:

- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, en relación con lo establecido en su artículo 57.
- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, que establece las disposiciones y trámites necesarios para el control de las emisiones contaminantes al aire ambiente.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Reglamento de La Ley de Aguas Nacionales



Las principales normas oficiales mexicanas, en materia ambiental, que se pudieran vincular con el proyecto

Tabla III.4. Normas Oficiales Mexicana aplicables al proyecto.

| Materia  | Norma                     | Especificaciones   | Medidas para su cumplimiento.  |
|--|---------------------------|--|--|
| Residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial. | NOM-052-SEMARNAT-1993.    | Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos.  | Instalación de contenedores para disponer los residuos, mismos que serán desalojados por empresa especialista, misma que será contratada por el promovente.  |
|  | NOM-054-SEMARNAT-1993     | Establece los procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma NOM-053-ECOL-1993.   |  |
| Flora y fauna:   | NOM-059-SEMARNAT-2010.    | Protección Ambiental- Especies Nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.   | Durante el muestreo no se encontraron especies que se encuentren en lisadas en esta NOM, sin embargo, se presentará un programa de rescate de flora y fauna y si se encontraran algún individuo dentro de la NOM, este será rescata y reubicado. |
| Suelo  | NOM-138-SEMARNAT/SS-2005. | Límites máximos de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.   | En dado caso que por accidente se produzca un derrame de hidrocarburos (como gasolina) se seguirá las indicaciones de la norma para su remediación.  |
| Aire   | NOM-041-SEMARNAT-2006.    | Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.  | Los vehículos que operen contarán con los servicios preventivos y correctivos para que estén en perfecto estado.<br><i>Es de hacer mención que en el estado de Sonora no se cuentan con centros de verificación vehicular.</i>                   |
|  | NOM-042-SEMARNAT-2003     | Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos |  |
|  | NOM-047-SEMARNAT-1999     | Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.  |  |
|  | NOM-024-SSA1-1993         | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales en aire ambiente, como  |  |

|       |                        |  |  |
|-------|------------------------|--|--|
|       |                        | medida de protección a la salud de la población.   | riegos para disminuir las partículas suspendidas.  |
|       | NOM-025-SSA1-1993.     | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas menores de 10 micras (PM-10). Valor permisible para la concentración de partículas menores a 10 micras en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. |  |
| Ruido | NOM-081-SEMARNAT-1994. | Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.  | La empresa se compromete a respetar los límites máximos de ruidos establecidos en la norma, que establece el nivel de ruido de 68 decibeles de 6 a.m. a 10 p.m. y de 65 decibeles de 10 p.m. a 6 a.m. en zonas industriales y comerciales. |

### Convenios o tratados internacionales

#### ***Convención marco de naciones unidas sobre el cambio climático***

##### ***Objetivo***

El objetivo es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

##### ***Artículo 4° inciso "f"***

Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él.

Para cumplir con el objetivo establecido en dicho convenio la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en su artículo 28 Fracción VII indica que la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establecerá las condiciones a las que se sujetara la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas. Entre estas actividades se incluye el cambio de uso de suelo.

### **Objetivos**

Los objetivos del este Convenio, que se han de perseguir de conformidad con sus disposiciones pertinentes, son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.

### **Artículo 14. Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso**

*1. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:*

*a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos.*

Es por ello por lo que en el Art. 93 de la LGDFS en su párrafo tercero indica que las autorizaciones de cambio de uso de suelo que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Ley General De Desarrollo Forestal Sustentable.

La presente solicitud incluye su programa de rescate y reubicación de flora y fauna.

***Convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África.***

### **Objetivo**

***El objetivo es luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacionales, en el marco de un enfoque integrado acorde con el Programa 21, para contribuir al logro del desarrollo sostenible en las zonas afectadas.***

### **Artículo 2**

*2. La consecución de este objetivo exigirá la aplicación en las zonas afectadas de estrategias integradas a largo plazo que se centren simultáneamente en el aumento de la productividad*

*de las tierras, la rehabilitación, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos de tierras y recursos hídricos, todo ello con miras a mejorar las condiciones de vida, especialmente a nivel comunitario.*

El proyecto cuenta con un programa de ahuyentamiento y rescate de fauna y un programa de rescate y reubicación de vegetación con informes sobre la sobrevivencia durante cinco años.

### **Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres**

*Es un acuerdo internacional concertado entre gobiernos. Desde el año 2000 la CONABIO es la autoridad científica de México ante la CITES.*

*La CITES regula la exportación, reexportación e importación de especies, así como la introducción procedente del mar de especímenes de animales y plantas enlistadas en alguno de sus tres Apéndices.*

*La CITES proporciona un marco jurídico internacional en el cual se establecen los procedimientos que deben seguir los países participantes para la adecuada regulación del comercio internacional de las especies incluidas en sus Apéndices mediante un sistema de permisos y certificados. Para ello, es indispensable que cada uno de los países que participan en la Convención designen una o más Autoridades Administrativas que se encargan de regular el sistema de permisos y certificados, y una o más Autoridades Científicas que asesoren sobre los efectos del comercio en las especies.*

**Misión de la CITES.** *Asegurar que el comercio internacional de especies de fauna y flora silvestres no amenace su supervivencia, sino que se realice de manera sustentable promoviendo la conservación de las poblaciones.*

Como parte del análisis del muestreo, no se encontraron especies dentro los Apéndices de este acuerdo, pero, se llevará a cabo un programa de ahuyentamiento y rescate de fauna para evitar que algún individuo sea lastimado durante las actividades y de igual manera, se realizará un programa de rescate y reubicación de flora de las especies de interés.



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

### **Inventario ambiental.**

El objetivo de este apartado se orienta a ofrecer una caracterización del medio en sus elementos bióticos y abióticos, describiendo y analizando, en forma integral, los componentes del sistema ambiental en donde se encuentra ubicado el proyecto, todo ello con el objeto de hacer una correcta identificación de sus condiciones ambientales, de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro. Se deberán considerar los lineamientos de planeación de los capítulos siguientes, así como aquellas conclusiones derivadas de la consulta bibliográfica las que podrán ser corroboradas o solicitadas por la autoridad ambiental.

### **IV.1. Delimitación del área de influencia.**

La delimitación del área de estudio se analizará en dos escalas: La caracterización del área de la cuenca donde se ubica la zona del proyecto, y el área específica donde se realizará el proyecto.

El proyecto se localiza en el municipio de Hermosillo, en la cuenca “Río Sonora”, subcuenca R. Sonora-Hermosillo, a la que se denomina como “sistema ambiental”.

### **IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental**

La superficie del proyecto que es propuesta al CUSTF, se ubica dentro de la Región Hidrológica No. 9, Sonora Sur (RH9), la cual abarca la mayor superficie en el Estado de Sonora, desde Agua Prieta hasta Yavaros, prolongándose por Chihuahua y ocupando el 63.64% de la superficie estatal. En esta región hidrológica, la mayoría de las corrientes de nacen en la Sierra Madre Occidental. Está constituida por cinco cuencas: La del Río Mayo, Río Yaqui, Río Mátape, Río Bacoachi y Río Sonora, es en ésta última en donde se encuentra el área sujeta al CUSTF.

Tabla IV.1. Cuencas de la RH9

| REGIÓN HIDROLÓGICA (RH-9) SONORA SUR |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| CUENCAS                              |                       |
| A                                    | Río Mayo (7.03 %)     |
| B                                    | Río Yaqui (29.98 %)   |
| C                                    | Río Mátape (5.03 %)   |
| D                                    | Río Sonora (14.78 %)  |
| E                                    | Río Bacoachi (6.82 %) |

El área del proyecto se localiza en la cuenca Río Sonora, ubicándose específicamente en la parte este de la subcuenca R. Sonora-Hermosillo.

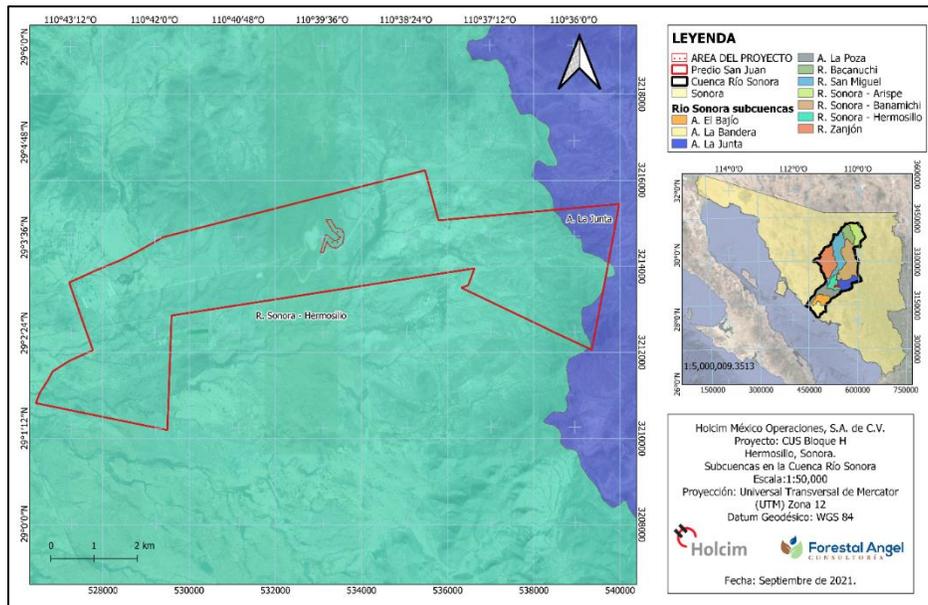


Figura IV.1. Área de localización en la cuenca del Río San Ignacio.

### Río San Ignacio y Otros.

El río Sonora inicia su recorrido en las cercanías de Cananea, con rumbo general al sur hasta la capital estatal. El afluente más trascendente que lo alimenta es el río Bacanuchi. Esta cuenca posee además otros dos ríos, el San Miguel de Horcasitas y El Zanjón, que se unen justo antes de pasar por El Alamito, para confluir con el río Sonora en las afueras de la ciudad de Hermosillo. Estas corrientes alimentan a la presa Abelardo L. Rodríguez, cuyas aguas son empleadas para riego, control de avenidas y uso doméstico; otra presa es Teopari en el arroyo La Junta. Se registra una precipitación media anual de 376 mm, volumen medio anual precipitado de 9 779.8 Mm<sup>3</sup>, coeficiente de escurrimiento de 2.8% que generan un escurrimiento de 273.83 Mm<sup>3</sup> anuales. El uso principal es agrícola, seguido por doméstico, industrial, pecuario y recreativo.

Los municipios que se encuentran dentro de esta cuenca son Aconchi, Arizpe, Bacoachi, Baviácora, Benjamín Hill, Cananea, Carbó, La Colorada, Cucurpe, Cumpas, Fronteras,

Guaymas, Hermosillo, Huépac, Ímuris, Magdalena, Mazatán, Moctezuma, Opodepe, Rayón, San Felipe de Jesús, San Miguel de Horcasitas, San Pedro de la Cueva, Santa Ana, Ures y Villa Pesqueira.

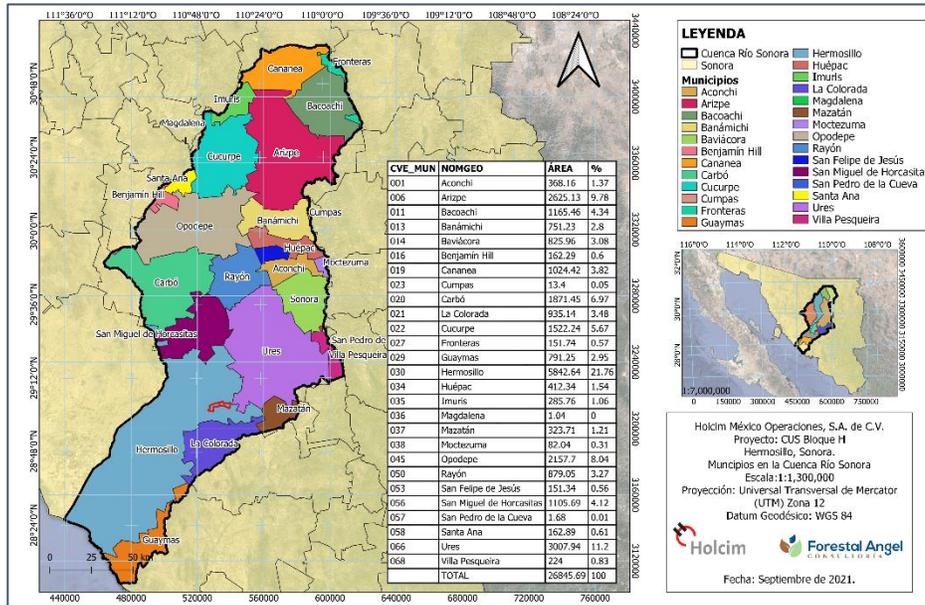


Figura IV.2. Municipios dentro de la cuenca Río Sonora.

## IV.2.1. Medio abiótico

### a) Clima

#### Cuenca

Según la clasificación de Köppen, adaptada para México por Enriqueta García, el clima dominante en la cuenca corresponde a los tipos del grupo BS, descritos como semiáridos, con lluvias de verano y de amplitud térmica extrema, estos representan cerca del 61% del territorio. En segundo término, están los tipos del grupo BW, que se caracterizan por ser, Muy Seco Cálido con lluvias en verano, porcentaje de precipitación invernal se ubica entre 5 y 10.2, estos representan casi el 39% de la cuenca. Existe un patrón muy claro en cuanto a la distribución de estos grupos climáticos dentro de la cuenca. Los climas del grupo BS, se distribuyen a partir de la parte media hacia la parte alta de la cuenca, mientras que los climas BW, cubren a partir de la parte media al Suroeste de la cuenca con excepción de un área de aproximadamente 5,700 has a la altura del valle donde se ubica la población de Baviácora. Los climas templados y húmedos están restringidos a las partes altas de las sierras.

El clima de la cuenca en general se caracteriza por sus fuertes amplitudes térmicas tanto diurnas como anuales. Cuando se presentan heladas, estas ocurren durante la noche, ya que las temperaturas se tornan más cálidas durante el día en invierno. El régimen de

humedad es del tipo árido, con menos de 90 días de humedad al año, seguido del tipo xérico con un rango de 90 – 180 días de humedad persistente en el suelo. En general la cuenca cuenta con temperaturas máximas promedio muy cálidas (García, 1998), una media anual semicálida (Vidal, 1990) y una mínima promedio muy fría (García, 1998).

La precipitación media anual de la cuenca oscila entre los 250 mm a 500 mm, con una máxima que apenas rebasa los 600 mm y una mínima de menos de 80 mm, el promedio anual de días de lluvia es de 40. Las precipitaciones de verano se presentan de junio a septiembre y estas representan las dos terceras partes de la aportación total anual. Las lluvias de invierno aportan el 10% del total, mostrando una gran variabilidad interanual en su repartición. La evaporación anual promedio es mayor a los 2,000 mm, mientras que la evapotranspiración real para la cuenca oscila en el rango de 100 – 500 mm (Maderey, 1990). El régimen de humedad para la cuenca es del tipo arídico, con 0 días de humedad persistente en el suelo (Maples, 1992).

De manera particular, a continuación, se describen los principales climas de la cuenca del Río Sonora, de acuerdo con el plano de clasificación climática del INEGI, 1989.

Grupo BW, muy seco con regímenes de lluvia de verano.

Estos climas se caracterizan por ser muy secos con régimen de lluvias de verano, con porcentajes de lluvia invernal variable, de 5 a más de 10.2 % y temperaturas de cálidas a semicálidas. Están representados en la cuenca los siguientes tipos de clima.

Tabla IV.2. Descripción y área ocupada por tipos de clima del grupo BW

| Tipo de clima | Descripción  | Área (km <sup>2</sup> ) | % en la Cuenca | Municipios  |
|---------------|--|-------------------------|----------------|---|
| BW(h') (x')   | Muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.   | 6,428.01                | 23.95          | Carbó, La Colorada, Guaymas, Hermosillo, San Miguel de Horcasitas, Ures.                          |
| BWh(x')       | Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. | 4,075.59                | 15.18          | Benjamín Hill, Carbó, La Colorada, Guaymas, Hermosillo, Opodepe, Rayón, San Miguel de Horcasitas. |
| BW(h') w      | Muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.   | 3.827                   | 0.01           | Guaymas   |

Grupo BS1, Semi-seco con regímenes de lluvia de verano.

Tabla IV.3. Descripción y área ocupada por tipos de clima del grupo BS1

| Tipo de clima | Descripción  | Área (km <sup>2</sup> ) | % en la cuenca | Municipios   |
|---------------|--|-------------------------|----------------|--|
| BS1h(x')      | Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. | 6,659.426               | 24.81          | Aconchi, Arizpe, Bacoachi, Banámichi, Baviácora, Benjamín Hill, Carbó, La Colorada, Cucurpe, Huépac, Ímuris, Magdalena, Mazatán, Moctezuma, Opodepe, Rayón, San Felipe de Jesús, San Pedro de la Cueva, La Colorada, Santa Ana, Ures, Villa Pesqueira. |
| BS1k(x')      | Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.        | 4,732.841               | 17.63          | Aconchi, Arizpe, Bacoachi, Banámichi, Baviácora, Cananea, Cumpas, Cucurpe, Fronteras, Huépac, Ímuris, Magdalena, Mazatán, Moctezuma, Opodepe, Rayón, San Felipe de Jesús, Santa Ana, Ures, Villa Pesqueira.  |

Grupo BSo, Seco con regímenes de lluvia de verano.

Estos climas son secos, con regímenes de lluvia de verano, con lluvias invernales mayores al 10.2%. Las temperaturas van de cálidas a semicálidas. El tipo de clima BSohw(x') es el de mayor superficie dentro de la cuenca y es el tipo de clima en donde se encuentra el área propuesta para el CUSTF. Este grupo está representado en la cuenca por los siguientes tipos de clima.

Tabla IV.4. Descripción y área ocupada por tipos de clima del grupo BSo

| Tipo de clima | Descripción   | Área (km <sup>2</sup> ) | % en la cuenca | Municipios  |
|---------------|---|-------------------------|----------------|---|
| BSo(h')(x')   | Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias repartidas todo el año, y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.   | 1,069.981               | 3.99           | Aconchi, Baviácora, Hermosillo, San Miguel de Horcasitas, Ures.   |
| BSo(h')hw(xi) | Árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. | 3,873.293               | 14.43          | Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Benjamín Hill, Carbó, La Colorada, Hermosillo, Huépac, Mazatán, Opodepe, Rayón, San Felipe de Jesús, San Miguel de Horcasitas. |

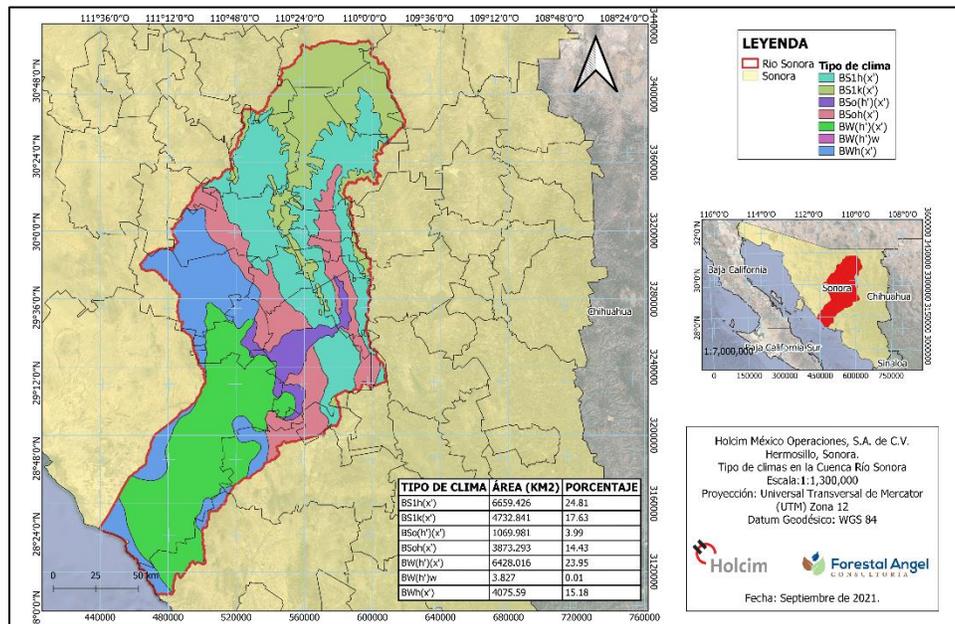


Figura IV.3. Tipos de climas presentes en la cuenca del Río Sonora.

**Temperatura promedio mensual, anual y extrema.** En las inmediaciones del proyecto, la temperatura media promedio oscila entre los 22 y los 24.6 °C al año. Mensualmente, los meses intermedios del año presentan rangos de entre 38-42 °C. La temperatura máxima promedio anual se ubica en el rango de 30 a 35 °C, mientras que la máxima extrema se presenta sobre todo a mediados de año, con mayor incidencia en los meses de junio a septiembre, período en el cual se han reportado temperaturas de hasta 49 °C (Estación de Topahue, 14 de agosto de 1993). Las temperaturas mínimas promedio de la cuenca son de entre 12 y 17 °C en todas las estaciones de la cuenca. Las mínimas extremas ocurren principalmente a principios y finales de cada año, con registros de hasta -7 °C (Estaciones El Orégano, Santa Rosalía y La Colorada).

**Precipitación Pluvial (anual, mensual, máxima y mínima).** Las mayores precipitaciones se presentan durante los meses de julio a septiembre, registrándose una humedad relativa promedio del 53%. En los meses de marzo a junio la humedad relativa es del 30%. La precipitación acumulada va desde 288 mm (estación de la Presa Abelardo L. Rodríguez) hasta 479 mm (estación Topahue). Es en esta última estación donde se ha registrado la máxima precipitación en un día, esta fue de 212 mm de lluvia el 12 de agosto de 1990.

**Evaporación promedio mensual y anual.** Como en todas las áreas áridas y semi-áridas, en la cuenca del Río Sonora la evaporación es mayor a la precipitación pluvial. Los valores de evaporación acumulada anual oscilan entre los 2,288.12 y 2,995.7. Los promedios mensuales de evaporación en los meses de verano alcanzan los 400 mm. En contraste, los valores mínimos se presentan en invierno, con valores que van desde 84 mm.

**Vientos dominantes.** Por la mañana los vientos dominantes se presentan de Suroeste – Noreste y en sentido contrario durante la tarde. Los vientos más fuertes que se han registrado se presentan de julio a septiembre, con velocidades de 60 a 80 km/h, que, en ocasiones, en presencia de huracanes, pueden alcanzar los 120 km/h.

### Área del proyecto

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García, 100% del área del proyecto se encuentra en el tipo de clima BW(h') (x') este clima es muy seco con régimen de lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2, semicálido con invierno fresco. Temperatura media anual mayor a 18°C. Temperatura del mes más frío menor a 18 °C.

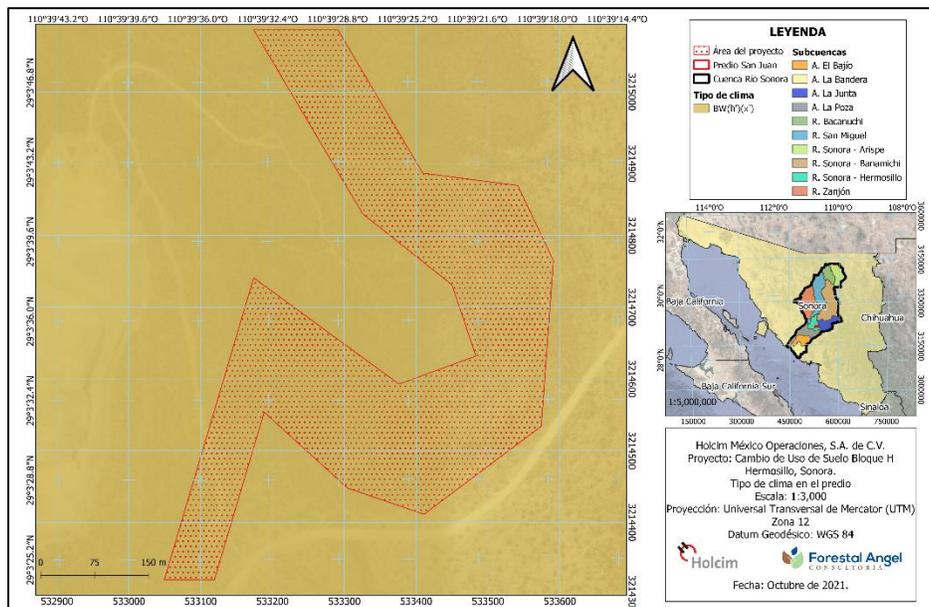


Figura IV.4. Tipo de clima presente en el área del proyecto.

La principal y más cercana estación climatológica que opera en los alrededores del sitio del proyecto, con series de datos para describir las condiciones del sitio es la estación 00026032 El Orégano.





Figura IV.5. Ubicación de la estación meteorológica 00026032 El Orégano.

Tabla IV.5. Registro Meteorológico del área de sitio.

| Estación            | Latitud         | Longitud        | Altitud m.s.n.m. | Período de datos | Distancia al proyecto (km) |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------------|
| 00026032 EL OREGANO | 29°13'46.92" N. | 110°42'21.96" O | 279              | 1941-2015        | 19.0 km al N               |

### Temperaturas

La temperatura media anual en el área es de 24.7 °C, la máxima promediada en el periodo es de 34.6 °C y la mínima de 14.8 °C. Sin embargo, se registran valores extremos máximos de 51.0 °C (el día 1ro de julio de 1953) y mínima de -7.5°C (el 18 de enero del 2087). La siguiente tabla muestra los valores de las temperaturas medias, máximas y mínimas, para el periodo mencionado. En promedio los meses más calientes son de mayo a septiembre, alcanzando temperaturas máximas entre los 38.1°C hasta 41.7°C, mientras que las temperaturas más bajas se presentan en el mes de enero con 5.9 °C.

Tabla IV.6. Temperaturas medias, máximas y mínimas para el proyecto.

| T EN ° C | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | AÑO  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MAX      | 26.7 | 28.4 | 30.6 | 34.2 | 38.1 | 41.7 | 41.0 | 39.7 | 39.8 | 36.3 | 31.3 | 27.0 | 34.6 |
| MED      | 16.3 | 17.8 | 20.1 | 23.3 | 26.7 | 31.2 | 33.2 | 32.4 | 31.4 | 26.4 | 20.6 | 16.5 | 24.7 |
| MIN      | 5.9  | 7.2  | 9.5  | 12.3 | 15.4 | 20.7 | 25.5 | 25.2 | 23.1 | 16.6 | 9.9  | 6.0  | 14.8 |

### Precipitación media anual

Como se mencionó anteriormente, el clima en la región es muy seco, por lo que la precipitación es muy baja, siendo ésta de tan solo 388.1 mm anuales, en promedio y se tiene una evaporación total al año de 2,307.20 mm. La siguiente tabla muestra los valores de precipitación promedio anual y de evaporación potencial en mm.

Tabla IV.7. Precipitación y evaporación potencial para el área del proyecto (mm).

| VARIABLE | ENE  | FEB  | MAR | ABR | MAY | JUN  | JUL   | AGO   | SEP  | OCT   | NOV   | DIC  | AÑO      |
|----------|------|------|-----|-----|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|----------|
| PRECIP   | 21.0 | 17.0 | 9.3 | 4.0 | 3.3 | 10.0 | 109.0 | 111.0 | 51.0 | 18.9  | 11.4  | 22.3 | 388.1    |
| EVAP     | 90   | 114  | 176 | 232 | 298 | 332  | 270   | 221   | 205  | 172.1 | 112.4 | 83.7 | 2,307.20 |

El climograma que a continuación se presenta, muestran las condiciones normales de la precipitación y de la temperatura en área del proyecto. Se aprecia claramente el régimen de lluvias de verano. Con excepción del mes de septiembre y agosto, la mayor parte del año la precipitación es escasa, con temperaturas altas con respecto a la precipitación, lo que genera condiciones importantes de déficit de humedad, sobre todo durante el período de estiaje que abarca los meses de marzo a junio.

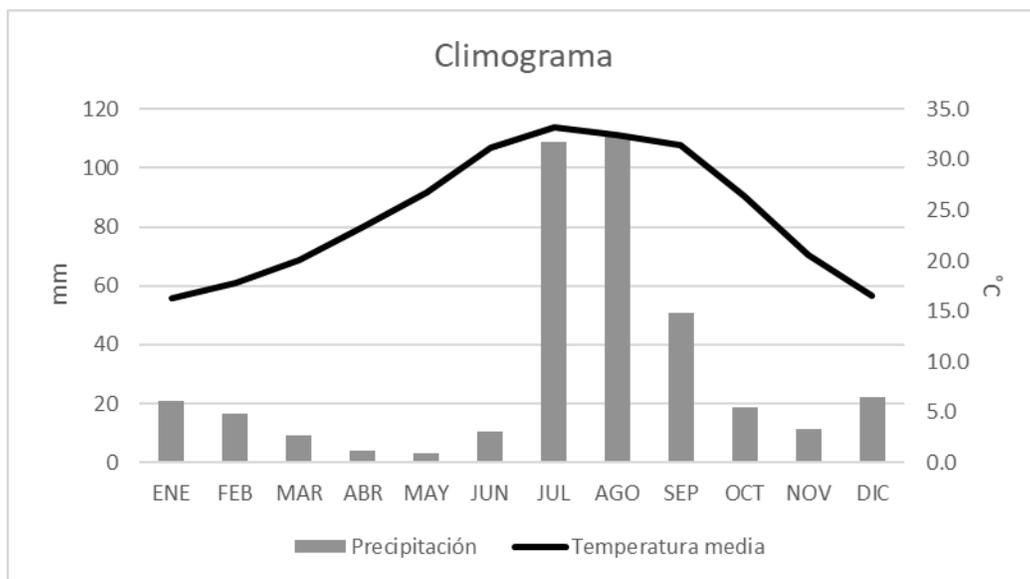


Figura IV.6. Climograma de la región en donde se ubica el proyecto.

Reforzando lo anterior, tomando en cuenta a la evaporación potencial, se muestra que todos los meses existe déficit de agua, esto es, que la evaporación sobrepasa a la cantidad de agua de precipitación.



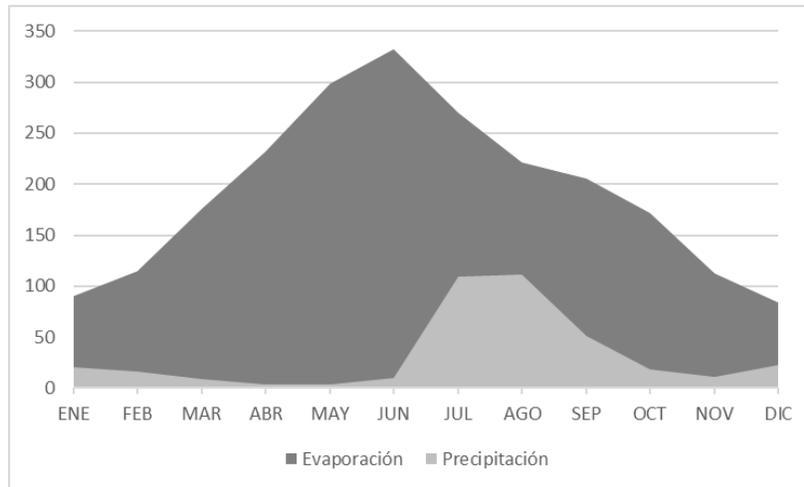


Figura IV.7. Precipitación y evaporación potencial en el área del proyecto.

### Fenómenos meteorológicos severos

Como se puede apreciar, la región no está sujeta a fenómenos meteorológicos severos, ya que las heladas y granizadas no son muy comunes.

Tabla IV.8. Registro mensual de fenómeno meteorológicos severos en el área del proyecto.

| VARIABLES   | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| NIEBLA      | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0.1 | 0   | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 1.7 |
| GRANIZO     | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TORMENTA E. | 0   | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 3.5 | 3.1 | 1.3 | 0.4 | 0.1 | 0   | 9.4 |

### Vientos

La estación meteorológica Kino de la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora (REMAS) cuenta con registros del 2013 a la fecha (octubre de 2021). En promedio se registró una velocidad de viento anual de 1.54 Km/h con dirección promedio de 217.2°. los meses que presentan una velocidad más alta es en mayo y junio con 4.2 y 4.1 Km/hr respectivamente y en el mes de enero se registra la velocidad más baja con 0.4 Km/h.

En promedio se registró ráfagas de viento máximas de 87.46 km/h y ráfagas de viento promedio de 17.34 Km/h, en los meses de junio y agosto se registraron en promedio las ráfagas más altas con 19.48 y 19.38 Km/h respectivamente.

### b) Geología y geomorfología

#### Fisiografía

Fisiográficamente, la cuenca se encuentra dividida por tres Provincias fisiográficas: Al norte, se encuentra Sierras y Llanuras del Norte, abarca tan solo el 0.21% de la cuenca. La Provincia Sierra

Madre Occidental abarca el 42.98%, esta se encuentra al norte de la cuenca. Al sur, se encuentra la Llanura Sonorense, está abarca el 56.75%.

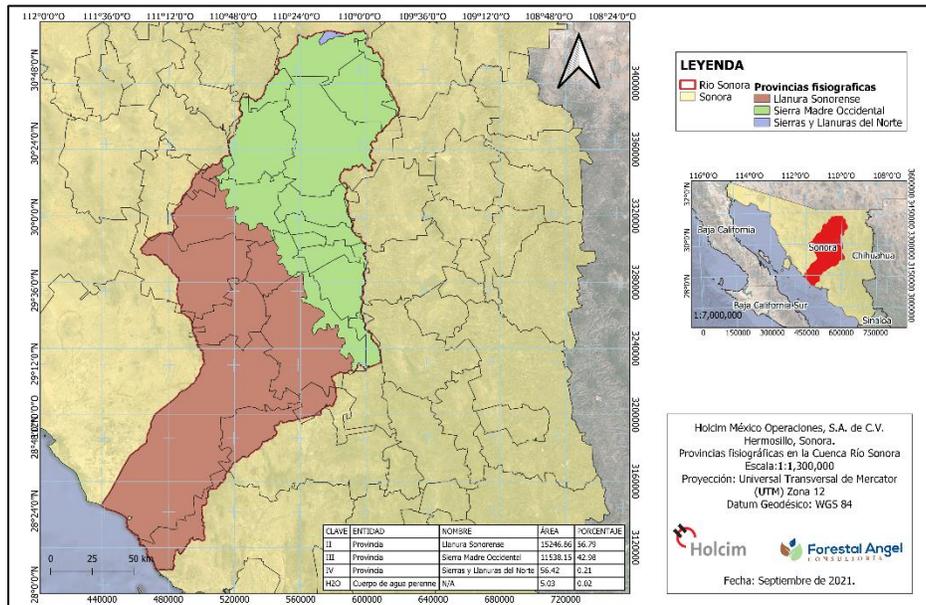


Figura IV.8. Provincias fisiográficas en la Cuenca del Río Sonora.

### Llanura Sonorense

La extensión de la provincia Llanura Sonorense consta de sierras bajas paralelas de bloques fallados, orientadas burdamente nor-noroeste – sursureste, y separadas unas de otras por llanuras cada vez más amplias y bajas hacia el Golfo de California. Los climas imperantes en la provincia son los muy secos semicálidos, como en el Desierto de Altar; y los muy secos cálidos, hacia el sur de Hermosillo. En el Desierto de Altar domina la vegetación de desiertos arenosos, en el resto de la región se encuentran matorrales de tipo sarcocaulé, así como matorral desértico micrófilo y mezquital.

La provincia está dividida en dos subprovincias y una discontinuidad, las cuales son: Sierras y Llanuras Sonorenses, Desierto de Altar y Sierra del Pinacate.

### Sierra Madre Occidental

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental se divide en dos subprovincias, denominadas: Barrancas (Altiplanicie lávica) y de Sierras y Valles Paralelos (Sierras Alargadas). La provincia fisiográfica de Sierras Sepultadas comprende más del 50 % del Estado de Sonora y se divide en tres subprovincias: Desierto de Sonora, Llanura Costera y Etribaciones de Piamonte. La provincia fisiográfica de Sierras y Llanuras del Norte está formada por una serie de sierras y valles que forman la planicie al norte del estado, representando la continuación de la provincia de Basin and Range de E.U.A. Según Lugo-Hubp y Córdova (1990) la cuenca del río Sonora corresponde a las provincias

geomorfológicas de la Sierra Madre Occidental y dentro de esta, a las Sierras Volcánicas Paralelas y la de Sierra Sepultadas de Sonora de Planicies y Montañas Residuales.

### Sierras y Llanuras del Norte

Estas sierras ocupan parte de los estados de Chihuahua y Coahuila. Esta provincia enclavada en un ambiente árido y semiárido se extiende hasta parte de los EE. UU. Sus sierras bajas y abruptas quedan separadas entre sí por grandes bajadas y llanuras; son frecuentes las cuencas endorreicas o bolsones, algunos de ellos salinos, a veces con desarrollo de lagos temporales. En esta provincia se localiza una parte de la cuenca del río Conchos, afluente del Bravo, y en su centro, el Bolsón de Mapimí. A 50 km al sur de Ciudad Juárez encontramos uno de los campos de dunas (de arena) más extensos del país, el de Samalayuca. Al sur de esta provincia se extiende la Laguna de Mayrán o Bolsón de Coahuila y más al sur se continúa la antigua región lacustre de los bolsones de Viesca, así como una pequeña zona de dunas, la de Bilbao.

### Subprovincias fisiográficas

Las subprovincias fisiográficas son subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas. Las Sierras y Llanuras Sonorenses se encuentra al sur de la cuenca Río Sonora y abarca el 56.79%, al norte se encuentran las Sierras y Valles del Norte abarcando el 42.98 % de la cuenca y en una franja al norte se encuentra las Llanuras y Médanos del Norte con tan solo el 0.21%.

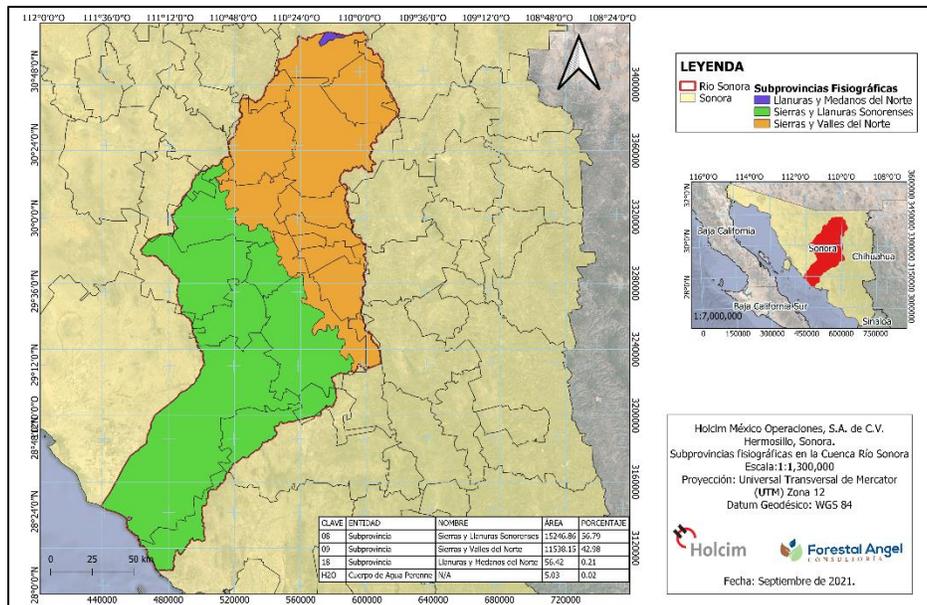


Figura IV.9. Subprovincias fisiográficas en la Cuenca del Río Sonora

## Geología

### Cuenca

Los tipos geológicos que existen en la cuenca son 34, siendo los principales por su extensión en la cuenca los siguientes:

Aluvial: Es el tipo geológico donde se localiza el proyecto. Cubre un 31.22% de la superficie total de la cuenca. Pertenecen al Cenozoico. Son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores. Son aluviones estratificados de textura variable. Son de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.).

Conglomerado: En la cuenca está presente en un 24.66 % de la superficie total. La clave empleada en geología para su identificación es T(cg). Son rocas sedimentarias formadas por consolidación de piezas individuales de cantos, guijarros o gravas, de fragmentos superiores a 44 mm (si los granos son entre 2 y 4 mm se denomina microconglomerado), englobados por una matriz arenosa o arcillosa y con un cemento de grano fino que los une (caliza o sílice). Se originaron durante el cenozoico (T). Los intersticios entre los guijarros suelen rellenarse con arena o con materiales más finos. Las aguas que circulan a través de los depósitos de grava pueden precipitar sílice, carbonato de calcio y óxidos de hierro, que actúan como cemento, para ligar las partículas de grava entre sí y formar conglomerados. Un contenido de tipo arcilloso puede endurecerse por compactación y deshidratación y constituir un material de cementación. En la composición de los conglomerados intervienen fundamentalmente tres factores: la litología de la zona de alimentación de la cuenca sedimentaria, clima y relieve de la zona sometida a erosión. El clima y la litología determinan que minerales terminarán formando parte del conglomerado, sea por alteración química o disgregación física de las rocas preexistentes. El relieve determina con qué rapidez se producirá el proceso de erosión, transporte y sedimentación, ya que dependiendo de lo abrupto del terreno existirá mayor o menor tiempo para que la alteración química de los minerales tenga lugar.

Granito: En la cuenca está presente en un 11.82 % de la superficie total. El granito es una roca ígnea plutónica de textura granular compuestas, esencialmente, de feldespato y cuarzo. Macroscópicamente son blancos, gris claro, rosados, amarillentos y a veces verdosos. Constituye una roca dimensionable, por lo tanto, puede ser cortado y pulido a dimensiones y formas específicas. Es superior al mármol en dureza, resistencia al desgaste, corrosión y aplicación de esfuerzos de compresión. Se forma por el enfriamiento del magma debajo de la superficie de la tierra y es el tipo de roca más común de los continentes.

**Toba ácida:** En la cuenca se encuentra en el 10% de la superficie total. Unidad ígnea explosiva formada por: toba ácida, toba riolítica, toba riolítica y ignimbrita; en general la mineralogía está representada por andesina, oligoclasa y cuarzo, unidos por una matriz vítrea, la textura es merocrystalina piroclástica.

Las rocas presentan en ocasiones intercalaciones de riolita y horizontes volcano clásticos, cuyos fragmentos varían de 5 a 10 mm de diámetro, sub angulosos, unidos por una matriz tobácea y cementante silíceo, en ocasiones los fragmentos son de riolita y vidrio volcánico.

**Riolita-Toba:** Se encuentra en el 7.26% de la superficie de la cuenca. Unidad constituida por diversas rocas de composición ácida: tobas riolíticas, tobas riolíticas. En general la mineralogía de la unidad lo constituyen: microclina, sanidino, andesina, oligoclasa y cuarzo; como minerales accesorios: circón, hematita, biotita, piritita y fragmentos de roca. La textura en las rocas efusivas es mero cristalino porfídica y vitrofídica en las rocas explosivas; piroclástica y brechoide. Son masivas, con estructura fluidal, intercalada con toba o inyectadas en planos verticales ondulantes, es decir perpendiculares a la pseudo estratificación con desarrollo de estructuras secundarias a partir de la segregación de sílice en cavidades preexistentes.

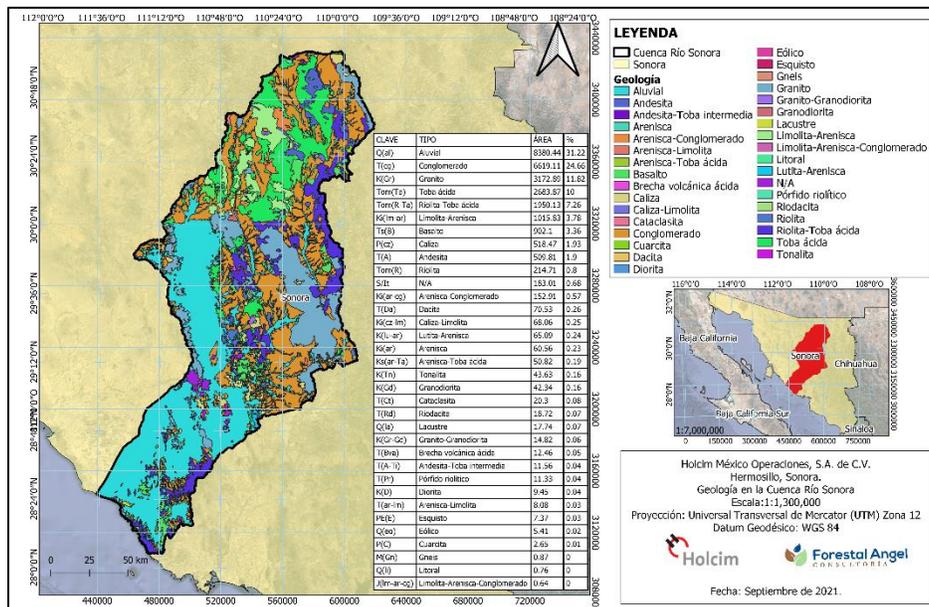


Figura IV.10. Geología de la cuenca del Río Sonora

**Área del proyecto**

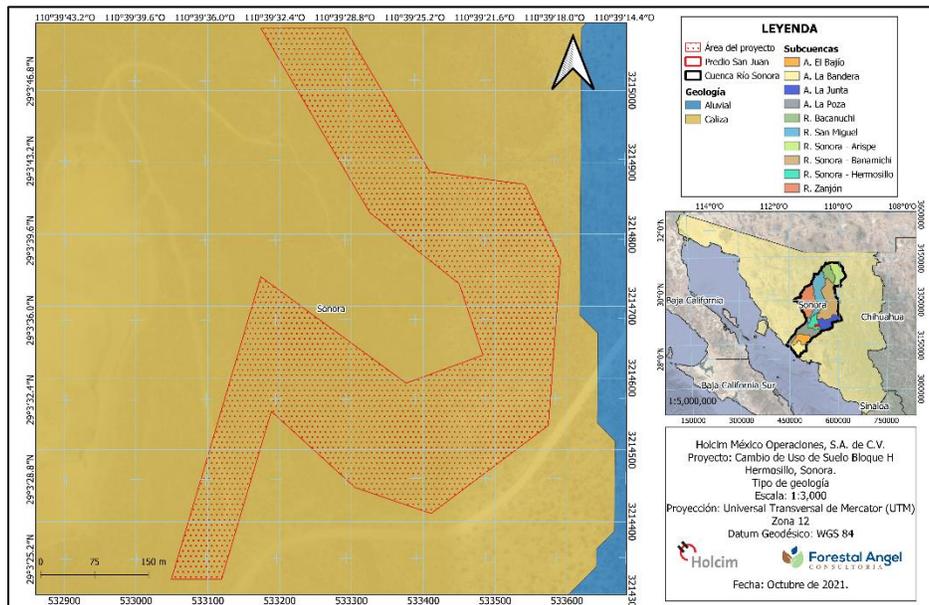


Figura IV.11. Geología presente en el área del proyecto.

**Caliza.** Clave empleada en geología para su identificación P(cz). La caliza es una roca muy abundante, constituye más del 10% del conjunto de rocas sedimentarias de nuestro planeta. Se presenta en numerosas variedades siendo sus principales la Dolomita, la Creta y el Pedernal distinguiéndose unas de otras por su textura, su contenido fosilífero, su composición química, su grano y su color. La caliza pura es blanca, pero su contenido en impurezas, como arcilla, óxido de hierro entre otros, hace que pueda tener color crema, rojizo o gris.

Esta roca sedimentaria está compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de arcilla, siderita, cuarzo, entre otros. Reconocer este tipo de roca es muy fácil, gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita; es menos dura que el acero y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico. El origen de este tipo de roca puede ser de agua dulce o de origen marino, y componerse de material químicamente precipitado orgánico o detrítico. (<http://uciencia.uma.es/Banco-de-Imágenes/Ciencia/Roca-Sedimentaria.-Caliza>).

**Mineralogía:** contiene en más de un 50% calcita y en ocasiones pequeñas cantidades de arcilla, hematita, siderita, cuarzo, aragonita, óxido de hierro, entre otros.

**Textura:** granos que varían de finos a gruesos, generalmente un poco rasposos. Tienden a ser de textura consistente, granos y minerales que se entrelazan.

**Susceptibilidad de la zona.**

Específicamente, para conocer el grado de peligro sísmico, se recurrió a la regionalización sísmica, que, en el caso de México, se encuentra definida por tres niveles establecidos a partir de los registros históricos de grandes sismos en el país, catalogados de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud. Para el caso que nos ocupa, la zona se encuentra dentro de la categoría B, la cual presenta sismicidad de riesgo medio.



Figura IV.12. Zonas vulnerables ante sismos.

**c) Suelos**

**Cuenca**

Con base a información del mapa temático de suelos del INEGI (1984), se pudo determinar que los cuatro principales tipos de suelos presentes en la cuenca son en orden de superficie ocupada los siguientes: Litosol (28.881 %), Regosol eutrítico (25.905 %), Xerosol luvico (8.34 %) y Feozem haplico (7.26 %), estos dominan más del 70 % de la superficie total de la cuenca. También existen otros tipos de suelo con menor presencia, destacando los Planosoles y Fluvisoles, entre otros.

La descripción de las unidades presentes en la cuenca, así como sus porcentajes respecto al área total de la cuenca se describen a continuación.

Litosol (I): Junto con los Regosoles, representan las unidades de suelo con mayor superficie en la cuenca. Cubren el 31.25 % de la cuenca y se localizan principalmente en las sierras, donde se asocian a suelos Feozem y Luvisoles. Su textura es media.

Regosol (R): Son los más dominantes en la cuenca, abarcando un total del 29.67 % de su superficie. Estos suelos no presentan capas distintivas, son asociados por lo general a los Litosoles o afloramientos rocosos. Su textura es media (M) y en general son claros, pareciéndose bastante a la roca adyacente cuando no son profundos. Se localizan en la parte alta de la cuenca, a los alrededores de Cucurpe, Sinoquipe, Arizpe y Bacoachi, asociados a pendientes muy pronunciadas y rocas de naturaleza volcánica y sedimentaria. En la zona media pueden presentarse sobre materiales principalmente sedimentarios, en particular, en los parajes entre Carbó y Hermosillo, así como entre Mazocahui y Banámichi, entre otros.

Xerosol (X): Es el tercer tipo de suelo con mayor superficie en la cuenca, con un 15.60 %. Presentan una capa superficial de color claro y pobre en humus, con una textura fina (F). Se localizan en las zonas de lomeríos, asociados a Regosoles y Yermosoles.

Feozem (H): Suelos con capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Estos suelos cubren el 8.22 % de la cuenca y se pueden localizar principalmente en las llanuras de los ríos San Miguel y Zanjón, entre Carbó y Hermosillo, así como en la parte alta del río Sonora, en las inmediaciones de Cucurpe, Saracachi y Bacoachi, donde son utilizados con fines agropecuarios. Estos suelos se pueden encontrar asociados principalmente a Fluvisoles y Vertisoles. En la zona alta de la cuenca también se pueden encontrar como unidades secundarias, relacionados a pastizales. Su textura es media (M).

Yermosol (Y): Esta unidad ocupa el 7.99 % de la cuenca. Estos suelos presentan una capa superficial de color claro y muy pobre en humus. Con frecuencia se distinguen de los Xerosoles por presentar capas de textura más gruesa (G). El origen de estos suelos parece estar asociado a depósitos eólicos. Las áreas en donde se distribuyen estos suelos se localizan en la zona media de la cuenca, en los alrededores de Carbó, entre Querobabi y Hermosillo.

Planosol (W): Son suelos característicos de zonas planas. Debajo de la capa más superficial se puede encontrar otra capa más delgada, formada de materiales claros menos arcillosos que las capas superiores. Estos suelos ser suelos rojizos y presentan una estructura prismática bien desarrollada, con una textura que va de media a gruesa (M-G). Se distribuyen hacia la parte alta y media de la cuenca, con una superficie del 2.36 %.

Fluvisol (J): Están formados de materiales aluviales recientes, que han sido depositados en los lechos de ríos, o bien en las bajadas de las sierras hacia donde escurre el agua. Cubren el 2.20 % de la cuenca. Algunos sitios representativos para esta unidad se reportan en los cauces de corrientes cercanas a Huépac, Bacoachi y Rayón, donde se utilizan con fines agropecuarios. Su textura es gruesa (G).

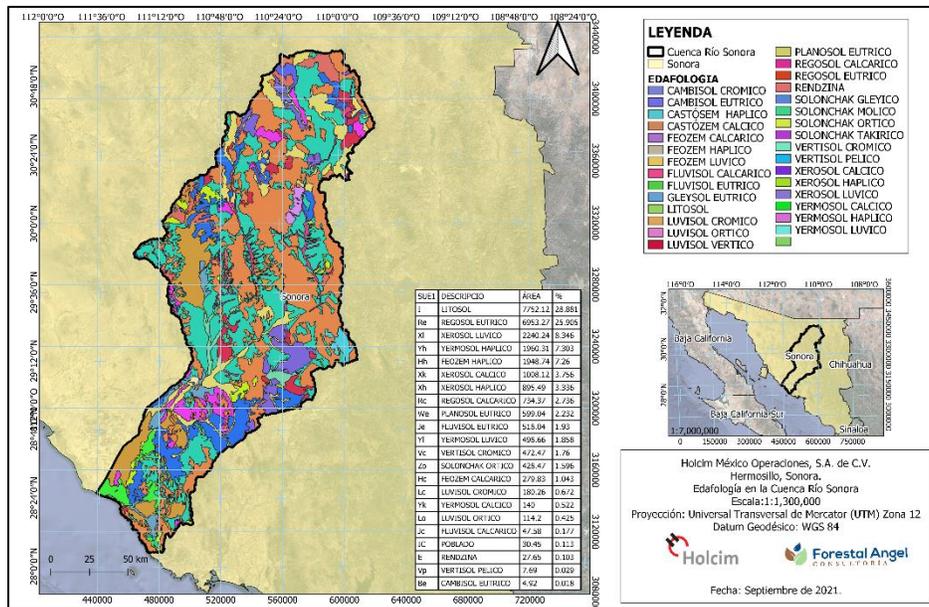


Figura IV.13. Tipos de suelos presentes en la cuenca donde se ubica el proyecto

### Área del proyecto

**Litosol (I):** El Litosol es un suelo delgado con un contenido de materia orgánica medio, considerada ésta para una regular fertilidad, pero limitada para la conservación del suelo y su productividad, aunado a esto, el espesor, la pendiente y el uso actual son factores de alto riesgo a la degradación (Alcalá, González & Prat, 2011). En el área del proyecto se encuentra en el 99.98%.

**Vertisol crómico:** El nombre Vertisol deriva del latín *vertex* que significa mezclado. Son suelos que presentan 30% o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 50 cm, caras de deslizamiento, agregados en forma de cuña y grietas que se abren y se cierran periódicamente. El contenido de arcilla puede ser hasta del 90%, en particular para Vertisoles que se originan de depósitos piroclásticos (Sotelo et al., 2008)



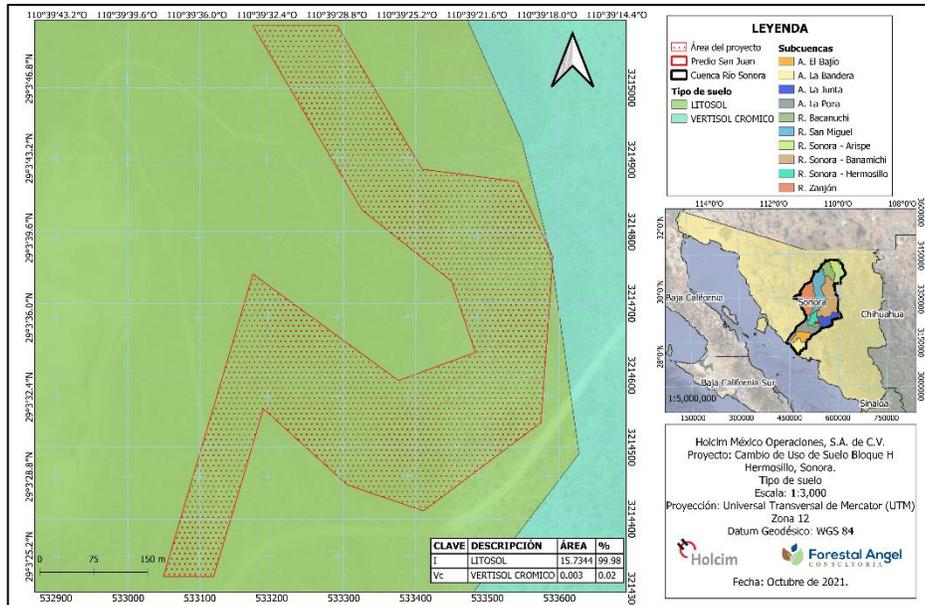


Figura IV.14. Tipo de suelo en el área del proyecto.

#### d) Hidrología superficial y subterránea.

##### Cuenca

La cuenca del Río Sonora pertenece a la Región Hidrológica 9 (RH-9) Sonora Sur. Esta ocupa el segundo lugar en la región hidrológica en cuanto a superficie, ocupando el 14.78%. Dentro de esta cuenca se encuentra la presa Abelardo L. Rodríguez, cuyas aguas son empleadas para riego, control de avenidas y uso doméstico. La precipitación media anual oscila en los 376 mm, con un coeficiente de escurrimiento del 2.8%.

Tabla IV.9. Generales acerca de la hidrología de la cuenca.

| Nombre de la Cuenca                  | Río Sonora             |
|--------------------------------------|------------------------|
| Superficie total                     | 25,715 km <sup>2</sup> |
| Perímetro                            | 1178.2 km              |
| Ancho                                | 81,050 km              |
| Longitud                             | 159.25 km              |
| Longitud axial                       | 341.59 km              |
| Forma general                        | Rectangular            |
| Factor de forma (Horton, 1932)       | 0.002                  |
| Factor de forma (Horton, 1933)       | 1.014                  |
| Factor de forma (Asae, 1940)         | 0.986                  |
| Radio de circularidad (Miller, 1953) | 2.926                  |
| Coeficiente de compacidad            | 0.993                  |
| Radio de elongación (Schaum, 1956)   | 1,731                  |
| Densidad de drenaje                  | 0.045                  |
| Frecuencia de cauces                 | 0.001                  |
| Longitud de la red de drenaje        | 1,169.36 km            |

El cauce principal, el Río Sonora, tiene su origen en el parteaguas con el Río Bavispe, al Oriente de Cananea, a una elevación de 2,400 m.s.n.m. Su rumbo es hacia el Sur, donde recibe por su margen derecho y como único afluente de importancia al Río Bacanuchi. Posteriormente, a la altura del poblado de Ures, confluyen por ambos márgenes los arroyos Zolibiate y La Salada. Aguas abajo, recibe por su margen izquierdo al arroyo La Junta, y siguiendo su rumbo, llega a la altura de la estación hidrométrica El Orégano, en la que se han registrado y calculado para el período de 1945 – 1975, un escurrimiento medio anual de 98.7 Mm<sup>3</sup>.

El río no es de régimen perenne, pues durante el período de estiaje deja de escurrir superficialmente. El gasto máximo instantáneo registrado es de 955 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup>. El volumen medio anual escurrido es de 98.7 Mm<sup>3</sup>, con un máximo de 270 Mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> y un mínimo de 16.57 Mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. A partir del año de 1996 hasta el 2011, los promedios de escurrimiento anual han estado considerablemente debajo de la media histórica anual, probablemente como consecuencia de la sequía y el aprovechamiento intensivo del agua superficial y subterránea por los habitantes y productores de la cuenca. Existe una gran variabilidad en el volumen escurrido, con un coeficiente de variación de 0.57.

El Río Sonora, dependiendo de las condiciones de lluvia llega a mantener un régimen semi-perenne en su cuenca alta, sosteniendo un gasto mínimo en estiaje hasta la población de Guadalupe de Ures. En años de sequía su gasto se reduce o desaparece por las pérdidas de trasmisión y la recarga de los acuíferos, combinado con los aprovechamientos superficiales para riego en lugares como Banámichi, Huépac y San Felipe, quedando solo flujos apenas perceptibles en algunos segmentos de su cuenca media hasta la presa de El Molinito. A partir de esta presa y hasta desembocar en el Golfo de California, actualmente su flujo superficial es intermitente, con solo gasto visible durante la época de lluvias.

El acuífero del Río Sonora se encuentra por decreto presidencial dentro de la zona de veda publicada en el DOF el 02 de junio de 1967, mismo que prohíbe la apertura de nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas. Esta disposición ha sido ratificada en los decretos del 19 de septiembre de 1978, y recientemente en los estudios que publicó la CNA en enero del 2003, en donde se define la disponibilidad de agua de 188 acuíferos, entre ellos el 2624-Río Sonora, que cubre la parte alta de la cuenca que lleva el mismo nombre, con una superficie de 12, 615 km<sup>2</sup>. Este acuífero abarca parcialmente los municipios de Arizpe, San Felipe de Jesús, Aconchi, Banámichi, Huépac, Baviácora, Ures y Hermosillo. Los usos principales del agua extraída del acuífero corresponden en orden de magnitud a la agricultura, uso público urbano y sector pecuario.

De acuerdo con los estudios de disponibilidad de agua publicada en el DOF el 31 de enero del 2003, el acuífero Río Sonora se encuentra en tercer lugar en cuanto al déficit de agua entre los acuíferos de la región II Noroeste, el cual es de -48.82 Mm<sup>3</sup> anuales. Lo anterior significa que no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de agua en el acuífero.

Con base en esta información se estima que la afectación por cambio de uso de suelo del presente proyecto no es significativa a la dinámica de la cuenca, ya que el área a modificar representa solo el 0.0963 % del área total de la cuenca del Río Sonora.

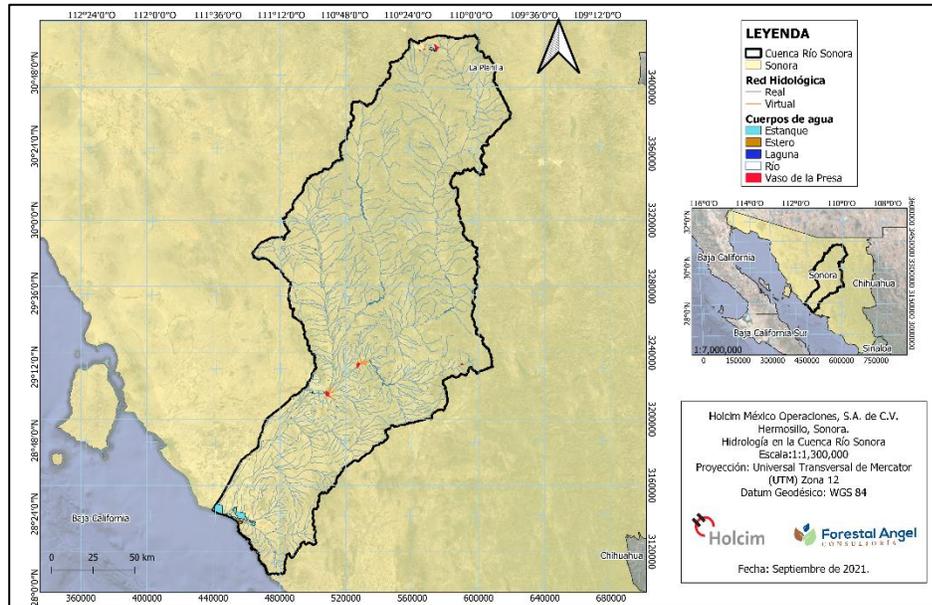


Figura IV.15. Hidrología de la cuenca del Río Sonora

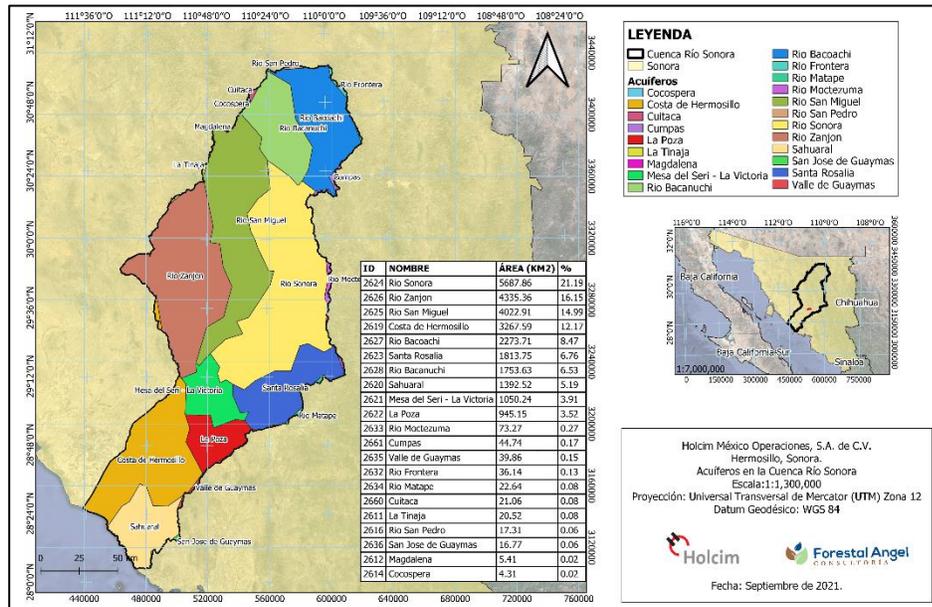


Figura IV.16. Acuíferos en la cuenca Río Sonora.

Los acuíferos que se encuentran en mayor superficie en la cuenca del Río Sonora son:

**Río Sonora:** El acuífero Río Sonora queda comprendido dentro de la Región Hidrológica RH-8, Sonora Norte. El acuífero Río Sonora, se ubica dentro de la cuenca 8D-Río Sonora. La

subcuenca hidrológica a la que pertenece este acuífero es la del propio Río Sonora en toda su extensión.

De acuerdo con la clasificación hidrológica que se dispone para esta zona, no se tiene información sobre subregiones hidrológicas.

El dren principal del área de estudio es el Río Sonora, el cual tiene su origen en el parteaguas con el Río Bavispe, a una elevación de 2400 msnm, en la Sierra de Magallanes a 32 km al oriente de Cananea. - Su rumbo general en la cuenca alta es hacia el sur, donde recibe como único afluente de importancia al Río Bacanuchi, el que se origina en el parteaguas con el arroyo Cocóspera de la cuenca del Río Magdalena, a una elevación de 2,480 msnm y que confluye por la margen derecha al Río Sonora, aguas debajo de Taquichopa, Son., y a 780 m de elevación Aguas arriba de Ures confluyen por la margen derecha e izquierda del Río Sonora, los arroyos Zolibiate y La Salada. Aguas abajo y a una elevación de 270 msnm se une por la margen izquierda el arroyo de La Junta, el que tiene su origen a una elevación de 1,700 msnm en el parteaguas con el Río Moctezuma de la cuenca del Río Yaqui. Sigue su rumbo general hacia el oriente aguas debajo de esta confluencia y a 3.5 km aproximadamente, se encuentra la estación hidrométrica El Orégano, en la que se ha observado un escurrimiento medio anual de 98.7 millones de m<sup>3</sup>, para el período 1945-1975.

Río Zanjón: El acuífero Río Zanjón queda comprendido dentro de la Región Hidrológica RH-9, Sonora Sur. Se ubica dentro de la cuenca 9A-Río Sonora. La subcuenca hidrológica a la que pertenece este acuífero está identificada como 9A – 3. Río Zanjón. De acuerdo con la clasificación hidrológica que se dispone para esta zona, no se tiene información sobre subregiones hidrológicas.

Escurrecimiento Superficial Los escurrimientos del Río Sonora a la altura de la Presa Abelardo L. Rodríguez se determinaban antes de la construcción de ésta, por la suma de los escurrimientos registrados en la estación hidrométrica de Hermosillo, situados en el Río y sobre el Canal Principal. El escurrimiento medio anual total observado fue de 216.2 millones de m<sup>3</sup>, para dos años de información (1945 y 1946). La avenida máxima fue de 1240 m<sup>3</sup> /s. Y el gasto mínimo de 0.68 m<sup>3</sup> /s. Los principales aportadores del Río San Miguel son el Río Sarachi y el Río Zanjón, que nace en el parteaguas común con el Río San Miguel y el arroyo de La Tinaja, situados al oriente de la cuenca del Asunción en el Cerro Encarnado y a una elevación de 1,780 msnm. Su curso general es sur, pasa por Querobabi y Carbó, Son. Y confluye al Río San Miguel. Los principales aportadores del Río Zanjón son el arroyo El Pinito por la margen derecha, a 17 km aguas debajo de Carbó, Son., Y el arroyo Moreno, que desemboca por la margen izquierda, a 18 km aguas arriba de Zamora, Son.

Río San Miguel: El acuífero Río San Miguel se ubica en la Región Hidrológica RH-9 “Sonora Sur”, dentro de la cuenca Río Sonora, subcuenca del Río San Miguel. El río Sonora ocupa el

tercer lugar en la Región Hidrológica 9, Sonora Sur en cuanto a extensión de cuenca y magnitud de aportaciones, que se almacenan y regularizan en las presas “El Molinito” y Abelardo Rodríguez Luján; hasta esta última su área de captación es de 21,035 km<sup>2</sup>.

Su cuenca colinda por el norte con la de los ríos Gila y San Pedro, que se originan en territorio mexicano y fluyen hacia el norte pasando por las inmediaciones de Benson, Arizona, E.U; al norte y oriente colinda con las cuencas de los ríos Bavispe y Moctezuma, afluentes del Río Yaqui; al sureste con el Río Mátape y el Arroyo La Bandera; al noroeste con la cuenca del Río Asunción y al suroeste con la del Río Bacoachi.

La subcuenca del Río San Miguel está formada por el área de captación de este río con el Río Zanjón; cuya confluencia se localiza aguas arriba de la presa Abelardo Rodríguez Luján, en la ciudad de Hermosillo. También confluye a la presa el Río Sonora; su aportador más importante es el Río San Miguel, cuya cuenca tiene un área de 8,427 km<sup>2</sup>, que representa el 40% del área drenada hasta la presa; tiene sus orígenes en el parteaguas con el arroyo Cocóspira, en la Sierra Azul, a una elevación de 1,200 msnm y su curso general es hacia el sur, el que descarga por su margen derecha, aguas arriba del sitio en que se localiza la cortina de la presa.

Río Santa Rosalía: El acuífero Santa Rosalía se encuentra ubicado en la Región Hidrológica RH-9 “Sonora Sur”, dentro de la cuenca del Río Sonora, subcuenca del arroyo Santa Rosalía. Se encuentra entre los cauces de Río Sonora y La Paloma.

De acuerdo con el censo más reciente del acuífero, existe un total de 165 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales 120 se encuentran activos y los 45 restantes inactivos, Del total de obras 130 son norias, 34 pozos y un manantial.

El volumen de extracción calculado es de 10.4 hm<sup>3</sup> anuales, de los cuales 9.6 hm<sup>3</sup> (92.3 %) se destinan al uso agrícola, 0.5 hm<sup>3</sup> (4.8 %) al uso pecuario, 0.2 hm<sup>3</sup> (1.9 %) al uso público urbano para dotación de agua potable a las comunidades de la región y los 0.1 restantes (1.0%) para uso múltiple y doméstico.

#### Río Bacanuchi

El acuífero Río Bacanuchi, se encuentra ubicado en la Región Hidrológica 9 “Sonora Sur”, cuenca Río Sonora y subcuenca Río Bacanuchi. La cuenca del Río Bacanuchi tiene un área de captación de 1431 km<sup>2</sup> y su origen es en el parteaguas con el Río Bacoachi que es el primer afluente del Río Sonora; tiene su nacimiento en las cercanías de Cananea, como producto de los escurrimientos del flanco occidental de la sierra del Manzanal, porción oriental de la sierra Papigochic y parte de la sierra de Cananea. Mantiene un caudal constante hasta su confluencia con el río Sonora. Algunos de sus arroyos tributarios mantienen un gasto constante durante el año debido a la presencia de pequeños

manantiales que nacen en las sierras aledañas, además el agua de estos que no alcanza a llegar al cauce principal.

El río mantiene un rumbo NW-SE hasta el rancho Santa Elena, donde cambia a casi Norte Sur hasta su desembocadura, con el Río Sonora, la cual ocurre al norte del poblado de Arizpe. El drenaje es de tipo dendrítico subparalelo y los almacenamientos de agua superficial son mínimos, contando con un volumen menor a 1 millón de m<sup>3</sup> que se utilizan con fines pecuarios. Un km al Sur de Cananea, en las cercanías de la mina, nacen dos arroyos que llevan material de desecho hacia las presas de Jales, que se ubican al SE de la ciudad, las cuales pertenecen a la subcuenca Arizpe; dichos arroyos mantienen el gasto constante durante todo el año.

### Costa de Hermosillo

La Costa de Hermosillo forma parte de la región hidrológica No. 9, Sonora Sur, donde el escurrimiento superficial más importante es el río Sonora y en menor importancia el Bacoachi.

El río Sonora nace al sur de la sierra San José, en las inmediaciones de Cananea. Corre de norte a sur tocando las poblaciones de Arizpe, Baviácora, Ures y Hermosillo, desembocando en el Golfo de California.

Las aguas del río son retenidas por las presas Molinito y Abelardo L. Rodríguez, prácticamente el río solo conduce agua en la costa durante precipitaciones extraordinarias o cuando se efectúan desfuegos de la presa Abelardo L. Rodríguez. El río Bacoachi (que cambia su nombre al de arroyo de Noriega en su parte final) vierte sus aguas a la laguna de Noriega. El área de su cuenca es de 8560 km<sup>2</sup> aproximadamente, su escurrimiento medio anual es de 20 hm<sup>3</sup>, de los cuales una buena parte se infiltra al subsuelo.

### Río Bacoachi

El acuífero Río Bacoachi se encuentra ubicado en la Región Hidrológica 9 “Sonora Sur”, dentro de la cuenca del Río Sonora, subcuenca del Río Bacoachi. Su corriente principal es el río Sonora, que tiene un área de captación de 1828 km<sup>2</sup> hasta el límite Sur del acuífero, en la población de Arizpe. Nace a la altura de Cananea y presenta escurrimientos la mayor parte del año en algunos lugares, como en la zona norte de la región de Bacoachi, para desaparecer en otros.

En los lugares en que el gasto del río se mantiene casi todo el año se tiene la presencia de manantiales de bajo caudal. Hacia la parte de final de la cuenca, en la población de Buena Vista, el río mantiene un régimen intermitente, que escurre sólo en época de lluvias, mantiene un rumbo NW-SE, paralelo al río Bacanuchi, hasta llegar a la población de

Bacoachi, ubicada en la parte central de la subcuenca, donde cambia el rumbo a NE-SW hasta la población de Buena Vista.

A 2 km al Norte de la población de Arizpe, se une con el río Bacanuchi, en el límite con el acuífero Río Sonora. El drenaje es de tipo detrítico y los almacenamientos de agua superficial principales son las presas de jales ubicadas al SE de la ciudad de Cananea, el resto de los almacenamientos superficiales son represas

### Área del proyecto

El área del proyecto se encuentra en la Región Hidrológica Sonora Sur, en la Cuenca Río Sonora y la subcuenca Río Sonora -Hermosillo. Los cuerpos de agua más cercanos son la presa Rodolfo Félix Valdés (El Molinito) a 17 km al norte y al Oeste se encuentra la presa Abelardo L. Rodríguez a 23 km. Al noreste se encuentra el río San Francisco. Dentro del área propuesta a CUSTF solo arroyos intermitentes, su flujo no será interrumpido por la elaboración del proyecto.

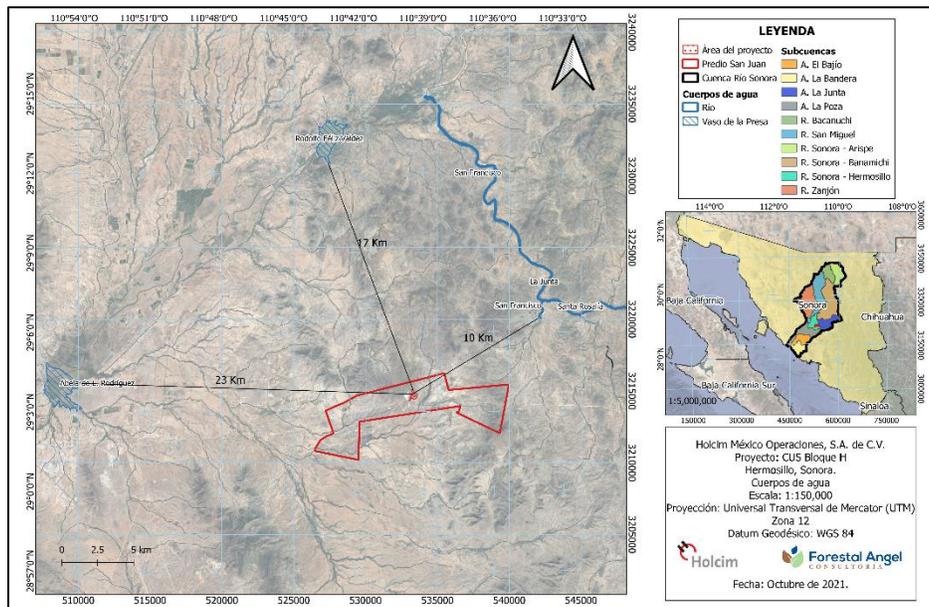


Figura IV.17. Ubicación del cuerpo de agua más cercano al área del proyecto.



## IV.2.2. Medio biótico

La información en este apartado fue con base a sitios de muestreo que se realizaron en la microcuenca y en el área del proyecto.

### a) Vegetación terrestre

#### Cuenca

Según la capa de vegetación y tipo de suelo de INEGI Serie VI, en la cuenca del Río Sonora hay presencia de 42 tipos de uso de suelo y vegetación. Los siete principales tipos de vegetación presentes en la cuenca y que ocupan más del 76% de su superficie total, son en orden de importancia: Mezquital xerófilo, Matorral desértico micrófilo, Matorral subtropical, Bosque de encino, Matorral sarcocaulé, Pastizal cultivado y pastizal natural. Debido a la diversidad de climas y relieves presentes en la cuenca, las comunidades vegetales también son variadas. En las partes altas se pueden encontrar bosques de encino, y áreas con pastizales naturales, en elevaciones medias se puede apreciarse el matorral desértico micrófilo (hacia la parte norte y porciones oeste y sur de la cuenca) y el matorral subtropical (centro-este de la cuenca). En las planicies de inundación de los ríos, se observan las zonas agrícolas cultivables.

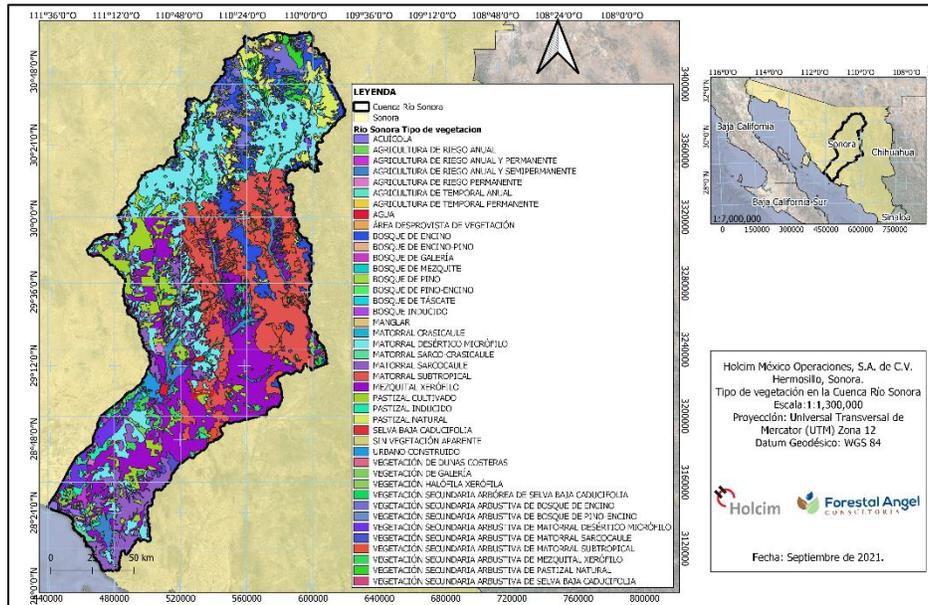


Figura IV.18. Tipos de vegetación y usos de suelo presentes en la cuenca del Río Sonora (INEGI USV, serie VI).

Tabla IV.10. Tipos de vegetación y usos del suelo en la cuenca

| CLAVE   | TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN                               | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|---------|---|-------------------------|-------|
| MKX     | Mezquital xerófilo  | 4985.6                  | 18.57 |
| MDM     | Matorral desértico micrófilo                                    | 4966.67                 | 18.5  |
| MST     | Matorral subtropical  | 4263.04                 | 15.88 |
| BQ      | Bosque de encino  | 1769.5                  | 6.59  |
| MSC     | Matorral sarcocaulé   | 1730.5                  | 6.45  |
| PC      | Pastizal cultivado  | 1526.36                 | 5.69  |
| PN      | Pastizal natural  | 1358.06                 | 5.06  |
| VSa/BQ  | Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino             | 936.42                  | 3.49  |
| VSa/MST | Vegetación secundaria arbustiva de matorral subtropical         | 935.44                  | 3.48  |
| PI      | Pastizal inducido   | 646.06                  | 2.41  |
| RAS     | Agricultura de riego anual y semipermanente                     | 620.8                   | 2.31  |
| VSa/MDM | Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo | 477.79                  | 1.78  |
| MK      | Bosque de mezquite  | 453.73                  | 1.69  |
| VSa/MKX | Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo           | 380.95                  | 1.42  |
| VSa/PN  | Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural             | 340.57                  | 1.27  |
| RA      | Agricultura de riego anual                                      | 244.58                  | 0.91  |
| AH      | Urbano construido   | 174.2                   | 0.65  |
| VH      | Vegetación halófila xerófila                                    | 130.26                  | 0.49  |
| RP      | Agricultura de riego permanente                                 | 115.53                  | 0.43  |
| VSa/MSA | Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaulé          | 113.32                  | 0.42  |
| DV      | Sin vegetación aparente   | 90.91                   | 0.34  |
| RAP     | Agricultura de riego anual y permanente                         | 84.29                   | 0.31  |
| ACUI    | Acuícola  | 78.26                   | 0.29  |
| MSSC    | Matorral sarco-crasicaule                                       | 69.33                   | 0.26  |
| VG      | Vegetación de galería   | 62.11                   | 0.23  |
| BQP     | Bosque de encino-pino   | 61.88                   | 0.23  |
| H2O     | Agua  | 59.38                   | 0.22  |
| BJ      | Bosque de táscate   | 46.81                   | 0.17  |
| BPQ     | Bosque de pino-encino   | 27.78                   | 0.1   |
| TA      | Agricultura de temporal anual                                   | 25.43                   | 0.09  |
| VSA/SBC | Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia         | 24.02                   | 0.09  |
| VSa/SBC | Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia       | 14.77                   | 0.06  |
| MC      | Matorral crasicaule   | 10.33                   | 0.04  |
| ADV     | Área desprovista de vegetación                                  | 4.47                    | 0.02  |
| VU      | Vegetación de dunas costeras                                    | 4                       | 0.01  |
| BI      | Bosque inducido   | 2.31                    | 0.01  |
| BG      | Bosque de galería   | 2.2                     | 0.01  |
| BP      | Bosque de pino  | 1.52                    | 0.01  |
| VSa/BPQ | Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino        | 0.99                    | <0.01 |
| SBC     | Selva baja caducifolia  | 0.89                    | <0.01 |
| VM      | Manglar   | 0.64                    | <0.01 |
| TP      | Agricultura de temporal permanente                              | 0.41                    | <0.01 |

### Caracterización de la vegetación

A continuación, se describe en forma general los tipos de vegetación presente en la cuenca:

El Mezquital xerófilo es una comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies del género *Prosopis*. Se puede encontrar en las regiones de planicie entre las colinas de elevación pequeña de la zona. Esta clase puede albergar individuos de las coberturas subtropical o espinoso, pero con menor presencia. Se distribuye ampliamente en las zonas semiáridas, principalmente sobre terrenos aluviales profundos, a veces con deficiencia de drenaje. Es común que esta especie se encuentre mezclada con huizaches, palo fierro, palo verde, etc. A veces aparenta ser una comunidad secundaria. Especies representativas: *Prosopis spp.* (Mezquites), *Acacia spp.* (Huizache), *Olneya tesota* (Palo fierro), *Cercidium spp.* (Palo verde, Brea). En la cuenca se encuentra distribuido hacia su parte centro, suroeste-sureste.

El matorral se encuentra en las partes medias de la cuenca, entre las curvas de nivel 200-1900 m.s.n.m., la erosión del suelo no es apreciable en algunos casos, y en otros sí. Dentro de este tipo de vegetación se encuentran los siguientes: Matorral Subtropical, Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Sarcocaula, Matorral Sarco-Crasicaule y Matorral Crasicaule. Esta vegetación está conformada principalmente por arbustos o árboles bajos y espinosos, los principales géneros que se pueden observar son *Ipomoea*, *Bursera* y *Acacia*, por mencionar algunos. Este tipo de cobertura se presenta como transición ecológica entre la clase de Bosque y el Matorral Espinoso

Las especies características de los matorrales son gobernadora (*Larrea tridentata*), palo verde (*Cercidium microphyllum*, *Cercidium floridum*), palo fierro (*Olneya tesota*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), gato (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), chamizo (*Ambrosia chenopodiifolia*), hierba del burro (*Ambrosia dumosa*) y rama blanca o hierba del vaso (*Encelia farinosa*), cholla (*Opuntia cholla*) y tasajillo (*Opuntia tesajo*); vinorama (*Acacia vernicosa*, *Acacia greggii*); sangregados (*Jatropha cardiophylla*, *J. cuneata*, *J. cinérea*, *J. cordata*).

El bosque es un tipo de vegetación arbórea presente en las regiones de clima templado-semifrío en donde se encuentran distintos grados de humedad. La cobertura de copa de esta clase se observa en más del 10% de la zona, alcanzado tallas mayores a los 15 metros de altura. El bosque se encuentra dominando en las partes altas de la cuenca, entre las curvas de nivel 1100-2200 m.s.n.m. En estos sitios, la erosión del suelo no es apreciable. Dentro de este tipo de vegetación se encuentran cinco diferentes tipos de bosque, cuyos nombres se enlistan a continuación: Bosque de encino, Bosque de pino-encino, Bosque de táscate, Bosque de pino y Bosque de Galería. En estos ecosistemas, las especies representativas son el encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellota (*Quercus emoryi*), encino azul (*Quercus oblongifolia*), encino chino (*Quercus chihuahuensis*), piñón (*Pinus cembroides*), pino cheguis (*Pinus chihuahuaza*), pino real (*Pinus engelmannii*), dichas

especies corresponden al estrato arbóreo superior y están acompañadas frecuentemente por táscate (*Juniperus deppeana*, *Juniperus monosperma*).

Los pastizales se caracterizan por la dominancia de gramíneas. Estas comunidades son favorecidas por las condiciones del suelo, principalmente, el disturbio ocasionado por los animales domésticos. Se encuentran en las partes altas de la cuenca, entre las curvas de nivel 100-1600 m.s.n.m, la erosión del suelo no es apreciable, aunque tiene algunas áreas de pastizal inducido donde es apreciable dicha erosión (principalmente aquellas regiones donde existe sobrepastoreo). Dentro de este tipo de vegetación se encuentran 3 diferentes tipos de pastizal siendo los siguientes: Natural, Cultivado % e Inducido.

El pastizal natural o nativo es una comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por herbáceas y arbustos. Se encuentran en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y la zona de bosques, principalmente en la parte norte de la cuenca, entre Banámichi y Baviácora, tanto al este como al oeste de ambos poblados. En el noreste, se reporta principalmente *Bouteloa rothrockii* (Rzedowski, J., Vegetación de México, p.220), mientras que otros autores citan como más frecuente a *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* (Kooslowski, T. T. and C. E. Ahlgren 1974). El pastizal inducido y cultivado por su parte resultan de la perturbación que produce el hombre al abrir zonas donde la vegetación prístina, para sustituirlas por especies de pastos invasores y sostener así hatos de ganadería extensiva. Se han establecido extensas superficies de pastizales cultivados e inducidos en vastas regiones de la subcuenca de El Cajoncito – Arroyo del Carrizo, entre Hermosillo y Benjamín Hill.

La cubierta vegetal existente dentro de la cuenca hidrológica forestal presenta diferentes grados de impacto, provocado principalmente por la fragmentación del paisaje y la perturbación provocada por los diversos usos y manejo del suelo que se desarrolla en la zona, como la ganadería, agricultura, asentamientos urbanos, aprovechamientos forestales no autorizados, desmontes para siembra de zacate buffel y actividades mineras.

### **Análisis de diversidad de la vegetación**

Para determinar el número de sitios de muestreo se utilizó el modelo matemático establecido en la Evaluación de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Jiménez, 2000), así como en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Este método requiere de realizar un estudio piloto, esto con el fin de conocer la variabilidad de los parámetros a medir en el área de estudio. El parámetro utilizado para determinar el coeficiente de variación con base al estudio piloto fue el número de especies por sitio de muestreo.

**Matorral subtropical**

Para el tipo de vegetación de Matorral subtropical se utilizaron 6 sitios de muestreo, los mismo que se utilizaron en el proyecto de Ampliación de la cantera caliza ya que coincide con el mismo tipo de vegetación y con la misma microcuenca.

Tabla IV.11. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación           | Sitio       | No. especies | X        | Y         |  |
|----------------------|-------------|--------------|----------|-----------|--|
| Matorral subtropical | 1           | 8            | 538208   | 3214090   |  |
|                      | 2           | 12           | 538247   | 3214018   |  |
|                      | 4           | 5            | 538459   | 3214265   |  |
|                      | 5           | 7            | 538136   | 3214191   |  |
|                      | 6           | 6            | 533913.5 | 3216069.7 |  |
|                      | 8           | 5            | 532418.1 | 3213763.1 |  |
|                      | <b>Desv</b> | <b>2.64</b>  |          |           |  |
|                      | <b>CV</b>   | <b>26.39</b> |          |           |  |

El modelo para determinar el número de muestras es el siguiente:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + t^2 * CV^2} N$$

**n** = número de unidades de muestreo

**E** = error con el que se requiere obtener los valores de un determinado parámetro (%). En bien en Mostacedo y Fredericksen (2000) se hace referencia a que generalmente se utiliza un error del 20%. En este caso, considerando la heterogeneidad espacial y temporal de los componentes biofísicos de los ecosistemas ribereños, se utilizará un error del 30%.

**t** = valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student de dos colas, generalmente se utiliza  $t_{0.05}$ .

**CV** = coeficiente de variación (%). Se refiere a la desviación estándar de los datos con respecto a la media de la población, en este caso se obtiene de los sitios piloto que se utilizaron para cada tipo de vegetación. La fórmula para el coeficiente de variación es:

$$CV = s * 100 / \bar{x}$$

Donde **s** = a la desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  = El promedio de la muestra, en este caso del número de especies por sitio

**N** = total de unidades de muestreo. Se refiere a la cantidad de unidades de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup> que podrían ser contenidos en el área total de interés. Este valor es obtenido

dividiendo la superficie total del área cubierta por el tipo de vegetación entre el área de cada unidad de muestreo.

Para el presente proyecto los valores considerados fueron:

Tamaño de la unidad de muestra = 1,000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 26,603,100 m<sup>2</sup> (área de la subcuenca cubierta por el tipo de vegetación Matorral subtropical)

$N = 26,603,100/1,000 = 26,603.1$  unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

$E = 30\%$

$CV = 26.39\%$

$t = 2.571$  (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 5 grados de libertad, por los 6 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{2.571^2 \times 26.39^2}{30^2 + \frac{2.571^2 \times 26.39^2}{26,603.1}} = 5.11$$

$n = 5.11$  sitios de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 5)

De acuerdo con lo anterior, se requieren de 5 sitios de muestreo para el área de la microcuenca perteneciente al tipo de vegetación Matorral subtropical al cual pertenece el área del proyecto. Para el presente estudio se decidió trabajar con 8 sitios de muestreo.

Siguiendo el criterio del artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en el sentido de que los Estudios Técnicos Justificativos deberán demostrar que el Cambio de Uso del Suelo propuesto no comprometerá la biodiversidad, se realizó un muestreo de la vegetación por tipo de ecosistema y estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas) en sitios adyacentes, al área en donde se ubicará el proyecto. El muestreo se realizó dentro de la microcuenca “Las Norias” misma que se ubica en la subcuenca hidrológica El Cajoncito - Arroyo del Carrizo y solo en el tipo de vegetación Matorral subtropical. Lo anterior para demostrar que las especies a afectar están bien representadas en la región, y para conocer el estado de las poblaciones de la vegetación forestal que estará sujeta al CUSTF con respecto a la vegetación de la cuenca.

#### ***Matorral desértico micrófilo***

Para el tipo de vegetación de Matorral desértico micrófilo se utilizaron 4 sitios de muestreo, los mismo que se utilizaron en el Proyecto Gamma de Cementos Apasco S.A. de C.V. (ahora Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.) ya que coincide con el mismo tipo de vegetación y con la misma microcuenca.

Tabla IV.12. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación                   | Sitio       | No. especies | X      | Y       |
|------------------------------|-------------|--------------|--------|---------|
| Matorral desértico micrófilo | 1           | 13           | 525065 | 3212009 |
|                              | 2           | 11           | 526088 | 3212050 |
|                              | 3           | 10           | 526073 | 3211506 |
|                              | 4           | 12           | 526870 | 3212137 |
|                              | <b>Desv</b> | <b>1.3</b>   |        |         |
|                              | <b>CV</b>   | <b>11.23</b> |        |         |

### Matorral desértico micrófilo

Tamaño de la unidad de muestra = 1,000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 4966.67 km<sup>2</sup> = 4,966,670,000 m<sup>2</sup>

$N = 4,966,670,000 / 1,000 = 4,966,670$  unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

$E = 20\%$

$CV = 11.23\%$

$t = 3.18$  (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 3 grados de libertad, por los 4 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{3.18^2 \times 11.23^2}{20^2 + \frac{3.18^2 \times 11.23^2}{4,966,670}} = 3.19$$

$n = 3.19$  sitios de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 3)

Para poder determinar la riqueza florística de la vegetación, se requiere determinar la densidad absoluta, densidad relativa, frecuencia absoluta, frecuencia relativa, cobertura absoluta en m<sup>2</sup> y cobertura relativa (%), así como el valor de importancia.

Como densidad consideramos al número de individuos por unidad de área, la cual se estimó dividiendo el número total de individuos por especies entre el número total de sitios de muestreo, posteriormente se multiplicó por diez para estimar la densidad por hectárea, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número total de individuos por especie}}{\text{Número total de sitios de muestreo}} \times 100$$

La densidad relativa (en porcentaje) se estimó dividiendo la densidad absoluta por especie entre la sumatoria de la densidad absoluta, multiplicándola por cien.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por especie}}{\Sigma \text{ de densidad absoluta}} \times 100$$

La frecuencia se refiere a si un individuo de una especie aparece en una unidad de muestra; es decir, en cuántos sitios de muestreo aparece una especie determinada.

*Frecuencia Absoluta = Número de sitios en los que se presenta la especie*

La frecuencia relativa (en porcentaje) se estimó dividiendo la frecuencia absoluta por especie entre la sumatoria de la frecuencia absoluta, multiplicándola por cien.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por especie}}{\Sigma \text{ de frecuencia absoluta}} \times 100$$

Como cobertura consideramos la superficie en metros cuadrados que ocupa la copa de un árbol y/o arbusto, la cual se estimó multiplicando de cada individuo por especie el diámetro de copa al cuadrado por 0.7854 (constante equivalente a  $\frac{1}{4}$  de 3.1416), posteriormente se divide la sumatoria del diámetro de copa al cuadrado por 0.7854 entre el número total de sitios de muestreo, para multiplicarlo por diez, de esta manera se estima la cobertura por hectárea (m<sup>2</sup>), tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\Sigma [(\text{Diámetro de copa}) (\text{Diámetro de copa}) (0.7854)] \text{ por especie}}{\text{Número total de sitios de muestreo}} \times 100$$

Dónde: 0.7854 es constante equivalente a  $\frac{1}{4}$  de 3.1416

Así mismo, la cobertura relativa (en porcentaje) se estimó dividiendo la cobertura absoluta por especie, entre la sumatoria de la cobertura absoluta total, multiplicándola por cien.

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura absoluta por especie}}{\Sigma \text{ de cobertura absoluta}} \times 100$$

Con los datos anteriores se puede determinar el Valor de Importancia relativo de la siguiente manera:

$$\text{Valor de Importancia} = \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

### Índice de Shannon-Wiener

El índice de biodiversidad empleado para establecer la diversidad florística fue el Índice de Shannon-Wiener, cuyos valores inferiores a 2 son bajos y valores superiores a 3 son altos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5, y valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i (\ln p_i)$$

A mayor valor del índice (con un límite de 5) indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

Para este muestreo solamente se tomó en cuenta el tipo de vegetación que será sujeto al CUSTF que es en este caso el Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo. Para esto, se utilizó la información de los sitios de muestreo que fueron ubicados en el área.

**Matorral subtropical**

En total, se hicieron ocho sitios de muestreo para el Matorral subtropical.

Tabla IV.13. Coordenadas de los sitios de muestreo en la microcuenca

| SITIO | X        | Y         |
|-------|----------|-----------|
| 1     | 538208.0 | 3214090.0 |
| 2     | 538247.0 | 3214018.0 |
| 3     | 538514.0 | 3214374.0 |
| 4     | 538459.0 | 3214265.0 |
| 5     | 538136.0 | 3214191.0 |
| 6     | 533913.5 | 3216069.7 |
| 7     | 533623.5 | 3215825.7 |
| 8     | 532418.1 | 3213763.1 |

Los sitios fueron de forma circular y con un radio de 17.84 m, lo cual da una superficie de 1,000 m<sup>2</sup> por sitio. En campo el muestreo fue estratificado, registrando las especies arbóreas y de la familia de las cactáceas en un radio de 17.84 m (1,000 m<sup>2</sup>), mientras que las especies arbustivas en (100 m<sup>2</sup>) y las herbáceas fueron registradas en un radio de 1.7841 m (10 m<sup>2</sup>). Los parámetros utilizados fueron el número de individuos por especie, el diámetro de la cobertura del dosel y el estrato al que corresponde cada individuo.

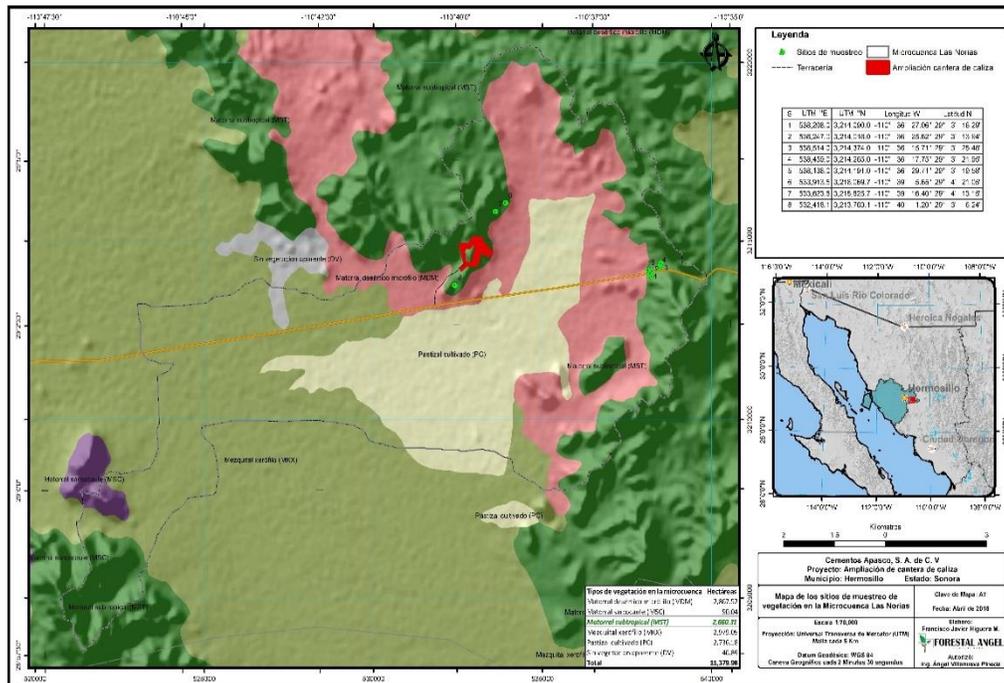


Figura IV.19. Distribución del muestreo en Matorral subtropical en sitios adyacentes al proyecto.

**Matorral desértico micrófilo**

En total, se hicieron seis sitios de muestreo para el Matorral desértico micrófilo.

Tabla IV.14. Coordenadas de los sitios de muestreo en la microcuenca

| SITIO | X      | Y       |
|-------|--------|---------|
| 1     | 525065 | 3212009 |
| 2     | 526088 | 3212050 |
| 3     | 526073 | 3211506 |
| 4     | 526870 | 3212137 |
| 5     | 525483 | 3211212 |
| 6     | 521369 | 3211609 |

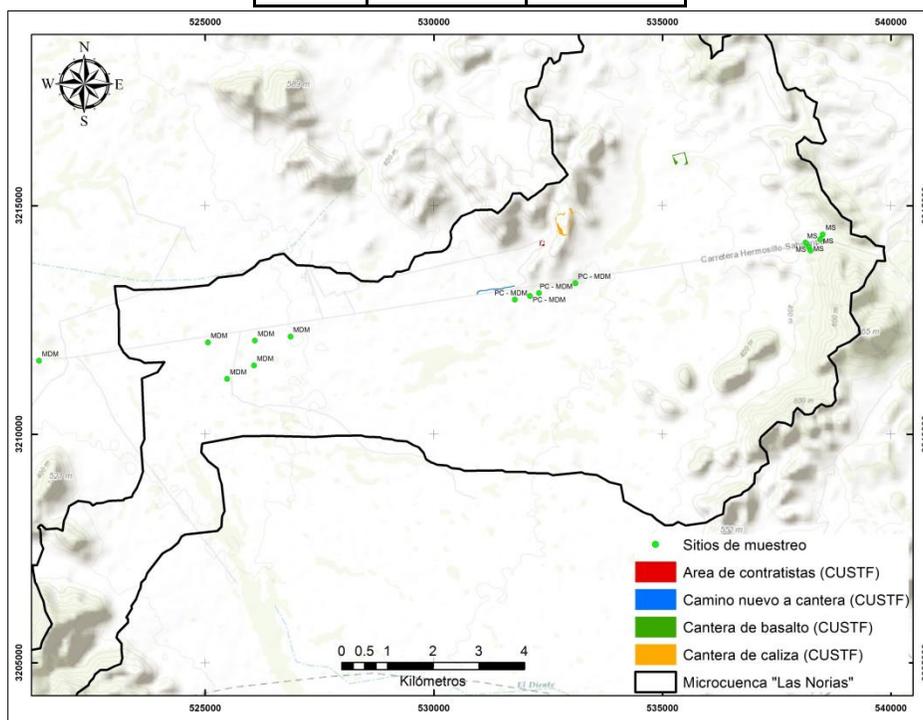


Figura IV.20. Distribución del muestreo en Matorral subtropical en sitios adyacentes al proyecto

**Índice de valor de importancia**

**Estrato arbóreo**

***Matorral subtropical***

En los muestreos se encontraron 9 especies arbóreas, de las cuales las de mayor densidad por hectárea fueron: *Cercidium microphyllum* (29), *Cercidium praecox* (18) y *Olneya tesota* (13), las cuales tuvieron una cobertura relativa de 37.24%, 29.85% y 10.40% respectivamente. Por otro lado, las especies con la menor densidad y cobertura fueron *Ipomoea arborescens*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna atomaria* y *Guaiacum coulterii*.

Tomando en cuenta la densidad relativa, frecuencia y cobertura relativas, las especies con el mayor Índice de Valor de Importancia fueron en orden de mayor a menor: *Cercidium*

*microphyllum*, *Cercidium praecox*, *Olneya tesota*, las cuales tuvieron un Valor de Importancia de 96.06, 62.94 y 37.60 respectivamente, lo que representa el 65.53% del valor máximo de importancia para el estrato arbóreo. Por otro lado, las especies con menor Valor de Importancia (300 como valor máximo) fueron *Guazuma ulmifolia* (5.72), *Ipomoea arborescens* (14.65) y *Guaiacum coulterii* (14.81).

Dado principalmente a la frecuencia y cobertura de las especies, podemos concluir que el estrato arbóreo típico del tipo de vegetación de Matorral subtropical en las áreas adyacentes al proyecto está compuesto por la asociación *Olneya tesota*- *Cercidium praecox* - *Cercidium microphyllum*.

Tabla IV.15. Valor de importancia y demás parámetros del estrato arbóreo

| Nombre común  | Nombre científico             | Densidad     | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI         |
|---------------|-------------------------------|--------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|-------------|
| Guásima       | <i>Guazuma ulmifolia</i>      | 1            | 1                     | 1          | 4.17                    | 0.63           | 0.08                   | 5.72        |
| Guayacán      | <i>Guaiacum coulterii</i>     | 4            | 4                     | 2          | 8.33                    | 15.95          | 2.06                   | 14.81       |
| Mauto         | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 4            | 4                     | 2          | 8.33                    | 20.09          | 2.60                   | 15.34       |
| Mezquite      | <i>Prosopis juliflora</i>     | 11           | 13                    | 3          | 12.50                   | 83.21          | 10.75                  | 36.49       |
| Palo blanco   | <i>Ipomoea arborescens</i>    | 3            | 3                     | 2          | 8.33                    | 26.15          | 3.38                   | 14.65       |
| Palo brea     | <i>Cercidium praecox</i>      | 18           | 21                    | 3          | 12.50                   | 230.96         | 29.85                  | 62.94       |
| Palo fierro   | <i>Olneya tesota</i>          | 13           | 15                    | 3          | 12.50                   | 80.43          | 10.40                  | 37.60       |
| Palo verde    | <i>Cercidium microphyllum</i> | 29           | 34                    | 6          | 25.00                   | 288.10         | 37.24                  | 96.06       |
| Palo zorrillo | <i>Senna atomaria</i>         | 4            | 4                     | 2          | 8.33                    | 28.21          | 3.65                   | 16.39       |
|               |                               | <b>85.00</b> | <b>100.00</b>         | <b>24</b>  | <b>100.00</b>           | <b>773.74</b>  | <b>100.00</b>          | <b>300.</b> |

### **Matorral desértico micrófilo**

En los muestreos se encontraron 8 especies arbóreas, de las cuales las de mayor densidad por hectárea fueron: *Prosopis juliflora* (108), *Cercidium praecox* (40) y *Olneya tesota* (28), las cuales tuvieron una cobertura relativa de 26.4 %, 27.7% y 32.3% respectivamente. Cabe destacar que estas especies son representativas de poco más del 83% de la densidad total de especies encontradas en este tipo de vegetación, por lo que su importancia resulta ser un factor relevante en la diversidad para este tipo de vegetación en la microcuenca. Por otro lado, las especies con la menor densidad, cobertura y frecuencia fueron *Cercidium floridum*, *Fouquieria macdougalii* y *Guaiacum coulterii*.

Las especies con el mayor Índice de Valor de Importancia, al igual que con la densidad y cobertura fueron en orden de mayor a menor: *Prosopis juliflora*, *Olneya tesota* y *Cercidium praecox*, las cuales tuvieron un Valor de Importancia de 102.6, 75.7 y 61.6 respectivamente, lo que representa el 80% del valor máximo de importancia para el estrato arbóreo. Por otro lado, las especies con menor Valor de Importancia (300 como valor máximo) fueron *Cercidium floridum* (7.2), *Fouquieria macdougallii* (6.3) y *Guaiaacum coulterii* (5.8).

Dado principalmente a la frecuencia y cobertura de las especies, podemos concluir que el estrato arbóreo para el Matorral desértico micrófilo está compuesto por la asociación *Prosopis juliflora* - *Cercidium praecox* - *Olneya tesota*. Estos resultados indican que las especies encontradas en el muestreo representan el estrato arbóreo típico del tipo de vegetación de Matorral desértico micrófilo en las áreas adyacentes al proyecto.

Tabla IV.16. Valor de importancia y demás parámetros del estrato arbóreo

| Nombre común    | Nombre científico              | Densidad   | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura m <sup>2</sup> / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|-----------------|--------------------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------|
| Mezquite        | <i>Prosopis velutina</i>       | 108        | 51.2                  | 5          | 25                      | 383.8                         | 26.4                   | 102.6      |
| Palo fierro     | <i>Olneya tesota</i>           | 28         | 13.4                  | 6          | 30                      | 470.0                         | 32.3                   | 75.7       |
| Palo brea       | <i>Cercidium praecox</i>       | 40         | 18.9                  | 3          | 15                      | 402.5                         | 27.7                   | 61.6       |
| Palo verde      | <i>Cercidium microphyllum</i>  | 10         | 4.7                   | 2          | 10                      | 109.1                         | 7.5                    | 22.2       |
| Torote blanco   | <i>Bursera microphylla</i>     | 18         | 8.7                   | 1          | 5                       | 73.1                          | 5.0                    | 18.7       |
| Palo verde azul | <i>Cercidium floridum</i>      | 3          | 1.6                   | 1          | 5                       | 8.5                           | 0.6                    | 7.2        |
| Ocotillo macho  | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 2          | 0.8                   | 1          | 5                       | 7.5                           | 0.5                    | 6.3        |
| Guayacán        | <i>Guaiaacum coulterii</i>     | 2          | 0.8                   | 1          | 5                       | 0.3                           | 0.0                    | 5.8        |
| <b>Σ</b>        |                                | <b>212</b> | <b>100</b>            | <b>20</b>  | <b>100</b>              | <b>1455</b>                   | <b>100</b>             | <b>300</b> |

Es importante mencionar que tanto *Olneya tesota* como *Guaiaacum coulterii*, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las categorías “sujeta a protección especial” y “amenazada”, respectivamente. Con base a los valores de densidad y su valor de importancia, podemos establecer que ambas especies están bien representadas en la microcuenca.

### **Estrato arbustivo**

#### ***Matorral subtropical***

El estrato arbustivo en la microcuenca está compuesto por 25 especies en total. Entre estas, las de mayor densidad son *Acacia greggii*, *Jatropha cardiophylla*, *Condalia spatulatha* y *Condalia globosa* con 513 ind/ha, 225 ind/ha y 125 ind/ha respectivamente. Los valores más altos de frecuencia, por otro lado, corresponden a *Acacia greggii* y *Bursera laxiflora* especies

registradas en 6 de los sitios de muestreo (8 en total). En este caso 11 de las especies muestreadas solo se observaron en 1 sitio. Respecto a la cobertura, el último de los parámetros utilizados para definir el valor de importancia, los valores más altos fueron para *Acacia greggii*, *Acacia cochliacantha* y *Condalia globosa*, con 788.05 m<sup>2</sup>/ ha, 363.64 m<sup>2</sup>/ ha y 275.77 m<sup>2</sup>/ ha respectivamente.

Tomando en cuenta lo anterior, las especies con mayor valor de importancia y que forman a su vez la asociación vegetal del estrato arbustivo en la comunidad vegetal del Matorral subtropical son: *Acacia greggii* (IVI: 70.95), *Jatropha cardiophylla* (IVI: 25.90) y *Condalia globosa* (IVI: 21.34).

Por el contrario, las especies con un menor valor de importancia, resultado de una menor densidad relativa, frecuencia y cobertura relativas son: *Bursera fagaroides* y *Fouquieria macdougallii* (IVI: 2.47).

Tabla IV.17. Valor de importancia y demás parámetros del estrato arbustivo

| Nombre común     | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha  | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------------|------------|
| Adelia           | <i>Adelia sp.</i>              | 13          | 1                     | 1          | 1.96                    | 14.14           | 0.51                   | 3.22       |
| Agave            | <i>Agave angustifolia</i>      | 38          | 2                     | 1          | 1.96                    | 184.08          | 6.58                   | 10.81      |
| Bachata          | <i>Condalia globosa</i>        | 125         | 8                     | 2          | 3.92                    | 275.77          | 9.85                   | 21.34      |
| Cacachila        | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 13          | 1                     | 1          | 1.96                    | 19.24           | 0.69                   | 3.41       |
| Chirahui         | <i>Acacia cochliacantha</i>    | 38          | 2                     | 3          | 5.88                    | 363.64          | 12.99                  | 21.14      |
| Confiturilla     | <i>Lantana camara</i>          | 25          | 2                     | 2          | 3.92                    | 16.10           | 0.58                   | 6.01       |
| Desmanthus       | <i>Desmanthus subulatus</i>    | 63          | 4                     | 1          | 1.96                    | 1.96            | 0.07                   | 5.82       |
| Falso torote     | <i>Jatropha acuneata</i>       | 13          | 1                     | 1          | 1.96                    | 14.14           | 0.51                   | 3.22       |
| Gatuño           | <i>Acacia greggii</i>          | 513         | 31                    | 6          | 11.76                   | 788.05          | 28.15                  | 70.95      |
| Huichutilla      | <i>Condalia spatulatha</i>     | 125         | 8                     | 2          | 3.92                    | 77.85           | 2.78                   | 14.27      |
| Ocotillo macho   | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 1           | 0                     | 1          | 1.96                    | 12.03           | 0.43                   | 2.47       |
| Orégano          | <i>Lippia palmeri</i>          | 50          | 3                     | 2          | 3.92                    | 22.19           | 0.79                   | 7.74       |
| Papache          | <i>Randia thurberi</i>         | 25          | 2                     | 2          | 3.92                    | 39.66           | 1.42                   | 6.85       |
| Pintapan         | <i>Abutilon abutiloides</i>    | 25          | 2                     | 1          | 1.96                    | 15.02           | 0.54                   | 4.01       |
| Piojito          | <i>Caesalpinia pumila</i>      | 100         | 6                     | 2          | 3.92                    | 125.86          | 4.50                   | 14.47      |
| Rama blanca      | <i>Encelia farinosa</i>        | 25          | 2                     | 1          | 1.96                    | 63.62           | 2.27                   | 5.75       |
| Sangregado       | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 225         | 14                    | 3          | 5.88                    | 178.78          | 6.39                   | 25.90      |
| Tomatillo        | <i>Lycium berlandieri</i>      | 25          | 2                     | 2          | 3.92                    | 66.37           | 2.37                   | 7.81       |
| Torote           | <i>Bursera fagaroides</i>      | 3           | 0                     | 1          | 1.96                    | 9.98            | 0.36                   | 2.47       |
| Torote blanco    | <i>Bursera microphylla</i>     | 41          | 2                     | 4          | 7.84                    | 94.55           | 3.38                   | 13.72      |
| Torote papelillo | <i>Jatropha cordata</i>        | 5           | 0                     | 2          | 3.92                    | 4.09            | 0.15                   | 4.37       |
| Torote prieto    | <i>Bursera laxiflora</i>       | 34          | 2                     | 6          | 11.76                   | 155.72          | 5.56                   | 19.37      |
| Torote verde     | <i>Bursera lancifolia</i>      | 5           | 0                     | 1          | 1.96                    | 37.80           | 1.35                   | 3.61       |
| Vara blanca      | <i>Croton sonorae</i>          | 25          | 2                     | 1          | 1.96                    | 4.91            | 0.18                   | 3.65       |
| Vinorama         | <i>Acacia farnesiana</i>       | 100         | 6                     | 2          | 3.92                    | 213.63          | 7.63                   | 17.61      |
|                  |                                | <b>1651</b> | <b>100</b>            | <b>51</b>  | <b>100</b>              | <b>2,799.18</b> | <b>100</b>             | <b>300</b> |

***Matorral desértico micrófilo***

En la siguiente se muestran los valores de importancia y demás parámetros de las 20 especies que encontraron en la microcuenca y que componen a la comunidad vegetal para el estrato arbustivo. Las especies con mayor densidad fueron: *Condalia globosa*, *Justicia californica* y *Lycium berlandieri*, obteniendo una cobertura relativa de 27.9 %, 2.7 % y 8.3% respectivamente.

Por otro lado, las especies menor densidad y cobertura fueron: *Celtis pallida*, *Krameria parvifolia* y *Coursetia glandulosa*, cuyos valores de frecuencia fueron también los más bajos, lo que nos indica una distribución restringida para estas especies, por lo que no forman parte de la composición común para este estrato en la microcuenca. Por otro lado, el hecho de que las especies *Lycium berlandieri* y *Justicia californica* tengan un mayor valor de importancia, a pesar de que su cobertura es menor con respecto a otras especies como *Acacia greggii* y *Acacia farnesiana*, se debe principalmente a sus altas densidades y frecuencias relativas.

Las especies de mayor Valor de Importancia fueron: *Condalia globosa*, *Justicia californica* y *Lycium berlandieri* con valores de 54, 52.3 y 34.9 respectivamente. Estas especies son importantes porque tienen la mayor densidad de individuos por unidad de superficie, además de su mayor frecuencia en los sitios de muestreo, lo que se refiere a una mayor homogeneidad en su distribución espacial. Otras especies (*Acacia greggii* y *Acacia farnesiana*) con menor densidad y frecuencia, pero con mayor cobertura del dosel, también son muy importantes en los procesos ecológicos, ya que la cobertura vegetal está asociada a procesos de fotosíntesis y productividad primaria (biomasa), y a la regulación de procesos hidrológicos (intercepción del agua de lluvia) y de erosión del suelo.

Con base a lo anterior, podemos precisar que el estrato arbustivo para la vegetación del Matorral desértico micrófilo en la microcuenca, está formado por la asociación *Condalia globosa* - *Justicia californica* - *Lycium berlandieri*.



Tabla IV.18. Valor de importancia y demás parámetros del estrato arbustivo

| Nombre común | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura m <sup>2</sup> / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|--------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------|
| Bachata      | <i>Condalia globosa</i>        | 933         | 12.9                  | 5          | 13.2                    | 169.2                         | 27.9                   | 54.0       |
| Chuparrosa   | <i>Justicia californica</i>    | 3217        | 44.4                  | 2          | 5.3                     | 16.1                          | 2.7                    | 52.3       |
| Tomatillo    | <i>Lycium berlandieri</i>      | 1167        | 16.1                  | 4          | 10.5                    | 50.1                          | 8.3                    | 34.9       |
| Uña de gato  | <i>Acacia greggii</i>          | 350         | 4.8                   | 1          | 2.6                     | 119.9                         | 19.8                   | 27.3       |
| Papache      | <i>Randia thurberi</i>         | 267         | 3.7                   | 4          | 10.5                    | 35.8                          | 5.9                    | 20.1       |
| Vinorama     | <i>Acacia farnesiana</i>       | 167         | 2.3                   | 2          | 5.3                     | 72.4                          | 12.0                   | 19.5       |
| Piojito      | <i>Caesalpinia pumila</i>      | 117         | 1.6                   | 3          | 7.9                     | 36.1                          | 6.0                    | 15.5       |
| Sangrengado  | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 200         | 2.8                   | 3          | 7.9                     | 20.7                          | 3.4                    | 14.1       |
| Malvilla     | <i>Desmanthus subulatus</i>    | 500         | 6.9                   | 1          | 2.6                     | 1.6                           | 0.3                    | 9.8        |
| Tomatillo    | <i>Lycium andersonii</i>       | 33          | 0.5                   | 2          | 5.3                     | 10.1                          | 1.7                    | 7.4        |
| Falso torote | <i>Jatropha acuneata</i>       | 100         | 1.4                   | 1          | 2.6                     | 17.7                          | 2.9                    | 6.9        |
| Rama blanca  | <i>Encelia farinosa</i>        | 50          | 0.7                   | 2          | 5.3                     | 1.6                           | 0.3                    | 6.2        |
| Vara prieta  | <i>Cardia parvifolia</i>       | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 17.9                          | 3.0                    | 5.8        |
| Vinorama     | <i>Acacia constricta</i>       | 33          | 0.5                   | 1          | 2.6                     | 13.7                          | 2.3                    | 5.3        |
| Gatuño       | <i>Mimosa biuncifera</i>       | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 11.0                          | 1.8                    | 4.7        |
| Cacachila    | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 5.2                           | 0.9                    | 3.7        |
| Güereque     | <i>Ibervillea sonora</i>       | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 4.2                           | 0.7                    | 3.6        |
| Garambullo   | <i>Celtis pallida</i>          | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 1.3                           | 0.2                    | 3.1        |
| Cósahui      | <i>Krameria parvifolia</i>     | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 0.8                           | 0.1                    | 3.0        |
| Zamota       | <i>Coursetia glandulosa</i>    | 17          | 0.2                   | 1          | 2.6                     | 0.1                           | 0.0                    | 2.9        |
| <b>Σ</b>     |                                | <b>7250</b> | <b>100</b>            | <b>38</b>  | <b>100</b>              | <b>606</b>                    | <b>100</b>             | <b>300</b> |

## Cactáceas

### ***Matorral subtropical***

En la familia de las cactáceas se registró un número de 7 especies dentro de los sitios muestreados en la microcuenca.

Con base en los valores de importancia, los cuales son derivados de los parámetros poblacionales de cada especie, la familia de las cactáceas para el Matorral subtropical está compuesta por la asociación: *Opuntia arbuscula* – *Stenocereus thurberi* – *Opuntia leptocaulis*.

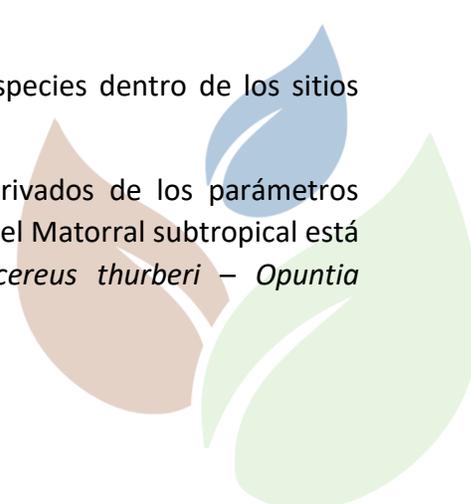


Tabla IV.19. Valor de importancia y demás parámetros para las cactáceas

| Nombre común | Nombre científico             | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>         | 1         | 7                     | 1          | 7.14                    | 3.93           | 21.84                  | 35.65         |
| Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>           | 3         | 13                    | 2          | 14.29                   | 0.99           | 5.51                   | 33.13         |
| Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i>   | 4         | 20                    | 2          | 14.29                   | 3.18           | 17.69                  | 51.98         |
| Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>     | 1         | 7                     | 1          | 7.14                    | 0.16           | 0.87                   | 14.68         |
| Sibiri       | <i>Opuntia arbuscula</i>      | 4         | 20                    | 3          | 21.43                   | 6.99           | 38.88                  | 80.30         |
| Tazajillo    | <i>Opuntia leptocaulis</i>    | 4         | 20                    | 3          | 21.43                   | 2.64           | 14.69                  | 56.12         |
| Viejito      | <i>Mammillaria microcarpa</i> | 3         | 13                    | 2          | 14.29                   | 0.09           | 0.52                   | 28.14         |
|              |                               | <b>19</b> | <b>100.00</b>         | <b>14</b>  | <b>100.00</b>           | <b>17.98</b>   | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

De las especies de cactáceas registradas para las áreas adyacentes al proyecto, solo *Carnegiea gigantea* se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como una planta no endémica, bajo la categoría de Amenazada.

#### **Matorral desértico micróflo**

De la familia de las cactáceas, en este tipo de vegetación se encontraron 5 especies, resultando básicamente *Opuntia leptocaulis*, la especie más importante de esta familia de plantas (IVI: 156.4), con un valor de densidad de 35 in/ha, frecuencia de 3/6 y una cobertura de 43.8 m<sup>2</sup>/ha.

Respecto a las demás especies, los valores de densidad se distribuyen como sigue: *Lophocereus schottii* (2), *Stenocereus thurberi* (3), *Opuntia arbuscula* (3) y *Opuntia bigelovii* (2). Dado la similitud en la frecuencia de estas especies, la cual es de uno para la mayoría de ellas, con excepción de *Stenocereus thurberi* (2/6), entonces su cobertura es lo que define las diferencias del IVI entre ellas. La cobertura por especie es, en orden de mayor a menor: *Lophocereus schottii* (48.7 m<sup>2</sup>/ha), *Stenocereus thurberi* (2.9 m<sup>2</sup>/ha), *Opuntia arbuscula* (11.2 m<sup>2</sup>/ha) y *Opuntia bigelovii* con valores menores a uno.

Tomando a la frecuencia y a la densidad como parámetros claves para definir el valor de importancia, tenemos que la asociación *Opuntia leptocaulis* - *Lophocereus schottii* - *Stenocereus thurberi*, definen la composición florística de la familia de las cactáceas para el Matorral desértico micrófilo en la microcuenca.

Tabla IV.20. Valor de importancia y demás parámetros para las cactáceas

| Matorral Desértico Micrófilo |                             |           |                       |            |                         |                               |                        |            |
|------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------|
| Nombre común                 | Nombre científico           | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura m <sup>2</sup> / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
| Tazajillo                    | <i>Opuntia leptocaulis</i>  | 35        | 77.8                  | 3          | 37.5                    | 43.8                          | 41.1                   | 156.4      |
| Sina                         | <i>Lophocereus schottii</i> | 2         | 3.7                   | 1          | 12.5                    | 48.7                          | 45.7                   | 61.9       |
| Pitahaya                     | <i>Stenocereus thurberi</i> | 3         | 7.4                   | 2          | 25.0                    | 2.9                           | 2.7                    | 35.1       |
| Sibiri                       | <i>Opuntia arbuscula</i>    | 3         | 7.4                   | 1          | 12.5                    | 11.2                          | 10.5                   | 30.4       |
| Choya güera                  | <i>Opuntia bigelovii</i>    | 2         | 3.7                   | 1          | 12.5                    | 0.0                           | 0.0                    | 16.2       |
| <b>Σ</b>                     |                             | <b>45</b> | <b>100</b>            | <b>8</b>   | <b>100</b>              | <b>107</b>                    | <b>100</b>             | <b>300</b> |

### Estrato herbáceo

#### **Matorral subtropical**

En los muestreos se registró un total de 6 especies. La cobertura vegetal está dominada por *Aristida ternipes* (4,908.75 m<sup>2</sup>/ha), *Polypogon monspeliensis* (785.40 m<sup>2</sup>/ha) y *Pennisetum ciliare* (145.30 m<sup>2</sup>/ha). No obstante, la densidad y frecuencia definen la siguiente composición del estrato herbáceo: *Pennisetum ciliare*- *Bidens odorata* - *Aristida ternipes*.

Tabla IV.21. Valor de importancia y demás parámetros para las herbáceas

| Nombre común         | Nombre científico               | Densidad      | Densidad relativa (%) | Frecuencia   | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha  | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|----------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|--------------|-------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| Espuelita            | <i>Euphorbia florida</i>        | 3,500         | 14                    | 1.00         | 9.09                    | 6.87            | 0.12                   | 22.93         |
| Mal de ojo           | <i>Kallstroemia grandiflora</i> | 1,625         | 6                     | 1.00         | 9.09                    | 12.76           | 0.22                   | 15.68         |
| Zacate aceitilla     | <i>Bidens odorata</i>           | 7,500         | 29                    | 2.00         | 18.18                   | 58.91           | 1.00                   | 48.59         |
| Zacate buffel        | <i>Pennisetum ciliare</i>       | 6,375         | 25                    | 5.00         | 45.45                   | 145.30          | 2.46                   | 72.91         |
| Zacate cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i>  | 250           | 1                     | 1.00         | 9.09                    | 785.40          | 13.27                  | 23.34         |
| Zacate tres barbas   | <i>Aristida ternipes</i>        | 6,250         | 25                    | 1.00         | 9.09                    | 4,908.75        | 82.95                  | 116.55        |
|                      |                                 | <b>25,500</b> | <b>100.00</b>         | <b>11.00</b> | <b>100.00</b>           | <b>5,917.99</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

**Matorral desértico micrófilo**

En el Matorral desértico micrófilo, para el estrato herbáceo en los muestreos se encontraron 3 especies, *Bidens odorata* (Zacate aceitilla), *Cenchrus ciliaris* (Zacate buffel) y *Bouteloua gracilis* (Zacate navajita). Existe una dominancia muy marcada por parte de la especie *Bidens odorata*, cuya alta densidad, mayor frecuencia y cobertura derivan en un alto valor de importancia (162.5), muy por encima de las demás especies que forman este estrato. Ninguna de las especies está bajo algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.22. Valor de importancia y demás parámetros para las herbáceas

| Matorral Desértico Micrófilo |                           |          |                       |            |                         |                |                        |       |
|------------------------------|---------------------------|----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|-------|
| Nombre común                 | Nombre científico         | Densidad | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI   |
| Zacate aceitilla             | <i>Bidens odorata</i>     | 5500     | 64.7                  | 2          | 50.0                    | 43.2           | 47.8                   | 162.5 |
| Zacate buffel                | <i>Cenchrus ciliaris</i>  | 1000     | 11.8                  | 1          | 25.0                    | 31.4           | 34.8                   | 71.5  |
| Zacate navajito              | <i>Bouteloua gracilis</i> | 2000     | 23.5                  | 1          | 25.0                    | 15.7           | 17.4                   | 65.9  |
| Σ                            |                           | 8500     | 100                   | 4          | 100                     | 90             | 100                    | 300   |

**Índice de Shannon**

El índice de biodiversidad empleado para establecer la diversidad florística fue el Índice de Shannon-Wiener, cuyos valores inferiores a 2 son bajos y valores superiores a 3 son altos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5, y valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos.

$$H = \sum_{i=1}^s pi(\ln pi)$$

Donde:

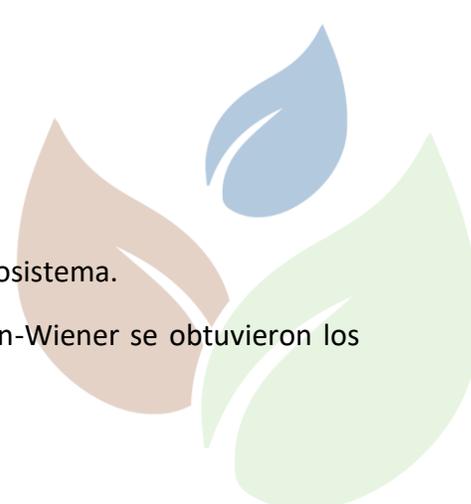
H' = Índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa

Ln = Logaritmo natural

A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

Con base a la estimación del índice de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvieron los siguientes resultados por estrato



**Estrato arbóreo**

***Matorral subtropical***

Para el estrato arbóreo, el índice de Shannon-Wiener fue de 1.82. Este valor, según lo sugerido por Magurran (1988), son indicadores de diversidad media, ya que este autor enuncia que para el Índice de Shannon-Wiener los valores menores de 1.6 se consideran como diversidad baja.

Tabla IV.23. Índice de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo

| ID   | Nombre común  | Nombre científico             | n            | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|---------------|-------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| 1  | Guásima       | <i>Guazuma ulmifolia</i>      | 1            | 0.01        | -4.22         | -0.06        |
| 2  | Guayacán      | <i>Guaiaacum coulterii</i>    | 4            | 0.04        | -3.12         | -0.14        |
| 3  | Mauto         | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 4            | 0.04        | -3.12         | -0.14        |
| 4  | Mezquite      | <i>Prosopis juliflora</i>     | 11           | 0.13        | -2.02         | -0.27        |
| 5  | Palo blanco   | <i>Ipomoea arborescens</i>    | 3            | 0.03        | -3.53         | -0.10        |
| 6  | Palo brea     | <i>Cercidium praecox</i>      | 18           | 0.21        | -1.58         | -0.33        |
| 7  | Palo fierro   | <i>Olneya tesota</i>          | 13           | 0.15        | -1.92         | -0.28        |
| 8  | Palo verde    | <i>Cercidium microphyllum</i> | 29           | 0.34        | -1.08         | -0.37        |
| 9  | Palo zorrillo | <i>Senna atomaria</i>         | 4            | 0.04        | -3.12         | -0.14        |
| 9  |               |                               | <b>85.00</b> | <b>1.00</b> | <b>-23.71</b> | <b>-1.82</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |               |                               |              |             |               | <b>1.82</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |               |                               |              |             |               | <b>2.20</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |               |                               |              |             |               | <b>0.83</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |               |                               |              |             |               | <b>0.38</b>  |

***Matorral desértico micrófilo***

Para el estrato arbóreo, el índice de Shannon-Wiener fue de 1.425. Este valor, según lo sugerido por Magurran (1988), son indicadores de diversidad baja, ya que este autor enuncia que para el Índice de Shannon-Wiener los valores menores de 1.6 se consideran como diversidad baja.



Tabla IV.24. Índice de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo

| Matorral Desértico Micrófilo |                                |  |                      |            |                   |
|------------------------------|--------------------------------|--|----------------------|------------|-------------------|
| Nombre común                 | Nombre científico              | Densidad/ha                                      | $p(i) = \frac{n}{N}$ | $\ln p(i)$ | $p(i) * \ln p(i)$ |
| Mezquite                     | <i>Prosopis velutina</i>       | 108  | 0.512                | -0.670     | -0.343            |
| Palo brea                    | <i>Cercidium praecox</i>       | 40   | 0.189                | -1.666     | -0.315            |
| Palo fierro                  | <i>Olneya tesota</i>           | 28   | 0.134                | -2.011     | -0.269            |
| Palo verde                   | <i>Cercidium microphyllum</i>  | 10   | 0.047                | -3.052     | -0.144            |
| Palo verde azul              | <i>Cercidium floridum</i>      | 3  | 0.016                | -4.151     | -0.065            |
| Guayacán                     | <i>Guaiaacum coulteri</i>      | 2  | 0.008                | -4.844     | -0.038            |
| Torote blanco                | <i>Bursera microphylla</i>     | 18   | 0.087                | -2.446     | -0.212            |
| Ocotillo macho               | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 2  | 0.008                | -4.844     | -0.038            |
|                              |                                | <b>212</b>                                       | <b>1</b>             |            | <b>-1.425</b>     |
|                              |                                | <b>I. Shannon H =</b>                            |                      |            | <b>1.425</b>      |
|                              |                                | <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                      |            | <b>2.079</b>      |
|                              |                                | <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                      |            | <b>0.685</b>      |
|                              |                                | <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                      |            | <b>0.655</b>      |

### Estrato arbustivo

#### ***Matorral subtropical***

Para el estrato arbustivo, el Índice de Shannon-Wiener fue de 2.48. Como ya se ha mencionado, según lo sugerido por Magurran (1988), estos valores son indicadores de diversidad media, ya que este autor enuncia que para el Índice de Shannon-Wiener los valores entre de 1.6 a 3.4 se consideran como diversidad media.

En cuanto al H máxima, se obtuvieron valores de 3.22. Los valores de equitatividad fueron de 0.77, lo que significa que este tipo de vegetación presenta mayor homogeneidad en cuanto a la densidad de las especies.



Tabla IV.25. Índice de Shannon-Wiener para los arbustos

| ID   | Nombre común     | Nombre científico              | n           | p(i) = n/N  | LN p(i)        | p(i)*LN p(i) |
|--|------------------|--------------------------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| 1  | Adelia           | <i>Adelia sp.</i>              | 13          | 0.01        | -4.88          | -0.04        |
| 2  | Agave            | <i>Agave angustifolia</i>      | 38          | 0.02        | -3.78          | -0.09        |
| 3  | Bachata          | <i>Condalia globosa</i>        | 125         | 0.08        | -2.58          | -0.20        |
| 4  | Cacachila        | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 13          | 0.01        | -4.88          | -0.04        |
| 5  | Chirahui         | <i>Acacia cochliacantha</i>    | 38          | 0.02        | -3.78          | -0.09        |
| 6  | Confiturilla     | <i>Lantana camara</i>          | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 7  | Desmanthus       | <i>Desmanthus subulatus</i>    | 63          | 0.04        | -3.27          | -0.12        |
| 8  | Falso torote     | <i>Jatropha acuneata</i>       | 13          | 0.01        | -4.88          | -0.04        |
| 9  | Gatuño           | <i>Acacia greggii</i>          | 513         | 0.31        | -1.17          | -0.36        |
| 10   | Huichutilla      | <i>Condalia spatulatha</i>     | 125         | 0.08        | -2.58          | -0.20        |
| 11   | Ocotillo macho   | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 1           | 0.00        | -7.19          | -0.01        |
| 12   | Orégano          | <i>Lippia palmeri</i>          | 50          | 0.03        | -3.50          | -0.11        |
| 13   | Papache          | <i>Randia thurberi</i>         | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 14   | Pintapan         | <i>Abutilon abutiloides</i>    | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 15   | Piojito          | <i>Caesalpinia pumila</i>      | 100         | 0.06        | -2.80          | -0.17        |
| 16   | Rama blanca      | <i>Encelia farinosa</i>        | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 17   | Sangrengado      | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 225         | 0.14        | -1.99          | -0.27        |
| 18   | Tomatillo        | <i>Lycium berlandieri</i>      | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 19   | Torote           | <i>Bursera fagaroides</i>      | 3           | 0.00        | -6.49          | -0.01        |
| 20   | Torote blanco    | <i>Bursera microphylla</i>     | 41          | 0.02        | -3.69          | -0.09        |
| 21   | Torote papelillo | <i>Jatropha cordata</i>        | 5           | 0.00        | -5.80          | -0.02        |
| 22   | Torote prieto    | <i>Bursera laxiflora</i>       | 34          | 0.02        | -3.89          | -0.08        |
| 23   | Torote verde     | <i>Bursera lancifolia</i>      | 5           | 0.00        | -5.80          | -0.02        |
| 24   | Vara blanca      | <i>Croton sonorae</i>          | 25          | 0.02        | -4.19          | -0.06        |
| 25   | Vinorama         | <i>Acacia farnesiana</i>       | 100         | 0.06        | -2.80          | -0.17        |
| <b>25</b>  |                  |                                | <b>1651</b> | <b>1.00</b> | <b>-100.93</b> | <b>-2.48</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                  |                                |             |             |                | <b>2.48</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                  |                                |             |             |                | <b>3.22</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                  |                                |             |             |                | <b>0.77</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                  |                                |             |             |                | <b>0.74</b>  |

### **Matorral desértico micrófilo**

Para el estrato arbustivo, el Índice de Shannon-Wiener fue de 1.864. Como ya se ha mencionado, según lo sugerido por Magurran (1988), estos valores son indicadores de diversidad media, ya que este autor enuncia que para el Índice de Shannon-Wiener los valores entre de 1.6 a 3.4 se consideran como diversidad media.

En cuanto al H máxima, se obtuvieron valores de 2.996. Los valores de equitatividad fueron de 0.622, lo que significa que este tipo de vegetación presenta mayor homogeneidad en cuanto a la densidad de las especies.

Tabla IV.26. Índice de Shannon-Wiener para los arbustos

| Matorral Desértico Micrófilo                     |                                |             |            |         |               |
|--|--------------------------------|-------------|------------|---------|---------------|
| Nombre común                                     | Nombre científico              | Densidad/ha | p(i) = n/N | LN p(i) | p(i)*LN p(i)  |
| Vinorama   | <i>Acacia constricta</i>       | 33          | 0.005      | -5.382  | -0.025        |
| Vinorama   | <i>Acacia farnesiana</i>       | 167         | 0.023      | -3.773  | -0.087        |
| Uña de gato                                      | <i>Acacia greggii</i>          | 350         | 0.048      | -3.031  | -0.146        |
| Piojito  | <i>Caesalpinia pumila</i>      | 117         | 0.016      | -4.129  | -0.066        |
| Vara prieta                                      | <i>Cardia parvifolia</i>       | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Garambullo                                       | <i>Celtis pallida</i>          | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Bachata  | <i>Condalia globosa</i>        | 933         | 0.129      | -2.050  | -0.264        |
| Zamota   | <i>Coursetia glandulosa</i>    | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Malvilla   | <i>Desmanthus subulatus</i>    | 500         | 0.069      | -2.674  | -0.184        |
| Rama blanca                                      | <i>Encelia farinosa</i>        | 50          | 0.007      | -4.977  | -0.034        |
| Güereque   | <i>Ibervillea sonorae</i>      | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Falso torote                                     | <i>Jatropha acuneata</i>       | 100         | 0.014      | -4.284  | -0.059        |
| Sangregado                                       | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 200         | 0.028      | -3.590  | -0.099        |
| Chuparrosa                                       | <i>Justicia californica</i>    | 3217        | 0.444      | -0.813  | -0.361        |
| Cacachila  | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Cósahui  | <i>Krameria parvifolia</i>     | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Tomatillo  | <i>Lycium andersonii</i>       | 33          | 0.005      | -5.382  | -0.025        |
| Tomatillo  | <i>Lycium berlandieri</i>      | 1167        | 0.161      | -1.827  | -0.294        |
| Gatuño   | <i>Mimosa biuncifera</i>       | 17          | 0.002      | -6.075  | -0.014        |
| Papache  | <i>Randia thurberi</i>         | 267         | 0.037      | -3.303  | -0.121        |
|  |                                | <b>7250</b> | <b>1</b>   |         | <b>-1.864</b> |
| <b>I. Shannon H =</b>                            |                                |             |            |         | <b>1.864</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                                |             |            |         | <b>2.996</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                                |             |            |         | <b>0.622</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                                |             |            |         | <b>1.132</b>  |

### Cactáceas

#### **Matorral subtropical**

La familia de las cactáceas está representada por 7 especies y un índice de 1.86. Para la familia de las cactáceas se tiene un valor considerado como de media biodiversidad.

Tabla IV.27. Índice de Shannon-Wiener para las cactáceas

| ID   | Nombre común | Nombre científico             | n         | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|--------------|-------------------------------|-----------|-------------|---------------|--------------|
| 1  | Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>         | 1         | 0.07        | -2.71         | -0.18        |
| 2  | Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>           | 3         | 0.13        | -2.01         | -0.27        |
| 3  | Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i>   | 4         | 0.20        | -1.61         | -0.32        |
| 4  | Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>     | 1         | 0.07        | -2.71         | -0.18        |
| 5  | Sibiri       | <i>Opuntia arbuscula</i>      | 4         | 0.20        | -1.61         | -0.32        |
| 6  | Tazajillo    | <i>Opuntia leptocaulis</i>    | 4         | 0.20        | -1.61         | -0.32        |
| 7  | Viejito      | <i>Mammillaria microcarpa</i> | 3         | 0.13        | -2.01         | -0.27        |
| <b>7</b>   |              |                               | <b>19</b> | <b>1.00</b> | <b>-14.27</b> | <b>-1.86</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |              |                               |           |             |               | <b>1.86</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |              |                               |           |             |               | <b>1.95</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |              |                               |           |             |               | <b>0.96</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |              |                               |           |             |               | <b>0.08</b>  |

**Matorral desértico micrófilo**

La familia de las cactáceas está representada por 5 especies y un índice de 0.825. Para la familia de las cactáceas se tiene un valor considerado como de baja biodiversidad.

Tabla IV.28. Índice de Shannon-Wiener para las cactáceas

| Matorral Desértico Micrófilo                     |                             |             |            |         |               |
|--|-----------------------------|-------------|------------|---------|---------------|
| Nombre común                                     | Nombre científico           | Densidad/ha | p(i) = n/N | LN p(i) | p(i)*LN p(i)  |
| Pitahaya   | <i>Stenocereus thurberi</i> | 3           | 0.074      | -2.603  | -0.193        |
| Tazajillo  | <i>Opuntia leptocaulis</i>  | 35          | 0.778      | -0.251  | -0.195        |
| Sina   | <i>Lophocereus schottii</i> | 2           | 0.037      | -3.296  | -0.122        |
| Choya güera                                      | <i>Opuntia bigelovii</i>    | 2           | 0.037      | -3.296  | -0.122        |
| Sibiri   | <i>Opuntia arbuscula</i>    | 3           | 0.074      | -2.603  | -0.193        |
|  |                             | <b>45</b>   | <b>1</b>   |         | <b>-0.825</b> |
| <b>I. Shannon H =</b>                            |                             |             |            |         | <b>0.825</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                             |             |            |         | <b>1.609</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                             |             |            |         | <b>0.513</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                             |             |            |         | <b>0.784</b>  |

**Estrato herbáceo**
**Matorral subtropical**

En el estrato herbáceo por su parte se calculó un valor de 1.54 y cuenta con 6 de especies.

Tabla IV.29. Índice de Shannon-Wiener para el estrato herbáceo

| ID   | Nombre común         | Nombre científico               | n            | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|----------------------|---------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| 1  | Espuelita            | <i>Euphorbia florida</i>        | 3500         | 0.14        | -1.99         | -0.27        |
| 2  | Mal de ojo           | <i>Kallstroemia grandiflora</i> | 1625         | 0.06        | -2.75         | -0.18        |
| 3  | Zacate tres barbas   | <i>Aristida ternipes</i>        | 7500         | 0.29        | -1.22         | -0.36        |
| 4  | Zacate aceitilla     | <i>Bidens odorata</i>           | 6375         | 0.25        | -1.39         | -0.35        |
| 5  | Zacate buffel        | <i>Pennisetum ciliare</i>       | 250          | 0.01        | -4.62         | -0.05        |
| 6  | Zacate cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i>  | 6250         | 0.25        | -1.41         | -0.34        |
| <b>6</b>   |                      |                                 | <b>25500</b> | <b>1.00</b> | <b>-13.38</b> | <b>-1.54</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                      |                                 |              |             |               | <b>1.54</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                      |                                 |              |             |               | <b>1.79</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                      |                                 |              |             |               | <b>0.86</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                      |                                 |              |             |               | <b>0.25</b>  |

Con la información antes presentada se puede concluir que el Matorral subtropical que es la comunidad vegetal presente en el área del proyecto se puede definir como una comunidad vegetal compuesta por **47 especies** en total y conformada principalmente por la asociación de: *Olneya tesota - Cercidium praecox - Cercidium microphyllum* en el estrato arbóreo, *Acacia greggii, Jatropha cardiophylla y ConDALIA globosa* en el estrato arbustivo,

*Opuntia arbuscula* – *Stenocereus thurberi* – *Opuntia leptocaulis* por parte de las cactáceas y *Pennisetum ciliare* - *Bidens odorata* - *Aristida ternipes* en el estrato herbáceo.

**Matorral desértico micrófilo**

En el estrato herbáceo por su parte se calculó un valor de 0.874 y cuenta con 3 de especies.

Tabla IV.30. Índice de Shannon-Wiener para el estrato herbáceo

| Matorral Desértico Micrófilo                     |                           |             |             |          |               |
|--|---------------------------|-------------|-------------|----------|---------------|
| Nombre común                                     | Nombre científico         | Densidad/ha | p(i) = n/N  | LN p(i)  | p(i)*LN p(i)  |
| Zacate buffel                                    | <i>Cenchrus ciliaris</i>  | 1000        | 0.118       | -2.140   | -0.252        |
| Zacate navajita                                  | <i>Bouteloua gracilis</i> | 2000        | 0.235       | -1.447   | -0.340        |
| Zacate aceitilla                                 | <i>Bidens odorata</i>     | 5500        | 0.647       | -0.435   | -0.282        |
|  |                           |             | <b>8500</b> | <b>1</b> | <b>-0.874</b> |
| <b>I. Shannon H=</b>                             |                           |             |             |          | <b>0.874</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                           |             |             |          | <b>1.099</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                           |             |             |          | <b>0.795</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                           |             |             |          | <b>0.225</b>  |

**Área del proyecto**

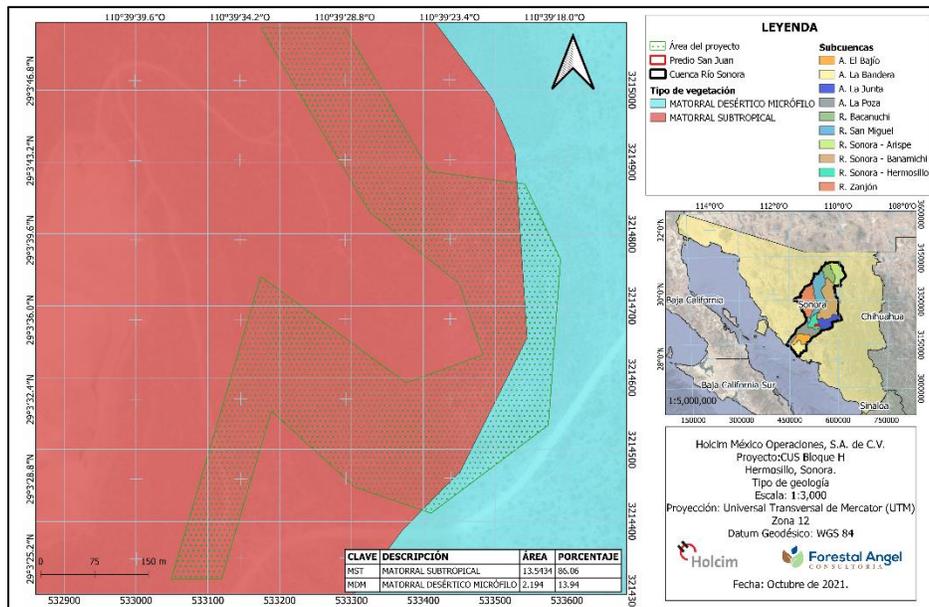


Figura IV.21. Tipo de vegetación en el área del proyecto.

En el 86.06% de la superficie del proyecto se encuentra Matorral Subtropical. Esta comunidad vegetal está formada por arbustos o árboles bajos, inermes o espinosos que se desarrolla en una amplia zona de transición ecológica entre la Selva Baja Caducifolia , los matorrales de zonas áridas y semiáridas y pastizales, ocasionalmente con los bosques templados (de encino o pino - encino) principalmente del noroeste del país y las partes altas

de los cañones de la Sierra Madre Occidental Se caracteriza por presentar 2 o 3 estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, el estrato más importante es el arbustivo, que presenta alturas características entre 2 y 4 metros sus copas cubren el 60% de la superficie. Su distribución se ubica principalmente en noroccidente, particularmente en el estado de Sonora. Se desarrolla en climas (A)C(w0) (w) que pertenecen al grupo de climas templados y al subgrupo de los semicálidos con temperatura media anual entre 18 y 22°C es el más húmedo de los semicálidos con lluvias en verano y con menos de 5% de lluvia invernal, la precipitación media anual fluctúa entre los 350 y 1000 mm.

En el 13.94% se encuentra el tipo de vegetación Matorral desértico micrófilo La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100 mm anuales, la vegetación llega a cubrir solo el 3% de la superficie, mientras que en sitios con climas menos desfavorables la cobertura puede alcanzar 20%; la altura varía de 0.5 a 1.5 m. Larrea y Ambrosia constituyen del 90 a 100% de la vegetación en áreas de escaso relieve, pero a lo largo de las vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado aparecen arbustos con especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Condalia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia*, *Chilopsis*, etcétera. En el desierto sonorense, Larrea se extiende hasta la localidad de Guaymas, donde llega a formar manchones de matorral puro o casi puro.

### **Caracterización de la vegetación**

#### **Metodología de muestreo**

Los sitios fueron de forma circular con 17.84 m de radio 1,000 m<sup>2</sup>. En campo el muestreo fue estratificado, registrando las especies arbóreas y cactáceas en una superficie de 1000 m<sup>2</sup>, las arbustivas en 100m<sup>2</sup> y las especies herbáceas en un radio de 1 m<sup>2</sup>. Los parámetros utilizados fueron el número de individuos por especie, el diámetro de la cobertura del dosel y el estrato al que corresponde cada individuo.

Para determinar el número de sitios de muestreo se utilizó el modelo matemático establecido en la Evaluación de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Jiménez, 2000), así como en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Este método requiere de realizar un estudio piloto, esto con el fin de conocer la variabilidad de los parámetros a medir en el área de estudio. El parámetro utilizado para determinar el coeficiente de variación con base al estudio piloto fue el número de especies por sitio de muestreo. En este caso, se utilizaron 2 sitios de muestreo para la vegetación de MDM y 3 MST.

El modelo para determinar el número de muestras es el siguiente:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

**n** = número de unidades de muestreo

**E** = error con el que se requiere obtener los valores de un determinado parámetro (%). En bien en Mostacedo y Fredericksen (2000) se hace referencia a que generalmente se utiliza un error del 20%.

**t** = valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student de dos colas, generalmente se utiliza  $t_{0.05}$ .

**CV** = coeficiente de variación (%). Se refiere a la desviación estándar de los datos con respecto a la media de la población, en este caso se obtiene de los sitios piloto que se utilizaron para cada tipo de vegetación. La fórmula para el coeficiente de variación es:

$$CV = s * 100 / \bar{x}$$

Donde **s** = a la desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  = El promedio de la muestra, en este caso del número de especies por sitio

**N** = total de unidades de muestreo. Se refiere a la cantidad de unidades de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> que podrían ser contenidos en el área total de interés. Este valor es obtenido dividiendo la superficie total del área cubierta por el tipo de vegetación Matorral desértico micrófilo y el de Matorral subtropical entre el área de cada unidad de muestreo.

### *Matorral subtropical*

Tabla IV.31. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación           | Sitio       | No. especies | X      | Y       |
|----------------------|-------------|--------------|--------|---------|
| Matorral subtropical | 1           | 13           | 533174 | 3214596 |
|                      | 2           | 12           | 533442 | 3214551 |
|                      | 3           | 11           | 533346 | 3214903 |
|                      | <b>Desv</b> | <b>1.0</b>   |        |         |
|                      | <b>CV</b>   | <b>8.33</b>  |        |         |

Para el presente proyecto los valores considerados fueron:

Tamaño de la unidad de muestra = 1000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 135,434 m<sup>2</sup>

**N** = 135,434/1000 = 135.343 unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

E = 20%

CV = 8.33%

t = 4.30 (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 2 grados de libertad, por los 3 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{4.30^2 \times 8.33^2}{20^2 + \frac{4.30^2 \times 8.33^2}{135.343}} = 3.14$$

n = 3.14 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 3)

Derivado del resultado anterior, se tiene que con 4 sitios de muestreo de 1000m<sup>2</sup> lo que equivale al 3.0 % de la superficie total del área sujeta a CUSTF correspondiente al Matorral subtropical.

El estudio de la vegetación ocurrió en un solo período de revisión en campo, generándose una bitácora de referencia con la ubicación geográfica, datos y fotografías del sitio. A nivel de sitio, los arreglos vegetativos se identificaron con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, principalmente en la clasificación de varios autores entre los que se incluyen: Rzedowski (1966, 1978, 1981), Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990), COTECOCA (1974), Brown (1982) y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática, lo que corresponde a la carta Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000. Es importante señalar que en zonas aledañas y dentro del área del proyecto, existe evidencia de impactos previos derivados de las actividades antropogénicas.

#### *Matorral desértico micrófilo*

Tabla IV.32. Sitios para estimar el coeficiente de variación

| Vegetación                   | Sitio | No. especies | X      | Y       |
|------------------------------|-------|--------------|--------|---------|
| Matorral desértico micrófilo | 1     | 18           | 533562 | 3214751 |
|                              | 2     | 17           | 533555 | 3214785 |
|                              | Desv  | 0.7          |        |         |
|                              | CV    | 4.04         |        |         |

Para el presente proyecto los valores considerados fueron:

Tamaño de la unidad de muestra = 1000 m<sup>2</sup>

Tamaño de la superficie a intervenir (universo) = 21,940 m<sup>2</sup>

N = 21,940/1000 = 21.94 unidades de muestreo en la superficie a intervenir.

E = 30%, en este caso, considerando la heterogeneidad espacial y temporal de los componentes biofísicos de los ecosistemas ribereños, se utilizará un error del 30%.

CV = 4.04%

t = 12.71 (para una probabilidad del 0.05%, dos colas y 1 grados de libertad, por los 2 sitios de muestreo utilizados para obtener el CV)

$$n = \frac{12.71^2 \times 4.04^2}{20^2 + \frac{12.71^2 \times 4.04^2}{21.91}} = 2.58$$

n = 2.58 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> cada uno (redondeado a 3)

Derivado del resultado anterior, se tiene que con 2 sitios de muestreo de 1000m<sup>2</sup> lo que equivale al 9.11% de la superficie total del área sujeta a CUSTF.

El estudio de la vegetación ocurrió en un solo período de revisión en campo, generándose una bitácora de referencia con la ubicación geográfica, datos y fotografías del sitio. A nivel de sitio, los arreglos vegetativos se identificaron con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, principalmente en la clasificación de varios autores entre los que se incluyen: Rzedowski (1966, 1978, 1981), Rzedowski y Reyna-Trujillo (1990), COTECOCA (1974), Brown (1982) y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática, lo que corresponde a la carta Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000. Es importante señalar que en zonas aledañas y dentro del área del proyecto, existe evidencia de impactos previos derivados de las actividades antropogénicas.

Tabla IV.33. Coordenadas de los sitios de muestro.

| Tipo de vegetación           | Sitio | X      | Y       |
|------------------------------|-------|--------|---------|
| Matorral subtropical         | 1     | 533345 | 3214508 |
|                              | 2     | 533442 | 3214551 |
|                              | 3     | 533470 | 3214769 |
|                              | 4     | 533346 | 3214903 |
| Matorral desértico micrófilo | 1     | 533562 | 3214751 |
|                              | 2     | 533555 | 3214785 |
|                              | 3     | 533543 | 3214572 |
|                              | 4     | 533560 | 3214612 |

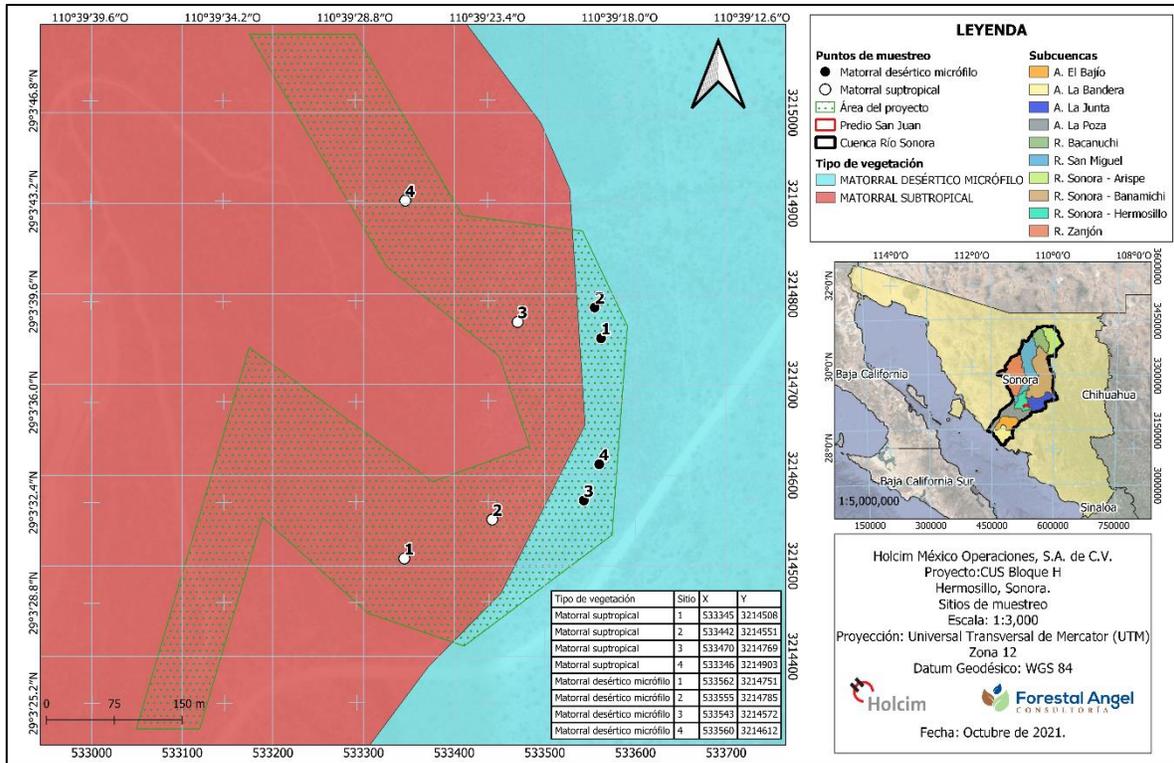


Figura IV.22. Sitios de muestreo en el área del proyecto.

### Análisis de diversidad de la vegetación

De acuerdo con la información recabada en campo se procedió a determinar el valor de importancia de las especies presentes en el sitio para cada estrato, cabe aclarar que la vegetación que podemos encontrar en el área sujeta a CUSTF pertenece al tipo Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo.

#### Estrato arbóreo

##### *Matorral subtropical*

Tabla IV.34. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbóreo.

| Nombre común | Nombre científico             | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Guayacán     | <i>Guaiacum coulteri</i>      | 3         | 3.0                   | 1          | 16.67                   | 17.67          | 3.32                   | 23.02         |
| Mauto        | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 35        | 42.4                  | 2          | 33.33                   | 304.83         | 57.34                  | 133.10        |
| Palo verde   | <i>Cercidium microphyllum</i> | 45        | 54.5                  | 3          | 50.00                   | 209.11         | 39.34                  | 143.88        |
|              |                               | <b>83</b> | <b>100.0</b>          | <b>6</b>   | <b>100.00</b>           | <b>531.62</b>  | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 3 especies arbóreas, y de acuerdo con el muestreo el área está formada por la asociación *Cercidium microphyllum* y *Lysiloma microphyllum*, las cuales cuentan con una densidad de 54 y 35 ind/ha respectivamente,

mientras que su cobertura es de 209.11 y 304.83 m<sup>2</sup>/ha en el mismo orden mencionado anteriormente. El índice de valor de importancia nos indica que *Cercidium microphyllum* y *Lysiloma microphyllum* son las especies que mejor representan el estrato arbóreo. Por el contrario, *Guaiaacum coulteri* es la especie que tienen un menor índice de valor de importancia.

Es importante mencionar que la especie *Guaiaacum coulteri*, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “amenazada”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia.

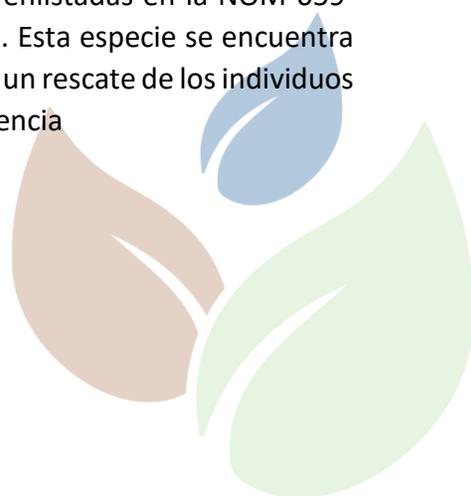
### **Matorral desértico micrófilo**

Tabla IV.35. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbóreo.

| Nombre común  | Nombre científico             | Densidad   | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha  | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|---------------|-------------------------------|------------|-----------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| Guayacán      | <i>Guaiaacum coulteri</i>     | 8          | 3.53                  | 2          | 14.29                   | 12.59           | 1.16                   | 18.98         |
| Mauto         | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 130        | 61.18                 | 2          | 14.29                   | 792.70          | 73.11                  | 148.57        |
| Ocotillo      | <i>Fouquieria macdougalii</i> | 3          | 1.18                  | 1          | 7.14                    | 7.85            | 0.72                   | 9.04          |
| Palo fierro   | <i>Olneya tesota</i>          | 10         | 4.71                  | 2          | 14.29                   | 56.43           | 5.20                   | 24.20         |
| Palo zorrillo | <i>Senna atomaria</i>         | 40         | 18.82                 | 4          | 28.57                   | 121.52          | 11.21                  | 58.60         |
| Torote blanco | <i>Bursera microphylla</i>    | 23         | 10.59                 | 3          | 21.43                   | 93.21           | 8.60                   | 40.61         |
|               |                               | <b>213</b> | <b>100.00</b>         | <b>14</b>  | <b>100.00</b>           | <b>1,084.30</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 6 especies arbóreas. La especie con mayor densidad fue *L. microphyllum* 130 ind/ha y también es la especie que obtuvo un valor más alto de IVI. En cuanto a densidad, la especie con en segundo lugar es *S. atomaria* con 40 ind/ ha y un valor de IVI de 58.60. En tercer lugar, se encuentra *B. microphylla* con una estación de densidad de 23 ind/ha y un valor de IVI de 40.61.

Es importante mencionar que la especie *Olneya tesota*, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “sujeta a protección especial”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia



**Estrato arbustivo**

***Matorral subtropical***

Tabla IV.36. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbustivo.

| Nombre común   | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|----------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Gatuño         | <i>Acacia greggii</i>          | 100         | 8.77                  | 3          | 11.54                   | 109.96         | 4.15                   | 24.46         |
| Ocotillo macho | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 23          | 1.97                  | 2          | 7.69                    | 30.42          | 1.15                   | 10.81         |
| Orégano        | <i>Lippia palmeri</i>          | 425         | 37.28                 | 1          | 3.85                    | 267.04         | 10.08                  | 51.20         |
| Palo zorrillo  | <i>Senna atomaria</i>          | 68          | 5.92                  | 4          | 15.38                   | 155.51         | 5.87                   | 27.17         |
| Salicieso      | <i>Lycium andersonii</i>       | 75          | 6.58                  | 1          | 3.85                    | 47.12          | 1.78                   | 12.20         |
| Torote blanco  | <i>Bursera microphylla</i>     | 68          | 5.92                  | 4          | 15.38                   | 192.03         | 7.25                   | 28.55         |
| Torote prieto  | <i>Bursera laxiflora</i>       | 245         | 21.49                 | 4          | 15.38                   | 889.04         | 33.54                  | 70.42         |
| Torote verde   | <i>Bursera lancifolia</i>      | 48          | 4.17                  | 3          | 11.54                   | 393.85         | 14.86                  | 30.56         |
| Vara blanca    | <i>Croton sonorae</i>          | 90          | 7.89                  | 4          | 15.38                   | 565.49         | 21.34                  | 44.61         |
|                |                                | <b>1140</b> | <b>100.00</b>         | <b>26</b>  | <b>100.00</b>           | <b>2650.45</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

Para el estrato arbustivo en el área del CUSTF se encontraron 9 especies, entre estas las de mayor densidad fueron: *Lippia palmeri*, *Bursera laxiflora* y *Acacia greggii* con 425, 245 y 245 ind/ha respectivamente. Las especies arbustivas con valores de IVI más altos y por lo tanto más representativas son *B. laxiflora*, *L. palmeri* y *C. sonorae* con valores de 70.42%, 51.20% y 44.61%.

Por otro lado, las especies con menos valores de densidad fueron: *Fouquieria macdougalli* y *Bursera lancifolia*, con 23 y 48 ind/ha. Las especies con cobertura más bajas fueron *Fouquieria macdougalli* y *Lycium andersonii*. En general las especies que caracterizan el estrato arbustivo en el sitio se encuentran bien representadas en la microcuenca, y es de destacar que no se encuentran especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

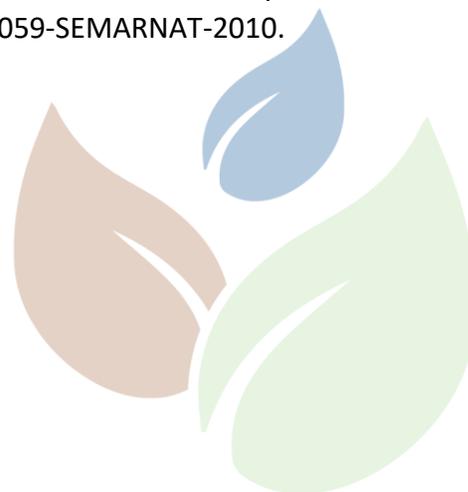


Tabla IV.37. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato arbustivo.

| Nombre común  | Nombre científico              | Densidad    | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|---------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Adelia        | <i>Adelia sp.</i>              | 3           | 0.11                  | 1          | 4.35                    | 4.91           | 0.23                   | 4.69          |
| Agave         | <i>Agave angustifolia</i>      | 125         | 5.43                  | 1          | 4.35                    | 283.73         | 13.51                  | 23.29         |
| Cacahila      | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 19.64          | 0.94                   | 6.37          |
| Chirahui      | <i>Acacia cochliacantha</i>    | 100         | 4.35                  | 2          | 8.70                    | 75.79          | 3.61                   | 16.65         |
| Condalia      | <i>Condalia globosa</i>        | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 44.18          | 2.10                   | 7.54          |
| Gatuño        | <i>Mimosa biuncifera</i>       | 75          | 3.26                  | 1          | 4.35                    | 58.91          | 2.81                   | 10.41         |
| Orégano       | <i>Lippia palmeri</i>          | 525         | 22.83                 | 2          | 8.70                    | 275.68         | 13.13                  | 44.65         |
| Papache       | <i>Randia thurberi</i>         | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 56.75          | 2.70                   | 8.14          |
| Pintapan      | <i>Abutilon abutiloides</i>    | 100         | 4.35                  | 1          | 4.35                    | 0.20           | 0.01                   | 8.71          |
| Sangrengado   | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 25          | 1.09                  | 1          | 4.35                    | 7.07           | 0.34                   | 5.77          |
| Tomatillo     | <i>Lycium andersonii</i>       | 300         | 13.04                 | 1          | 4.35                    | 37.70          | 1.80                   | 19.19         |
| Torote prieto | <i>Bursera laxiflora</i>       | 138         | 5.98                  | 4          | 17.39                   | 398.12         | 18.96                  | 42.33         |
| Torote verde  | <i>Bursera lancifolia</i>      | 10          | 0.43                  | 2          | 8.70                    | 57.43          | 2.74                   | 11.87         |
| Uña de gato   | <i>Acacia greggii</i>          | 300         | 13.04                 | 2          | 8.70                    | 235.62         | 11.22                  | 32.96         |
| Vara blanca   | <i>Croton sonorae</i>          | 525         | 22.83                 | 2          | 8.70                    | 544.09         | 25.91                  | 57.43         |
|               |                                | <b>2300</b> | <b>100.00</b>         | <b>23</b>  | <b>100.00</b>           | <b>2099.79</b> | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

Para el estrato arbustivo en el área del CUSTF se encontraron 15 especies, entre estas las de mayor densidad fueron: *Lippia palmeri*, *Lycium andersonii* y *Acacia greggii* con 525, 300 y 300 ind/ha respectivamente. Las especies arbustivas con valores de IVI más altos y por lo tanto más representativas son *C. sonorae*, *L. palmeri* y *B. laxiflora* con valores de 57.43%, 44.65 y 42.33%.

Por otro lado, las especies con menos valores de densidad fueron: *Adelia sp.* y *B. lanciflora*, con 3 y 10 ind/ha. En general las especies que caracterizan el estrato arbustivo en el sitio se encuentran bien representadas en la microcuenca, y es de destacar que no se encuentran especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Cactáceas**
**Matorral subtropical**

Tabla IV.38. Análisis de diversidad de la vegetación para cactáceas.

| Nombre común | Nombre científico             | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Cabeza viejo | <i>Mammillaria microcarpa</i> | 8         | 10.34                 | 2          | 20.00                   | 49.13          | 29.61                  | 59.95         |
| Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>         | 35        | 48.28                 | 3          | 30.00                   | 54.00          | 32.54                  | 110.82        |
| Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>           | 3         | 3.45                  | 1          | 10.00                   | 0.49           | 0.30                   | 13.74         |
| Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i>   | 8         | 10.34                 | 2          | 20.00                   | 1.47           | 0.88                   | 31.23         |
| Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>     | 20        | 27.59                 | 2          | 20.00                   | 60.85          | 36.67                  | 84.26         |
|              |                               | <b>73</b> | <b>100</b>            | <b>10</b>  | <b>100.00</b>           | <b>165.93</b>  | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En el estrato de las cactáceas se encontraron 5 especies, de las cuales *Opuntia cholla* y *Carnegiea gigantea* fueron las que obtuvieron mayor densidad y cobertura, por lo tanto, se ubican también con el mayor índice de valor de importancia. La especie *Carnegiea gigantea* se encuentra dentro de la categoría de Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra representada en la microcuenca y se propone el rescate de los individuos.

**Matorral desértico micrófilo**

Tabla IV.39. Análisis de diversidad de la vegetación para cactáceas.

| Nombre común | Nombre científico           | Densidad  | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI           |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|
| Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>       | 5         | 22.22                 | 1          | 14.29                   | 6.25           | 37.15                  | 73.66         |
| Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>         | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 2.50           | 14.86                  | 40.26         |
| Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i> | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 0.20           | 1.19                   | 26.59         |
| Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>   | 5         | 22.22                 | 2          | 28.57                   | 1.88           | 11.14                  | 61.94         |
| Sibiri       | <i>Opuntia arbuscula</i>    | 3         | 11.11                 | 1          | 14.29                   | 4.25           | 25.26                  | 50.66         |
| Tasajillo    | <i>Opuntia leptocaulis</i>  | 5         | 22.22                 | 1          | 14.29                   | 1.75           | 10.40                  | 46.91         |
|              |                             | <b>23</b> | <b>100</b>            | <b>7</b>   | <b>100.00</b>           | <b>16.83</b>   | <b>100.00</b>          | <b>300.00</b> |

En el estrato de las cactáceas se encontraron 6 especies, de las cuales *Opuntia cholla*, *Carnegiea gigantea* y *Opuntia leptocaulis* fueron las que obtuvieron mayor densidad. Las especies con mayor valor de IVI son *Opuntia cholla*, *Carnegiea gigantea* y *Opuntia arbuscula*. La especie *Carnegiea gigantea* se encuentra dentro de la categoría de Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra representada en la microcuenca y se propone el rescate de los individuos.

**Herbáceas**
***Matorral subtropical***

Tabla IV.40. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato herbáceo.

| Nombre común     | Nombre científico              | Densidad     | Densidad relativa (%) | Frecuencia    | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|---------------|-------------------------|----------------|------------------------|------------|
| Cola de zorro    | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 2500         | 25.0                  | 1             | 25.00                   | 1963.50        | 96.62                  | 146.62     |
| Espuelita        | <i>Euphorbia florida</i>       | 5000         | 50.0                  | 2             | 50.00                   | 24.54          | 1.21                   | 101.21     |
| Zacate aceitilla | <i>Bidens odorata</i>          | 2500         | 25.0                  | 1             | 25.00                   | 44.18          | 2.17                   | 52.17      |
|                  |                                | <b>10000</b> | <b>100</b>            | <b>4.0000</b> | <b>100</b>              | <b>2032.22</b> | <b>100</b>             | <b>300</b> |

El estrato de las herbáceas se encuentra conformado de 3 especies, siendo la de mayor representación *Polypogon monspeliensis* adquiriendo el 146.62% del valor de IVI.

***Matorral desértico micrófilo***

Tabla IV.41. Análisis de diversidad de la vegetación para el estrato herbáceo.

| Nombre común  | Nombre científico              | Densidad     | Densidad relativa (%) | Frecuencia | Frecuencia relativa (%) | Cobertura / ha | Cobertura relativa (%) | IVI        |
|---------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|------------|-------------------------|----------------|------------------------|------------|
| Cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 17500        | 100                   | 2          | 100                     | 36.13          | 100                    | 300        |
|               |                                | <b>17500</b> | <b>100</b>            | <b>2</b>   | <b>100</b>              | <b>36.13</b>   | <b>100</b>             | <b>300</b> |

El estrato de las herbáceas se encuentra conformado solamente por una especie, por lo que la *Polypogon monspeliensis* adquiere el 300% del valor del IVI.

**Índice de biodiversidad por estrato para el área sujeta a cambio de uso de suelo**

El índice de biodiversidad empleado para establecer la diversidad florística fue el Índice de Shannon-Wiener, cuyos valores inferiores a 2 son bajos y valores superiores a 3 son altos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5, y valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i (\ln p_i)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

P<sub>i</sub> = Abundancia relativa

Ln = Logaritmo natural

Con base a la estimación del índice de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvieron los siguientes resultados por estrato:



**Estrato arbóreo**
***Matorral subtropical***

Para el estrato arbóreo el índice de Shannon W. fue de 0.80, lo que sugerido por Marrugan (1988) representa una diversidad baja, al enunciar que para el índice de Shannon-Wiener valores inferiores a 2 se consideran como diversidad baja.

Por su parte el valor de equitatividad fue de 0.73, al no ser este un valor cercano a uno nos indica que el número de individuos por especie no está bien equilibrado, y se puede observar en la tabla que la especie *Guaiacum coulterii* tiene un valor de densidad bajo.

Tabla IV.42. Índice de biodiversidad para el estrato arbóreo.

| ID   | Nombre común | Nombre científico             | n         | p(i) = n/N  | LN p(i)      | p(i)*LN p(i) |
|--|--------------|-------------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| 1  | Guayacán     | <i>Guaiacum coulterii</i>     | 3         | 0.03        | -3.50        | -0.11        |
| 2  | Mauto        | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 35        | 0.42        | -0.86        | -0.36        |
| 3  | Palo verde   | <i>Cercidium microphyllum</i> | 45        | 0.55        | -0.61        | -0.33        |
| <b>3</b>   |              |                               | <b>83</b> | <b>1.00</b> | <b>-4.96</b> | <b>-0.80</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |              |                               |           |             |              | <b>0.80</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |              |                               |           |             |              | <b>1.10</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |              |                               |           |             |              | <b>0.73</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |              |                               |           |             |              | <b>0.30</b>  |

***Matorral desértico micrófilo***

Para el estrato arbóreo del MDM el índice de Shannon W. fue de 1.17, lo que sugerido por Marrugan (1988) representa una diversidad baja.

Por su parte el valor de equitatividad fue de 0.65, al no ser este un valor cercano a uno nos indica que el número de individuos por especie no está bien equilibrado, y se puede observar en la tabla que la especie *Lysiloma microphyllum* tiene un valor de densidad elevado.

Tabla IV.43. Índice de biodiversidad para el estrato arbóreo.

| ID   | Nombre común  | Nombre científico             | n          | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|---------------|-------------------------------|------------|-------------|---------------|--------------|
| 1  | Guayacán      | <i>Guaiacum coulterii</i>     | 8          | 0.04        | -3.34         | -0.12        |
| 2  | Mauto         | <i>Lysiloma microphyllum</i>  | 130        | 0.61        | -0.49         | -0.30        |
| 3  | Ocotillo      | <i>Fouquieria macdougalii</i> | 3          | 0.01        | -4.44         | -0.05        |
| 4  | Palo fierro   | <i>Olneya tesota</i>          | 10         | 0.05        | -3.06         | -0.14        |
| 5  | Palo zorrillo | <i>Senna atomaria</i>         | 40         | 0.19        | -1.67         | -0.31        |
| 6  | Torote blanco | <i>Bursera microphylla</i>    | 23         | 0.11        | -2.25         | -0.24        |
| <b>6</b>   |               |                               | <b>213</b> | <b>1.00</b> | <b>-15.25</b> | <b>-1.17</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |               |                               |            |             |               | <b>1.17</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |               |                               |            |             |               | <b>1.79</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |               |                               |            |             |               | <b>0.65</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |               |                               |            |             |               | <b>0.62</b>  |

**Estrato arbustivo**
***Matorral subtropical***

Para el estrato arbustivo se obtuvo un índice de diversidad de 1.84, lo que nos indica una diversidad baja.

La diversidad máxima calculada nos dio un valor de 2.30. También podemos observar que el índice de equitatividad nos da un valor de 0.80 donde los valores van de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

Tabla IV.44. Índice de biodiversidad para el estrato arbustivo.

| ID  | Nombre común   | Nombre científico              | n           | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|---|----------------|--------------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 1   | Gatuño         | <i>Acacia greggii</i>          | 100         | 0.09        | -2.43         | -0.21        |
| 3   | Ocotillo macho | <i>Fouquieria macdougallii</i> | 22.5        | 0.02        | -3.93         | -0.08        |
| 4   | Orégano        | <i>Lippia palmeri</i>          | 425         | 0.37        | -0.99         | -0.37        |
| 5   | Palo zorrillo  | <i>Senna atomaria</i>          | 67.5        | 0.06        | -2.83         | -0.17        |
| 6   | Saliceso       | <i>Lycium andersonii</i>       | 75          | 0.07        | -2.72         | -0.18        |
| 7   | Torote blanco  | <i>Bursera microphylla</i>     | 67.5        | 0.06        | -2.83         | -0.17        |
| 8   | Torote prieto  | <i>Bursera laxiflora</i>       | 245         | 0.21        | -1.54         | -0.33        |
| 9   | Torote verde   | <i>Bursera lancifolia</i>      | 47.5        | 0.04        | -3.18         | -0.13        |
| 10  | Vara blanca    | <i>Croton sonorae</i>          | 90          | 0.08        | -2.54         | -0.20        |
| <b>10</b>   |                |                                | <b>1140</b> | <b>1.00</b> | <b>-22.97</b> | <b>-1.84</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                                 |                |                                |             |             |               | <b>1.84</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H'</b><br>max = |                |                                |             |             |               | <b>2.30</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>                 |                |                                |             |             |               | <b>0.80</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                         |                |                                |             |             |               | <b>0.47</b>  |

***Matorral desértico micrófilo***

Para el estrato arbustivo se obtuvo un índice de diversidad de 2.14, lo que nos indica una diversidad mediana.

La diversidad máxima calculada nos dio un valor de 2.77. También podemos observar que el índice de equitatividad nos da un valor de 0.77 donde los valores van de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

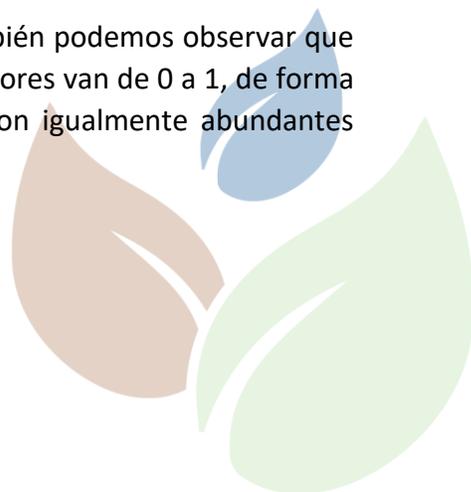


Tabla IV.45. Índice de biodiversidad para el estrato arbustivo.

| ID   | Nombre común  | Nombre científico              | n           | p(i) = n/N  | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 1  | Adelia        | <i>Adelia sp.</i>              | 3           | 0.00        | -6.82         | -0.01        |
| 2  | Agave         | <i>Agave angustifolia</i>      | 125         | 0.05        | -2.91         | -0.16        |
| 3  | Cacahila      | <i>Karwinskia humboldtiana</i> | 25          | 0.01        | -4.52         | -0.05        |
| 4  | Chirahui      | <i>Acacia cochliacantha</i>    | 100         | 0.04        | -3.14         | -0.14        |
| 5  | Condalia      | <i>Condalia globosa</i>        | 25          | 0.01        | -4.52         | -0.05        |
| 6  | Gatuño        | <i>Mimosa biuncifera</i>       | 75          | 0.03        | -3.42         | -0.11        |
| 7  | Orégano       | <i>Lippia palmeri</i>          | 525         | 0.23        | -1.48         | -0.34        |
| 8  | Papache       | <i>Randia thurberi</i>         | 25          | 0.01        | -4.52         | -0.05        |
| 9  | Pintapan      | <i>Abutilon abutiloides</i>    | 100         | 0.04        | -3.14         | -0.14        |
| 11   | Sangregado    | <i>Jatropha cardiophylla</i>   | 25          | 0.01        | -4.52         | -0.05        |
| 12   | Tomatillo     | <i>Lycium andersonii</i>       | 300         | 0.13        | -2.04         | -0.27        |
| 13   | Torote prieto | <i>Bursera laxiflora</i>       | 138         | 0.06        | -2.82         | -0.17        |
| 14   | Torote verde  | <i>Bursera lancifolia</i>      | 10          | 0.00        | -5.44         | -0.02        |
| 15   | uña de gato   | <i>Acacia greggii</i>          | 300         | 0.13        | -2.04         | -0.27        |
| 16   | Vara blanca   | <i>Croton sonora</i>           | 525         | 0.23        | -1.48         | -0.34        |
| <b>16</b>  |               |                                | <b>2300</b> | <b>1.00</b> | <b>-52.80</b> | <b>-2.14</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |               |                                |             |             |               | <b>2.14</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |               |                                |             |             |               | <b>2.77</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |               |                                |             |             |               | <b>0.77</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |               |                                |             |             |               | <b>0.63</b>  |

## Cactáceas

### *Matorral subtropical*

Para el estrato arbustivo se obtuvo un índice de diversidad de 1.29, lo que nos indica una diversidad baja. La diversidad máxima calculada nos dio un valor de 1.61. También podemos observar que el índice de equitatividad nos da un valor de 0.80, donde los valores van de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

Tabla IV.46. Índice de biodiversidad para cactáceas.

| ID   | Nombre común | Nombre científico             | n         | p(i) = n/N  | LN p(i)      | p(i)*LN p(i) |
|--|--------------|-------------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| 1  | Cabeza viejo | <i>Mammillaria microcarpa</i> | 8         | 0.10        | -2.27        | -0.23        |
| 2  | Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>         | 35        | 0.48        | -0.73        | -0.35        |
| 3  | Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>           | 3         | 0.03        | -3.37        | -0.12        |
| 4  | Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i>   | 8         | 0.10        | -2.27        | -0.23        |
| 5  | Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>     | 20        | 0.28        | -1.29        | -0.36        |
| <b>5</b>   |              |                               | <b>73</b> | <b>1.00</b> | <b>-9.92</b> | <b>-1.29</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |              |                               |           |             |              | <b>1.29</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |              |                               |           |             |              | <b>1.61</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |              |                               |           |             |              | <b>0.80</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |              |                               |           |             |              | <b>0.32</b>  |

### **Matorral desértico micrófilo**

Para el estrato arbustivo se obtuvo un índice de diversidad de 1.74, lo que nos indica una diversidad baja. La diversidad máxima calculada nos dio un valor de 1.79. También podemos observar que el índice de equitatividad nos da un valor de 0.97, donde los valores van de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

Tabla IV.47. Índice de biodiversidad para cactáceas.

| ID   | Nombre común | Nombre científico           | n         | p(i) = n/N | LN p(i)       | p(i)*LN p(i) |
|--|--------------|-----------------------------|-----------|------------|---------------|--------------|
| 1  | Choya choya  | <i>Opuntia cholla</i>       | 5         | 0.22       | -1.50         | -0.33        |
| 2  | Nopal        | <i>Opuntia spp.</i>         | 3         | 0.11       | -2.20         | -0.24        |
| 3  | Pitahaya     | <i>Stenocereus thurberi</i> | 3         | 0.11       | -2.20         | -0.24        |
| 4  | Sahuaro      | <i>Carnegiea gigantea</i>   | 5         | 0.22       | -1.50         | -0.33        |
| 5  | Sibiri       | <i>Opuntia arbuscula</i>    | 3         | 0.11       | -2.20         | -0.24        |
| 6  | Tasajillo    | <i>Opuntia leptocaulis</i>  | 5         | 0.22       | -1.50         | -0.33        |
| <b>6</b>   |              |                             | <b>23</b> | <b>1</b>   | <b>-11.10</b> | <b>-1.74</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |              |                             |           |            |               | <b>1.74</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |              |                             |           |            |               | <b>1.79</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |              |                             |           |            |               | <b>0.97</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |              |                             |           |            |               | <b>0.06</b>  |

### **Herbáceas**

#### **Matorral subtropical**

Tabla IV.48. Índice de biodiversidad para el estrato herbáceo.

| ID   | Nombre común         | Nombre científico              | n            | p(i) = n/N  | LN p(i)      | p(i)*LN p(i) |
|--|----------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1  | Golondrina           | <i>Euphorbia nutans</i>        | 2500         | 0.25        | -1.39        | -0.35        |
| 2  | Zacate tres barbas   | <i>Aristida ternipes</i>       | 5000         | 0.50        | -0.69        | -0.35        |
| 3  | Zacate cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 2500         | 0.25        | -1.39        | -0.35        |
| <b>3</b>   |                      |                                | <b>10000</b> | <b>1.00</b> | <b>-3.47</b> | <b>-1.04</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                      |                                |              |             |              | <b>1.04</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                      |                                |              |             |              | <b>1.39</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                      |                                |              |             |              | <b>0.95</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                      |                      |                                |              |             |              | <b>0.06</b>  |

El valor del índice de Shannon para este estrato fue de 1.04, y una equitatividad de 0.75, lo que nos indica una diversidad baja y aunque dos especies presentan una estimación de densidad igual, se puede observar que *A. ternipes* presenta una densidad más elevada.

#### **Matorral desértico micrófilo**

Al solamente contar con la presencia de una especie los sitios de muestreo, la biodiversidad es nula por lo que los valores son 0.

Tabla IV.49. Índice de biodiversidad para el estrato herbáceo.

| ID   | Nombre común  | Nombre científico              | n     | p(i) = n/N | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
|--|---------------|--------------------------------|-------|------------|---------|--------------|
| 1  | Cola de zorro | <i>Polypogon monspeliensis</i> | 17500 | 1.00       | 0.00    | 0.00         |
| 1  |               |                                | 17500 | 1.00       | 0.00    | 0.00         |
| <b>I. Shannon H</b>                                  |               |                                |       |            |         | <b>0.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema<br/>H' max =</b> |               |                                |       |            |         | <b>0.00</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>                  |               |                                |       |            |         | <b>0.00</b>  |
| <b>Hmax - H calculada =</b>                          |               |                                |       |            |         | <b>0.00</b>  |

A manera de resumen podemos concluir que el estrato más diversidad dentro del área sujeta a CUSTF es el estrato arbustivo que se encuentra conformado por 10 especies, en el MST y 15 en MDM.

El estrato herbáceo fue el menos diverso en ambos tipos de vegetación, presentando 3 especies en el MST y 1 en el MDM.

## b) Fauna

### Cuenca

#### ***Matorral subtropical***

Para la estimación de índices de diversidad de especies se llevaron a cabo 8 puntos de muestreo (mismo que se utilizaron para muestreo de flora), estos fueron de forma circular y con un radio de 17.84 m, lo cual da una superficie de 1,000 m<sup>2</sup> por sitio

#### ***Matorral desértico micrófilo***

Para la estimación de índices de diversidad de especies se llevaron a cabo seis puntos de muestreo (mismo que se utilizaron para muestreo de flora), estos fueron de forma circular y con un radio de 17.84 m, lo cual da una superficie de 1,000 m<sup>2</sup> por sitio

#### ***Esfuerzo de muestreo***

El esfuerzo de muestreo viene a ser la cantidad total de unidades de muestreo desplegadas o efectuadas en un determinado hábitat, ecosistema o área de interés, y en una ubicación temporal determinada; la implementación de las unidades de muestreo tiene como finalidad establecer o conocer ciertas características de una comunidad, poblacional animal (Riqueza, abundancia, por ejemplo) y otros elementos (Magurran y Mc Gill, 2011).

#### ***Anfibios y reptiles***

Para este grupo faunístico, se procedió a utilizar el método de muestreo directo por medio de encuentro visual. Está técnica es ampliamente conocida y es citada comúnmente como VES por sus siglas en inglés *Visual Encounter Survey* (Heyer et al., 1944), y en español como

búsqueda por encuentro visual o REV (Relevamiento por encuentro visual) (Rueda et al., 2006).

Para esto se procedió a realizar una búsqueda con desplazamiento lento y constante, revisando la vegetación, piedras, y diversos materiales que sirvieran de refugio a los especímenes de interés dentro del sitio de muestreo. Estas actividades se realizaron durante el día, pues así se permite localizar a las especies durmiendo entre la vegetación (Doan, 2003; Schlüter y Pérez, 2004). Los especímenes avistados fueron identificados por el técnico especialista en fauna.

### **Aves**

Para el caso de las aves se realizó el método de muestreo por puntos. Este método resulta ser eficaz en todo tipo de terrenos y hábitats.

Para llevar a cabo este muestreo, el técnico evaluador, permaneció en un punto céntrico dentro del sitio de muestreo en donde tomó nota de todas las especies e individuos vistos y oídos con ayuda de binoculares para facilitar su identificación, en un tiempo entre 10 a 15 minutos (Ralph et al., 1997). El horario de evaluación fue durante media mañana cuando las especies se encontraban aún activas.

### **Mamíferos**

El método utilizado para este grupo en específico fue el método indirecto, a través de huellas, heces, refugios, huesos, madrigueras y otros (Wilson et al., 1996; Krebs et al., 2008), puesto que gran parte de este grupo son animales de comportamiento tímido.

Se procedió a identificar a que especies pertenecían los indicios encontrados y a ser contabilizados.



**Matorral subtropical**

Tabla IV.50. Coordenadas de los sitios de muestreo

| COORDENADAS |          |           |
|-------------|----------|-----------|
| SITIO       | X        | Y         |
| 1           | 538208.0 | 3214090.0 |
| 2           | 538247.0 | 3214018.0 |
| 3           | 538514.0 | 3214374.0 |
| 4           | 538459.0 | 3214265.0 |
| 5           | 538136.0 | 3214191.0 |
| 6           | 533913.5 | 3216069.7 |
| 7           | 533623.5 | 3215825.7 |
| 8           | 532418.1 | 3213763.1 |

Tabla IV.51. Listado de especies de fauna

| Grupo faunístico | Nombre científico            | Nombre común               | Observaciones | NOM-059-2010 | Endemismo | CITES |
|------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|--------------|-----------|-------|
| Aves             | <i>Zenaida asiatica</i>      | Paloma alas blancas        | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Zenaida macroura</i>      | Paloma huilota             | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Reptiles         | <i>Urosaurus ornatus</i>     | Lagartija (arbolera común) | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Cathartes aura</i>        | Zopilote aura              | avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Peucaea carpalis</i>      | Gorrion zacatonero         | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Cardinalis cardinalis</i> | Cardenal                   | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Zenaida macroura</i>      | Paloma huilota             | Heces         | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Mimus polyglottos</i>     | Cenzontle                  | canto         | NA           | NA        | NA    |

**Matorral desértico micrófilo**

Tabla IV.52. Coordenadas de los sitios de muestreo

| COORDENADAS |          |           |
|-------------|----------|-----------|
| SITIO       | X        | Y         |
| 1           | 538208.0 | 3214090.0 |
| 2           | 538247.0 | 3214018.0 |
| 3           | 538514.0 | 3214374.0 |
| 4           | 538459.0 | 3214265.0 |
| 5           | 538136.0 | 3214191.0 |
| 6           | 533913.5 | 3216069.7 |
| 7           | 533623.5 | 3215825.7 |
| 8           | 532418.1 | 3213763.1 |



Tabla IV.53. Listado de especies de fauna

| Grupo faunístico | Nombre científico              | Nombre común          | Observaciones | NOM-059-2010 | Endemismo | CITES |
|------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------|--------------|-----------|-------|
| Aves             | <i>Zenaida asiatica</i>        | Paloma ala blanca     | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Picoides scalaris</i>       | Carpintero mexicano   | avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Reptiles         | <i>Aspidocelis Sexlineatus</i> | Huico                 | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Zenaida Macroura</i>        | Paloma huilota        | canto         | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Peuca carpalis</i>          | Gorrión zacatonero    | Canto         | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Cardinalis sinuatus</i>     | Cardenal del desierto | Avistamiento  | NA           | NA        | NA    |
| Aves             | <i>Mimus polyglottos</i>       | Cenzontle             | canto         | NA           | NA        | NA    |

### Índice de Shannon-Wiener

El índice de biodiversidad empleado para establecer la diversidad florística fue el Índice de Shannon-Wiener, cuyos valores inferiores a 2 son bajos y valores superiores a 3 son altos. Normalmente toma valores entre 1 y 4.5, y valores por encima de 3 son típicamente interpretados como diversos.

$$H = \sum_{i=1}^S pi(\ln pi)$$

A mayor valor del índice (con un límite de 5) indica una mayor biodiversidad del ecosistema.

Para este muestreo solamente se tomó en cuenta el tipo de vegetación que será sujeto al CUSTF que es en este caso el Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo. Para esto, se utilizó la información de los sitios de muestreo que fueron ubicados en el área.



**Matorral subtropical**

Tabla IV.54. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para las especies muestreadas en la microcuencia

| MAMÍFEROS  |                       |                               |             |           |             |         |              |
|--|-----------------------|-------------------------------|-------------|-----------|-------------|---------|--------------|
| ID   | Nombre común          | Nombre científico             | Total       | Densidad  | p(i) = n/N  | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Conejo                | <i>Sylvilagus audubonii</i>   | 4           | 5         | 0.36        | -1.01   | -0.37        |
| 2  | Liebre antílope       | <i>Lepus alleni</i>           | 2           | 3         | 0.18        | -1.70   | -0.31        |
| 3  | Venado bura           | <i>Odocoileus hemionus</i>    | 1           | 1         | 0.09        | -2.40   | -0.22        |
| 4  | Venado cola blanca    | <i>Odocoileus virginianus</i> | 3           | 4         | 0.27        | -1.30   | -0.35        |
| 5  | Zorrillo              | <i>Mephitis mephitis</i>      | 1           | 1         | 0.09        | -2.40   | -0.22        |
|  |                       |                               | <b>11</b>   | <b>14</b> | <b>1.00</b> |         | <b>-1.47</b> |
| <b>I. Shannon H</b>  |                       |                               |             |           |             |         | <b>1.47</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H'</b><br><b>max =</b> |                       |                               |             |           |             |         | <b>1.61</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>                        |                       |                               |             |           |             |         | <b>0.91</b>  |
| AVES   |                       |                               |             |           |             |         |              |
| ID   | Nombre común          | Nombre científico             | Total       | Densidad  | p(i) = n/N  | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Cardenal del desierto | <i>Cardinalis sinuatus</i>    | 2           | 3         | 0.09        | -2.44   | -0.21        |
| 2  | Cardenal norteño      | <i>Cardinalis cardinalis</i>  | 6           | 8         | 0.26        | -1.34   | -0.35        |
| 3  | Carpintero mexicano   | <i>Picoides scalaris</i>      | 3           | 4         | 0.13        | -2.04   | -0.27        |
| 4  | Cenzontle             | <i>Mimus polyglotus</i>       | 4           | 5         | 0.17        | -1.75   | -0.30        |
| 5  | Codorniz de gambel    | <i>Callipepla gambelii</i>    | 2           | 3         | 0.09        | -2.44   | -0.21        |
| 6  | Cuckoo pico amarillo  | <i>Coccyzus americanus</i>    | 3           | 4         | 0.13        | -2.04   | -0.27        |
| 7  | Cuitlacoche           | <i>Toxostoma curvirostre</i>  | 4           | 5         | 0.17        | -1.75   | -0.30        |
| 8  | Gorrión zacatonero    | <i>Peuca carpalis</i>         | 8           | 10        | 0.35        | -1.06   | -0.37        |
| 9  | Halcón cola roja      | <i>Buteo jamaicensis</i>      | 1           | 1         | 0.04        | -3.14   | -0.14        |
| 10   | Paloma ala blanca     | <i>Zenaida asiatica</i>       | 7           | 9         | 0.30        | -1.19   | -0.36        |
| 11   | Paloma huilota        | <i>Zenaida macroura</i>       | 12          | 15        | 0.52        | -0.65   | -0.34        |
| 12   | Pecho amarillo        | <i>Icteria virens</i>         | 1           | 1         | 0.04        | -3.14   | -0.14        |
| 13   | Zopilote aura         | <i>Chatartes aura</i>         | 2           | 3         | 0.09        | -2.44   | -0.21        |
|  |                       |                               | <b>11</b>   | <b>29</b> | <b>2.09</b> |         | <b>-1.19</b> |
| <b>I. Shannon H</b>  |                       |                               |             |           |             |         | <b>1.19</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H'</b><br><b>max =</b> |                       |                               |             |           |             |         | <b>2.56</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>                        |                       |                               |             |           |             |         | <b>0.46</b>  |
| REPTILES   |                       |                               |             |           |             |         |              |
| ID   | Nombre común          | Nombre científico             | Total       | Densidad  | p(i) = n/N  | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Lagartija gris        | <i>Urosaurus ornatus</i>      | 1           | 1         | 1           | 0       | 0            |
|  |                       |                               | <b>1.00</b> |           |             |         | <b>0.00</b>  |
| <b>I. Shannon H</b>  |                       |                               |             |           |             |         | <b>0.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b>           |                       |                               |             |           |             |         | <b>0.00</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>                        |                       |                               |             |           |             |         | <b>0.00</b>  |

**Matorral desértico micrófilo**

 Tabla IV.55. Índice de diversidad de **Shannon-Wiener** para las especies muestreadas en la microcuencia

| MAMÍFEROS  |                        |                                 |              |             |                      |            |                |
|--|------------------------|---------------------------------|--------------|-------------|----------------------|------------|----------------|
| ID   | Nombre común           | Nombre científico               | Total        | Densidad    | $p(i) = \frac{n}{N}$ | LN $p(i)$  | $p(i)*LN p(i)$ |
| 1  | Coyote                 | <i>Canis latrans</i>            | 1            | 2           | 0.08                 | -2.56      | -0.20          |
| 2  | Liebre antílope        | <i>Lepus alleni</i>             | 12           | 20          | 0.92                 | -0.08      | -0.07          |
|  |                        |                                 | <b>13.00</b> | <b>22</b>   | <b>1.00</b>          |            | <b>-0.27</b>   |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.27</b>    |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.69</b>    |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.39</b>    |
| AVES   |                        |                                 |              |             |                      |            |                |
| ID   | Nombre común           | Nombre científico               | Total        | Densidad    | $p(i) = \frac{n}{N}$ | LN $p(i)$  | $p(i)*LN p(i)$ |
| 1  | Cardenal del desierto  | <i>Cardinalis sinuatus</i>      | 2            | 3           | 0.06                 | -2.89      | -0.16          |
| 2  | Carpintero mexicano    | <i>Picoides scalaris</i>        | 1            | 2           | 0.03                 | -3.58      | -0.10          |
| 3  | Cenzontle              | <i>Mimus polyglottos</i>        | 3            | 5           | 0.08                 | -2.48      | -0.21          |
| 4  | Cenzontle              | <i>Mimus polyglotus</i>         | 3            | 5           | 0.08                 | -2.48      | -0.21          |
| 5  | Chotacabras            | <i>Chordeiles acutipennis</i>   | 1            | 2           | 0.03                 | -3.58      | -0.10          |
| 6  | Cuclillo pico amarillo | <i>Coccyzus americanus</i>      | 5            | 8           | 0.14                 | -1.97      | -0.27          |
| 7  | Gorrión zacatonero     | <i>Peuca carpalis</i>           | 11           | 18          | 0.31                 | -1.19      | -0.36          |
| 8  | Paloma ala blanca      | <i>Zenaida asiatica</i>         | 8            | 13          | 0.22                 | -1.50      | -0.33          |
| 9  | Paloma huilota         | <i>Zenaida macroura</i>         | 2            | 3           | 0.06                 | -2.89      | -0.16          |
|  |                        |                                 | <b>36</b>    | <b>60</b>   | <b>1</b>             |            | <b>-1.91</b>   |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>1.91</b>    |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>2.20</b>    |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.87</b>    |
| REPTILES   |                        |                                 |              |             |                      |            |                |
| ID   | Nombre común           | Nombre científico               | Total        | Densidad    | $p(i) = \frac{n}{N}$ | LN $p(i)$  | $p(i)*LN p(i)$ |
| 1  | Huico                  | <i>Aspidoscelis sexlineatus</i> | 2            | 2           | 0.5                  | -0.6931472 | -0.34657359    |
| 2  | Lagartija de árbol     | <i>Urosaurus ornatus</i>        | 2            | 2           | 0.5                  | -0.6931472 | -0.34657359    |
|  |                        |                                 | <b>4.00</b>  | <b>1.00</b> |                      |            | <b>-0.69</b>   |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.69</b>    |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>0.69</b>    |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                        |                                 |              |             |                      |            | <b>1.00</b>    |

### Área del proyecto

Para la estimación de índices de diversidad de especies se llevaron a cabo 4 puntos de muestreo para el tipo de vegetación Matorral subtropical y 4 sitio para el Matorral desértico micrófilo (mismo que se utilizaron para muestreo de flora), circular con 17.84 m de diámetro dando una superficie de 1000 m<sup>2</sup>.

### Esfuerzo de muestreo

El esfuerzo de muestreo viene a ser la cantidad total de unidades de muestreo desplegadas o efectuadas en un determinado hábitat, ecosistema o área de interés, y en una ubicación temporal determinada; la implementación de las unidades de muestreo tiene como finalidad establecer o conocer ciertas características de una comunidad, poblacional animal (Riqueza, abundancia, por ejemplo) y otros elementos (Magurran y Mc Gill, 2011).

En este caso, para el proyecto que nos ocupa se realizaron un total de 4 unidades de muestreo para el tipo de vegetación Matorral subtropical y un total de 4 para el tipo de vegetación de Matorral desértico micrófilo.

Tabla IV.56. Índice de diversidad de Shannon para las especies muestreadas en el área del proyecto.

| Aves   |                     |                              |          |           |            |         |              |
|--|---------------------|------------------------------|----------|-----------|------------|---------|--------------|
| ID   | Nombre común        | Nombre científico            | Total    | Densidad  | p(i) = n/N | LN p(i) | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Cardenal            | <i>Cardinalis cardinalis</i> | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 2  | Gorrion zacatonero  | <i>Peucaea carpalis</i>      | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 3  | Paloma alas blancas | <i>Zenaida asiatica</i>      | 1        | 3         | 0.1111     | -2.197  | -0.24        |
| 4  | Paloma huilota      | <i>Zenaida macroura</i>      | 6        | 15        | 0.6667     | -0.405  | -0.27        |
|  |                     |                              | <b>9</b> | <b>23</b> |            |         | <b>-1.00</b> |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                     |                              |          |           |            |         | <b>1.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                     |                              |          |           |            |         | <b>1.39</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                     |                              |          |           |            |         | <b>0.72</b>  |

| Reptiles   |                            |                          |       |            |            |             |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------|------------|------------|-------------|--------------|
| ID   | Nombre común               | Nombre científico        | Total | Densidad   | p(i) = n/N | LN p(i)     | p(i)*LN p(i) |
| 1  | Lagartija (arbolera común) | <i>Urosaurus ornatus</i> | 1     | 2.5        | 1          | 0.00        | 0.00         |
|  |                            |                          |       | <b>2.5</b> |            | <b>0.00</b> | <b>0.00</b>  |
| <b>I. Shannon H</b>                              |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |
| <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |
| <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |                            |                          |       |            |            |             | <b>0.00</b>  |

En los sitios de muestreo no se encontraron la presencia del grupo faunístico de mamíferos y anfibios. En el grupo de aves se encontraron 4 especies diferentes y el valor de índice de diversidad de Shannon es de 1.00, en cuanto al grupo de reptiles solo se encontró una especie por lo que el valor de indie de Shannon dio 0.

Tabla IV.57. Índice de diversidad de Shannon para las especies muestreadas en el área del proyecto.

| Aves     |                       |                                |  |            |              |             |                 |
|----------|-----------------------|--------------------------------|--|------------|--------------|-------------|-----------------|
| ID       | Nombre común          | Nombre científico              | Total  | Densidad   | $p(i) = n/N$ | $\ln p(i)$  | $p(i)*\ln p(i)$ |
| 1        | Paloma ala blanca     | <i>Zenaida asiatica</i>        | 4  | 10         | 0.44         | -0.81       | -0.36           |
| 2        | Carpintero mexicano   | <i>Picoides scalaris</i>       | 1  | 3          | 0.11         | -2.20       | -0.24           |
| 3        | Cenzontle             | <i>Mimus polyglottos</i>       | 1  | 3          | 0.11         | -2.20       | -0.24           |
| 4        | Paloma huilota        | <i>Zenaida Macroura</i>        | 1  | 3          | 0.11         | -2.20       | -0.24           |
| 5        | Gorrión zacatonero    | <i>Peuca carpalis</i>          | 1  | 3          | 0.11         | -2.20       | -0.24           |
| 6        | Cardenal del desierto | <i>Cardinalis sinuatus</i>     | 1  | 3          | 0.11         | -2.20       | -0.24           |
|          |                       |                                | <b>9</b>   | <b>23</b>  |              |             | <b>-1.58</b>    |
|          |                       |                                | <b>I. Shannon H</b>                              |            |              |             | <b>1.58</b>     |
|          |                       |                                | <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |            |              |             | <b>1.79</b>     |
|          |                       |                                | <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |            |              |             | <b>0.81</b>     |
| Reptiles |                       |                                |  |            |              |             |                 |
| ID       | Nombre común          | Nombre científico              | Total  | Densidad   | $p(i) = n/N$ | $\ln p(i)$  | $p(i)*\ln p(i)$ |
| 1        | Huico                 | <i>Aspidocelis Sexlineatus</i> | 1  | 3          | 1            | 0.00        | 0.00            |
|          |                       |                                |  | <b>2.5</b> |              | <b>0.00</b> | <b>0.00</b>     |
|          |                       |                                | <b>I. Shannon H</b>                              |            |              |             | <b>0.00</b>     |
|          |                       |                                | <b>Máxima diversidad del ecosistema H' max =</b> |            |              |             | <b>0.00</b>     |
|          |                       |                                | <b>Equitatividad (J) H/H' max =</b>              |            |              |             | <b>0.00</b>     |

En los sitios de muestreo no se encontraron la presencia del grupo faunístico de mamíferos y anfibios. En el grupo de Aves se encontraron 6 especies diferentes y el valor de índice de diversidad de Shannon es de 1.58, en cuanto al grupo de reptiles solo se encontró una especie por lo que el valor de índice de Shannon dio 0.



#### **IV.2.3. Paisaje**

El área del proyecto se encuentra aledaña a la Cantera caliza de la empresa Holcim México Operaciones, S.A. de C.V., de manera que se tiene un paisaje de la cantera caliza del lado oeste y de paisaje de terreno rustico al norte, sur y este.

Se trata de una zona que conserva características naturales en su composición, tiene valor estético de nivel bajo, por lo cual no lo determina como una zona privilegiada o única visualmente.

Al no tratarse de un lugar único en la región en términos de calidad visual y aunado a una capacidad de absorción visual media, el sitio puede soportar el impacto visual de la explotación de caliza y del área de desplante para el desarrollo del proyecto.

#### **IV.2.4. Medio socioeconómico**

##### **Infraestructura social y de comunicaciones**

El predio se encuentra en el municipio de Hermosillo, Sonora. A continuación, se presentan los datos correspondientes de la localidad. La siguiente información fue tomada del Censo 2020 por INEGI.

##### **Evolución demográfica**

En el municipio de Hermosillo, la última población registrada en el año 2020 son 936 263 habitantes (62.92 hab/km<sup>2</sup>), de los cuales el 467,490 (49.9%) son hombres y 468.773 (50.1%) son mujeres. Tiene una tasa de crecimiento media anual del 2.5%. Sus principales localidades, además de la cabecera municipal son: Miguel Alemán, San Pedro el Saucito, La victoria, La manga y Bahía de Kino, donde se realizará el proyecto.

##### **Educación**

En 2020, los principales grados académicos de la población de Hermosillo fueron Secundaria (191 mil personas o 27.6% del total), Licenciatura (182 mil personas o 26.3% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (157 mil personas o 22.7% del total).

La tasa de analfabetismo de Hermosillo en 2020 fue 1.43%. Del total de población analfabeta, 51.2% correspondió a hombres y 48.8% a mujeres.

Las áreas con mayor número de hombres matriculados en licenciaturas fueron Ingeniería, manufactura y construcción (8,806), Administración y negocios (4,604) y Ciencias sociales y derecho (3,170). De manera similar, las áreas de estudio que concentraron más mujeres

matriculadas en licenciaturas fueron Administración y negocios (6,438), Ciencias de la salud (5,761) y Ciencias sociales y derecho (5,187).

En Hermosillo, las instituciones que concentraron mayor número estudiantes en 2020 fueron Universidad De Sonora (25.9 mil), Universidad Estatal De Sonora (9.69 mil) e Instituto Tecnológico De Hermosillo (5.4 mil).

El mismo año, las carreras más demandadas en Hermosillo fueron Licenciatura en derecho (3.54 mil), Licenciatura en administración de empresas (2.1 mil) y Licenciatura en enfermería (1.97 mil).

En 2020 Sonora tuvo 50k alumnos inscritos en cursos de nivel inicial de alfabetización, 131k alumnos inscritos en nivel intermedio y 156k alumnos inscritos en nivel avanzado.

En el mismo año, Sonora tuvo 1.18k alumnos que finalizaron el curso inicial de alfabetización, 3.62k alumnos alfabetizados en nivel intermedio y 3.82k alumnos que terminaron los cursos de nivel avanzado.

### **Salud**

En Hermosillo, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social) (451 mil), Otro lugar (114 mil) y Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (113mil).

En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (528 mil) y No Especificado (150 mil).

### **IV.2.5. Diagnóstico ambiental**

#### **Integración e interpretación del inventario ambiental**

Al analizar las unidades ambientales locales y su contexto regional, el predio presenta características y factores que aseguran el uso para desarrollar el proyecto, siendo:

El tipo de clima es BW(h') (x') este clima es muy seco con régimen de lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2°C, semicálido con invierno fresco. Temperatura media anual mayor a 18°C. Temperatura del mes más frío menor a 18 °C.

El terreno no se encuentra cerca de cuerpos de agua lóticos importantes, ya que los más cercanos corresponden a arroyos de comportamiento intermitente.

El tipo de suelo presente es Litosol (99.98%) y Vertisol crómico (0.02%), el primero es el tipo de suelo que se presenta en mayor parte de la cuenca con 28.88%. Vertisol crómico se encuentra en el 1.76%.

La vegetación presente en el predio es del tipo Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo, con una densidad baja y distribución heterogénea, las especies dentro del área del proyecto se encuentra representadas en la cuenca, se encontraron *Guaiaacum coulteri*, *Olneya tesota* y *Carnegiea gigantea*, especies enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se llevará a cabo un programa de rescate y reubicación de flora como medida de mitigación.

El terreno no se encuentra cerca ni dentro de un área natural protegida

El área del proyecto se encuentra cerca de la urbanización y cuenta con acceso por medio de caminos de terracería, por lo que no será necesario implementar nuevas rutas que podrían afectar áreas fuera del área del proyecto.

Los factores anteriores condujeron a la selección de la actividad económica propuesta, donde demuestra la compatibilidad de esta con su entorno.



**Síntesis del inventario**

Tabla IV.58. Síntesis del inventario.

|   |   |
|---|---|
| <b>Sistema Ambiental</b>  | Llanura Sonorense.  |
| <b>Subsistema Ambiental</b>   | Sierra y Llanuras Sonorenses.   |
| <b>Región hidrológica</b>   | Región Hidrológica 09 Sonora Sur.   |
| <b>Cuenca</b>   | Río Sonora.   |
| <b>Subcuenca</b>  | R. Sonora-Hermosillo.   |
| <b>Clima</b>  | BW(h') (x')   |
| <b>Temperatura media anual</b>                                      | Temperatura media anual mayor a 18°C  |
| <b>Precipitación</b>  | 388.1 mm.   |
| <b>Inundación</b>   | Riesgo medio.   |
| <b>Grado de interacción del proyecto con las aguas subterráneas</b> | Nula.   |
| <b>Áreas de interés</b>   | El sitio del proyecto no se encuentra en áreas naturales protegidas (ANP), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), en Regiones Terrestre Prioritarias (RTP) y Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP).  |
| <b>Flora</b>  | <p>Matorral subtropical</p> <p>En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 3 especies arbóreas, y de acuerdo con el muestreo el área está formada por la asociación <i>Cercidium microphyllum</i> y <i>Lysiloma microphyllum</i>, las cuales cuentan con una densidad de 54 y 35 ind/ha respectivamente, mientras que su cobertura es de 209.11 y 304.83 m<sup>2</sup>/ha en el mismo orden mencionado anteriormente.</p> <p>Es importante mencionar que la especie <i>Guaicum coulteri</i>, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “amenazada”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia.</p> <p>Matorral desértico micrófilo</p> <p>En los muestreos para el área del CUSTF se encontraron 6 especies arbóreas. La especie con mayor densidad fue <i>L. microphyllum</i> 130 ind/ha y también es la especie que obtuvo un valor más alto de IVI. En cuanto a densidad, la especie con en segundo lugar es <i>S. atomaria</i> con 40 ind/ ha y un valor de IVI de 58.60. En tercer lugar, se encuentra <i>B. microphylla</i> con una estación de densidad de 23 ind/ha y un valor de IVI de 40.61.</p> <p>Es importante mencionar que la especie <i>Olneya tesota</i>, están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría “sujeta a protección especial”. Esta especie se encuentra representada en la microcuenca y además se propondrá realizar un rescate de los individuos que cumplan con las características para garantizar su sobrevivencia.</p> |
| <b>Fauna</b>  | <p>En el área del proyecto no se encontraron especies de fauna que se encuentre dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2021.</p> <p>No se encontraron presencia de especies de grupo de mamíferos y anfibios.</p>  |

|                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | <p>Las especies de aves que se detectaron fueron Cardenal (<i>Cardinalis cardinalis</i>), Gorrión zacatonero (<i>Peucaea carpalis</i>), Paloma alas blancas (<i>Zenaida macroura</i>), Paloma huilota (<i>Zenaida asiatica</i>), Carpintero mexicano (<i>Picoides scalaris</i>) Cenzontle (<i>Mimus polyglottos</i>) y Cardenal del desierto (<i>Cardinalis sinuatus</i>).</p> <p>Del grupo de reptiles se encontraron especies de: Lagartija (<i>Urosaurus ornatus</i>) y Huico (<i>Aspidocelis Sexlineatus</i>).</p> |
| <b>Medio socioeconómico</b>  | El área del proyecto se encuentra en el municipio de Hermosillo, a aproximadamente 23 km de la ciudad de Hermosillo.   |
| <b>Tenencia de la tierra</b> | El predio San Juan le pertenece a la empresa Holcim México Operaciones, S.A. de C.V.   |
| <b>Aspectos culturales.</b>  | <p>El uso que se da a los recursos naturales del área del de influencia del proyecto es como sitio de agostadero de baja capacidad de carga.</p> <p>El sitio del proyecto no es un punto de reunión, recreación o de aprovechamiento colectivo.</p> <p>El sitio el proyecto no representa un patrimonio histórico.</p>   |



## **V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, los recursos forestales son la vegetación de los ecosistemas forestales, sus servicios, productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales.

Durante la realización del proyecto, las actividades pueden afectar los recursos mencionados anteriormente si no se toman las medidas pertinentes, por ejemplo, aparte de la afectación directa por la intervención sobre el suelo y la flora, la generación de residuos puede causar contaminación del suelo del sitio del proyecto o áreas aledañas. En igual sentido, la generación del ruido puede afectar la fauna del sitio. Por otro lado, factores como la generación de empleos y la contratación de servicios causan impactos favorables sobre el valor comercial del sitio. Por lo anterior, en este capítulo se describen los impactos potenciales negativos y la duración de estos, así como la metodología aplicada para esta determinación.

### **V.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales**

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales existen diferentes metodologías, las cuales son seleccionadas por el responsable técnico del proyecto, justificando su aplicación.

En esta fase es recomendable que el proceso se desarrolle en dos etapas: en la primera es importante hacer una selección adecuada de los indicadores de impacto que van a ser utilizados y en la segunda, deberá seleccionarse y justificarse la metodología de evaluación que se aplicará al proyecto o actividad en evaluación.

#### **VI.1.1. Indicadores de impacto**

Una definición genéricamente utilizada del concepto indicador establece que es “un elemento de medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio” (Ramos, 1987). Se considera a los indicadores como índices cuantitativos o cualitativos que permitan evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del establecimiento de un proyecto o del desarrollo de una actividad.

Para ser útiles, los indicadores de impacto deben cumplir, al menos, los siguientes requisitos:

- Representatividad: se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto global de la obra.
- Relevancia: la información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Excluyente: no existe una superposición entre los distintos indicadores.
- Cuantificables: medible siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- Fácil identificación: definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

Los indicadores son útiles para estimar los impactos de un terminado proyecto, puesto que permiten cuantificar y obtener una idea del orden de magnitud de las alteraciones. En ese sentido, los indicadores de impacto están vinculados a la valoración del inventario de debido a que la magnitud de los impactos ~~de~~ dependen en gran medida del valor asignado a las diferentes variables inventariadas.

Otros aspectos importantes de ellos indicadores de impacto, es que estos pueden variar según la etapa en que se encuentra el proceso de desarrollo del proyecto o actividad que se evalúa, así como cada fase del proyecto deben utilizarse indicadores propios, cuyo nivel de detalle y cuantificación irán concentrándose a medida que se desarrolla el proyecto.

#### **VI.1.2. Lista indicativa de indicadores de impacto**

La relación de indicadores, desglosada según los distintos componentes del ambiente es útil para las distintas fases de un proyecto, es tarea del responsable de la evaluación del estudio de impacto ambiental, el determinar los indicadores particulares para el proyecto que aborde, por ello, la lista siguiente no es exhaustiva sino solo indicativa.

Calidad del aire: los indicadores de este componente pueden ser distintos según se trate de actividades preoperativas, de construcción y operativas. Durante la construcción, el indicador que se puede utilizar es el número de fuentes móviles en una superficie determinada y/o la capacidad de dispersión de sus emisiones.

Ruidos y vibraciones: un posible indicador e impacto de este podrían ser las dimensiones de la superficie afectada por niveles sonoros superiores a los que marca la NOM-081-SEMARNAT-1994.

Geología y geomorfología: en la fase de estudio previo se suelen adoptar indicadores tales como el número e importancia de los puntos de interés geológico afectados, el contraste de relieve y el grado de erosión e inestabilidad de los terrenos. En la etapa de operación, además de algunos de los indicadores anteriores, los indicadores deben de tener un mayor detalle para poder identificar el grado de riesgo en el sitio seleccionado.

Hidrología superficial y/o subterránea: se pueden citar los siguientes: número de cauces interceptados diferenciado si él es tramo alto, medio o bajo del cauce. Superficie afectada

por la infraestructura en la zona de recarga de acuíferos. Alteración potencial del acuífero derivado de la operación del proyecto. Caudales afectados por cambios en la calidad de las aguas.

Suelo: los indicadores de impacto sobre el suelo deben estar ligados más a su calidad que al volumen que será removido, por lo que un indicador posible sería la superficie de suelo de distintas calidades, que se verá afectado por indicadores tales como riesgo de erosión y riesgo de contaminación de suelo.

Vegetación terrestre: los indicadores de impactos para la vegetación pueden ser muy variados algunos ejemplos son: superficie de las de las distintas formaciones vegetales afectados por las distintas obras y valoración de sus importancia, en función de diferentes escalas espaciales; número de especies protegidas o endémicas afectadas, superficie de las distintas formaciones afectadas por un aumento del riesgo de incendios, superficie de las distintas formaciones especialmente sensibles a peligros de contaminación atmosférica o hídrica.

Fauna: los indicadores pueden ser parecidos a los de vegetación, aunque debido a su movilidad, debe considerarse también el efecto barrera de la infraestructura o de las vías y comunicación internas del proyecto (en su caso). Por los anterior, los indicadores pueden ser: superficie d ocupación o de presencia potencial de las distintas comunidades faunísticas directamente afectadas y valoración de su importancia; poblaciones de especies endémicas protegidas o de interés afectadas; número e importancia de lugares especialmente sensibles, tales como zonas de reproducción, alimentación, etc.; y especies y poblaciones afectadas por el efecto barrera o por riesgo de atropellamiento.

Paisaje: posibles indicadores de este elemento serían los siguientes: número de puntos de especial interés paisajístico afectados, intervisibilidad de la infraestructura y obras anexas, superficie afectada, interacciones del movimiento de tierras prevista, así como, superficie y valoración de las diferentes unidades paisajísticas interceptadas por las obras o la explotación de bancos de préstamo.

Demografía: las alteraciones en la demografía pueden evaluarse mediante los siguientes indicadores: variaciones en la población total y relaciones de esta variación con respecto a las poblaciones locales; número de individuos ocupados en empleos generados por el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas y por los servicio conexos; número de individuos y/o construcciones afectados por distintos niveles de emisión de ruidos y/o contaminación atmosférica; impacto del proyecto en el favorecimiento de la inmigración, etc.

Factores socioculturales: se refiere al valor cultural y extensión de las zonas que pueden sufrir modificaciones en las formas de vida tradicionales; número y valor de los elementos del patrimonio histórico-artístico y cultural afectados por las obras del proyecto; intensidad de uso (veces/semana o veces/mes) que es utilizado en el predio donde se establecerá el

proyecto por las comunidades vecinadas como áreas de esparcimiento, reunión o de otro tipo.

Sector primario: algunos indicadores de las alteraciones en este sector podrían ser: porcentaje de la superficie de los terrenos que cambiará su uso de suelo (agrícola, ganadero o forestal); variación de la productividad y de la calidad de la producción derivada del establecimiento del proyecto; limitaciones a actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias del establecimiento del proyecto; variación del valor del suelo en las zonas aledañas al sitio donde se establecerá el proyecto.

Sector secundario: algunos indicadores de este sector pueden ser: número de trabajadores en la obra demanda y tipo de servicios de parte de los trabajadores incorporados a cada una de las etapas del proyecto; incremento en la actividad comercial de las comunidades vecinas como consecuencia del desarrollo del proyecto.

### **V.1.3. Criterios y metodología de evaluación**

Los criterios y métodos de evaluación del impacto ambiental pueden definirse como aquellos elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto o actuación sobre el medio ambiente. En dicho sentido estos criterios y métodos tienen una función similar a los de la valoración del inventario, puesto que los criterios permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, mientras que los métodos de evaluación valoran el impacto global de la obra.

#### **V.1.3.1. Criterios**

Los criterios de valoración del impacto que pueden aplicarse en un Estudio de Impacto Ambiental son variados y su selección depende en gran medida del autor y del estudio. A continuación, se incluyen algunos de los más utilizados en los Estudios de Impacto Ambiental.

- Dimensión: se refiere al grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado factor. Esta magnitud se suele expresar cualitativamente, aunque se puede intentar cuantificar.
- Signo: muestra si el impacto es positivo (+), negativo (-) o neutro (o), en ciertos casos puede ser difícil estimar este signo, puesto que con lleva una valoración que a veces es en extremo subjetiva, como puede ser los incrementos de población que se generan como consecuencia de la nueva obra.
- Desarrollo: considera la superficie afectada por un determinado impacto. Este criterio puede ser muy difícil de cuantificar, sin embargo, cuando su consideración es viable, es recomendable incluirlo pues su definición ayuda considerablemente en la valoración de los impactos al ambiente.
- Permanencia: este criterio hace referencia a la escala temporal en que actúa un determinado impacto (por ejemplo, el impacto producido por las desviaciones de

una corriente intermitente puede durar sólo durante el tiempo en que se desarrollan las obras).

- **Certidumbre:** este criterio hace referencia al grado de probabilidad de que se produzca el impacto bajo análisis. Es común clasificarlo cualitativamente como cierto, probable, improbable y desconocido.
- **Reversibilidad:** bajo este criterio se considera la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial. Muchos impactos pueden ser reversibles si se aplican medidas de mitigación, aunque la inviabilidad de muchos de ellos deriva más que nada del costo que tiene estas medidas.
- **Sinergia:** el significado de la aplicación de este criterio considera la acción conjunta de dos o más impactos, bajo la premisa de que el impacto total es superior a la suma de los impactos parciales. Un ejemplo en un proyecto turístico-hotelero-campo de golf es el impacto sinérgico sobre pantanos o sobre manglares, derivado de los impactos parciales: alteración del acuífero superficial, eliminación de la cubierta vegetal, compactación del suelo, generación de ruido (ahuyenta a la fauna), etc.
- **Viabilidad de adoptar medidas de mitigación:** dentro de este criterio se resume la probabilidad de que un determinado impacto se puede minimizar con la aplicación de medidas de mitigación. Es muy importante que esa posibilidad pueda acotarse numéricamente para señalar el grado de que esto pueda ocurrir.

Por último, cabe destacar que casi todos los criterios los impactos se pueden valorar de manera cualitativa (por ejemplo, mucho, poco, nada), sin embargo, en otros, es posible llegar a una cuantificación de estos.

#### ***V.1.3.2. Metodología de evaluación y justificación de la metodología seleccionada***

La gama de metodologías de evaluación es muy amplia, algunas de ellas derivan de ejercicios similares que se hacen en los estudios de ordenamiento ecológico del territorio, otras son específicas de los Estudios de Impacto Ambiental.

La disponibilidad de metodologías va desde las más sencillas, en las que se evalúa numéricamente el impacto global que se produce sin analizar los impactos intermedios, hasta aquellas más complejas en las que, a través de diferentes procesos de ponderación, se pretende llegar a una visión global de la magnitud del impacto ambiental.

Es recomendable que la metodología que seleccione el profesional o el equipo responsable de la elaboración de los estudios sea justificada considerando principalmente el grado de interacción o complejidad del proyecto o actividad bajo análisis y el nivel de certidumbre que ofrece el modelo seleccionado.

### ***Matriz de cribado ambiental.***

La base del sistema de identificación de impactos ambientales lo constituye la matriz de cribado ambiental, en que las columnas son acciones o actividades del proyecto que pueden alterar el medio ambiente, y las filas son los factores ambientales que pueden ser alterados. Con estas entradas de filas y columnas se pueden definir las interacciones existentes.

A modo de simplificación, en este proyecto se operó una matriz tipo Leopold reducida, diseñada solo para aquellos factores ambientales y actividades del proyecto que interactúan entre sí, donde los elementos (i, j), fueron calificados de acuerdo con:

### ***Dirección del impacto.***

Se hace referencia al sentido del impacto sobre el factor definiéndose como:

|               |  |
|---------------|--|
| INDETERMINADO | Cuando fue posible determinar en qué dirección el factor o recurso es influido por la actividad. |
| BENÉFICO      | Cuando la actividad influye al factor o recurso positivamente.                                   |
| ADVERSO       | Se describe cuando la actividad o proceso altera negativamente al recurso o factor.              |

### ***Duración del impacto***

Se refiere al tiempo en que el recurso o factor recibirá los impactos provocados por la actividad o proceso, definiéndose como:

|                |  |
|----------------|--|
| CORTO PLAZO    | Cuando la duración del impacto sobre el factor es menor a un año.  |
| MEDIANDO PLAZO | Cuando la duración del impacto sea de 1 a 5 años.  |
| LARGO PLAZO    | El impacto durará más de 5 años.   |
| PERMANENTE     | Cuando la actividad impacta al factor de manera definitiva o, en un lapso que no es posible definir por la gran extensión de tiempo que implica. |

### ***Magnitud del impacto***

Se refiere a la cantidad o porcentaje del recurso o factor que es impactado por una actividad, definiéndose como:

|       |   |
|-------|---|
| BAJA  | Cuando se calcula o predice que menos del 1% del recurso será afectado.         |
| MEDIA | Cuando se calcula o predice que de 1 a 10% del recurso o factor será impactado. |
| ALTA  | Cuando se calcula o predice que más del 10% del factor será impactado.          |

### ***Importancia del impacto.***

Se hace referencia a la significancia del impacto sobre el factor.

**SIGNIFICATIVO** Cuando se presenta significancia sobre el factor.

**NO SIGNIFICATIVO** Cuando NO se presente significancia sobre el factor.

### **Valor**

Con el fin de evaluar el impacto en los cuatro puntos anteriores, se les asignó los siguientes valores:

Tabla V.1. Valores para la evaluación de impactos.

| VALORES           |                  |          |                     |
|-------------------|------------------|----------|---------------------|
| DIRECCIÓN         | DURACIÓN         | MAGNITUD | IMPORTANCIA         |
| 1.- Indeterminado | 1.- Corto plazo  | 1. Baja  | 1. No significativo |
| 2. Benéfico       | 2. Mediano plazo | 2. Media | 2.- Significativo   |
| 3. Adverso        | 3. Largo plazo   | 3. Alta  |                     |
|                   | 4. Permanente    |          |                     |

### **MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

Es importante considerar que el uso de matrices simples de dos dimensiones, en algunos casos y para algunos factores ambientales, puede ofrecer algunos inconvenientes, especialmente que el formato no permite representar las interacciones sinérgicas que ocurren en el medio, ni tomar en cuenta los efectos indirectos o secundarios que se presentan con frecuencia en los proyectos.

En realidad, ningún elemento ambiental queda sin interacción, sin embargo, algunas de las actividades no evidencian este hecho, razón por lo que los cuadros correspondientes aparecen en blanco.

En una primera etapa, correspondiente a la identificación de los impactos, la matriz se utiliza como lista, señalando con una "X" las interacciones detectadas. Posteriormente esta matriz es utilizada para evaluar los impactos identificados, asignando los valores de dirección, duración, magnitud e importancia, anteriormente descritos.

Una vez identificados y evaluados los impactos, se procede a diferenciar a los clasificados como significativos, adversos, benéficos y aquellos de magnitud/importancia relativa, agrupándolos en otra matriz conocida como matriz de cribado, para después diseñar las medidas de mitigación pertinentes.

A continuación, se presenta la matriz de impactos, diseñada solo para aquellos factores ambientales y actividades del proyecto que interactúan entre sí.

Tabla V.2. Matriz de identificación de impactos.

| Proyecto "CUS Bloque H"                    |                          |                   |             |                           |   |              |   |   |
|--|--------------------------|-------------------|-------------|---------------------------|---|--------------|---|---|
|  |                          |                   |             | PREPARACIÓN DEL SITIO     | CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | ABANDONO     |   |   |
| FACTORES SUSCEPTIBLES DE IMPACTO AMBIENTAL | FACTORES ABIÓTICOS       | AIRE              |             | Polvos/Partículas         | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             |                           | Humos/Gases                             | X            | X | X |
|  |                          |                   |             |                           | Ruido                                   | X            | X | X |
|  |                          | AGUA              | Superficial |                           | Escurrimiento                           | X            | X | X |
|  |                          |                   |             |                           | Calidad                                 |              |   |   |
|  |                          |                   | Subterráneo |                           | Recarga                                 |              |   |   |
|  |                          |                   |             | Calidad                   |   |              |   |   |
|  |                          | SUELO             |             |                           | Relieve                                 |              | X |   |
|  |                          |                   |             |                           | Uso Actual                              |              |   |   |
|  |                          |                   |             |                           | Uso Potencial                           |              |   |   |
|  |                          |                   |             |                           | Calidad                                 | X            | X | X |
|  |                          | FACTORES BIÓTICOS | FLORA       |                           | Cubierta Vegetal                        | X            |   | X |
|  |                          |                   |             |                           | Especies Protegidas                     | X            |   | X |
|  |                          |                   |             | Especies Interés Especial | X                                       |              | X |   |
|  | FAUNA                    |                   |             | Fauna Silvestre           | X                                       |              | X |   |
|  |                          |                   |             | Especies Protegidas       |   |              |   |   |
|  | FACTORES SOCIOECONÓMICOS | SERVICIOS         |             | Residuos Sólidos          | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Residuos Peligrosos       |   | X            |   |   |
|  |                          |                   |             | Agua Potable              | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Alcantarillado            | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Paisaje                   | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Calidad de Vida           | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Gestión Ambiental         | X                                       | X            |   |   |
|  |                          |                   |             | Empleo/Mano de Obra       | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   |             | Comercio                  | X                                       | X            | X |   |
|  |                          |                   | RIESGO      |                           |   | Combustibles |   | X |
|  |                          |                   |             | Sustancias Químicas       |   |              |   |   |
|  |                          | Explosivos        |             |                           |   |              |   |   |

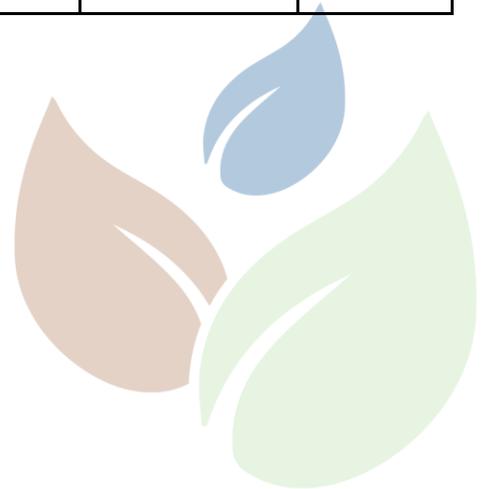


Tabla V.3. Matriz de valoración de impactos.

| Proyecto "CUS Bloque H"   |                          |   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
|---|--------------------------|---|---------------------------|-----------------------|---|---|---|----------|---|---|
| VALORES CUALITATIVOS SIMBOLOGÍA   |                          |   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
| DIRECCIÓN   |                          | MAGNITUD  |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 1.0 INDETERMINADO        |  | 1.0 BAJA                  |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 2.0 BENÉFICO             |  | 2.0 MEDIA                 |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 3.0 ADVERSO              |  | 3.0 ALTA                  |                       |   |   |   |          |   |   |
| DURACIÓN DEL IMPACTO  |                          | IMPORTANCIA   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 1.0 CORTO PLAZO          |  | 1.0 NO SIGNIFICATIVA      |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 2.0 MEDIANO PLAZO        |  | 2.0 SIGNIFICATIVA         |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 3.0 LARGO PLAZO          |   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
|  | 4.0 PERMANENTE           |   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
|   |                          |   |                           | PREPARACIÓN DEL SITIO |   | CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |   | ABANDONO |   |   |
|   |                          |   |                           |                       |   |   |   |          |   |   |
| FACTORES SUSCEPTIBLES DE IMPACTO AMBIENTAL  | FACTORES ABIÓTICOS       | AIRE  | Polvos/Partículas         | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 3        | 1 |   |
|   |                          |   | Humos/Gases               | 1                     | 1 | 1                                       | 2 | 1        | 1 |   |
|   |                          |   | Ruido                     | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 3        | 1 |   |
|   |                          |   | Calidad                   | 1                     | 1 | 1                                       | 1 | 1        | 1 |   |
|   |                          | AGUA  | Superficial               | Escurrimiento         | 3 | 1                                       | 3 | 3        | 2 | 3 |
|   |                          |   |                           | Calidad               | 1 | 1                                       | 1 | 1        | 2 | 2 |
|   |                          |   | Subterráneo               | Recarga               |   |   |   |          |   |   |
|   |                          |   |                           | Calidad               |   |   |   |          |   |   |
|   |                          | SUELO   | Relieve                   |                       |   | 3                                       | 4 |          |   |   |
|   |                          |   | Uso Actual                |                       |   | 2                                       | 2 |          |   |   |
|   |                          |   | Uso Potencial             |                       |   |   |   |          |   |   |
|   |                          |   | Calidad                   | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 2        | 3 |   |
|   |                          |   |                           |                       | 2 | 2                                       | 2 | 2        |   |   |
|   | FACTORES BIÓTICOS        | FLORA   | Cubierta Vegetal          | 3                     | 3 |   |   | 2        | 3 |   |
|   |                          |   | Especies Protegidas       | 2                     | 2 |   |   | 2        | 2 |   |
|   |                          |   | Especies Interés Especial | 3                     | 1 |   |   | 1        | 3 |   |
|   |                          | FAUNA   | Fauna Silvestre           | 3                     | 1 |   |   | 2        | 3 |   |
|   |                          |   | Especies Interés Especial | 2                     | 2 |   |   | 2        | 2 |   |
|   |                          |   |                           | 3                     | 1 |   |   | 2        | 1 |   |
|   | FACTORES SOCIOECONÓMICOS | SERVICIOS   | Residuos Sólidos          | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 3        | 1 |   |
|   |                          |   | Residuos Peligrosos       | 1                     | 1 | 1                                       | 2 | 1        | 1 |   |
|   |                          |   | Agua Potable              |                       |   | 3                                       | 3 |          |   |   |
|   |                          |   | Alcantarillado            | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 3        | 1 |   |
|   |                          |   |                           | 1                     | 1 | 1                                       | 1 | 1        | 1 |   |
|   |                          |   | Paisaje                   | 3                     | 1 | 3                                       | 3 | 2        | 3 |   |
|   |                          |   | Calidad de Vida           | 1                     | 1 | 2                                       | 2 | 2        | 2 |   |
|   |                          |   |                           | 3                     | 1 | 2                                       | 3 | 2        | 3 |   |
|   |                          |   | Gestión Ambiental         | 1                     | 2 | 2                                       | 3 | 2        | 2 |   |
| Empleo/Mano de Obra   |                          |   | 2                         | 1                     | 2 | 3                                       | 2 | 1        |   |   |

|  |        |                     |   |   |   |   |   |   |
|--|--------|---------------------|---|---|---|---|---|---|
|  |        |                     | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
|  |        | Comercio            | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
|  |        |                     | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
|  | RIESGO | Combustibles        |   |   | 3 | 3 |   |   |
|  |        |                     |   |   | 1 | 1 |   |   |
|  |        | Sustancias Químicas |   |   |   |   |   |   |
|  |        | Explosivos          |   |   |   |   |   |   |

### Interrelación

#### INTERACCIONES

|                      |    |
|----------------------|----|
| No. de interacciones | 51 |
| Abióticos            | 16 |
| Bióticos             | 10 |
| Socioeconómicos      | 24 |
| Riesgo               | 1  |

#### DIRECCIÓN

|               |    |
|---------------|----|
| Indeterminado |    |
| Benéfico      | 18 |
| Adverso       | 33 |

#### DURACIÓN

|               | BENÉFICOS | ADVERSOS |
|---------------|-----------|----------|
| Corto plazo   | 5         | 20       |
| Mediano plazo | 0         | 0        |
| Largo plazo   | 12        | 12       |
| Permanente    | 1         | 1        |

#### IMPORTANCIA

|                  | BENÉFICOS | ADVERSOS |
|------------------|-----------|----------|
| No significativo | 6         | 25       |
| Significativo    | 12        | 8        |

#### MAGNITUD

|       | BENÉFICOS | ADVERSOS |
|-------|-----------|----------|
| Baja  | 7         | 21       |
| Media | 9         | 12       |
| Alta  | 2         | 0        |



## **Identificación de las afectaciones al sistema ambiental**

El sistema ambiental se ha separado para fines de análisis en cuatro conjuntos principales de factores ambientales: abióticos, bióticos, socioeconómicos y riesgos. A continuación, se hace un análisis de la interacción e impacto esperado entre las acciones del proyecto de ampliación y los factores ambientales.

### **FACTORES ABIÓTICOS**

#### **Aires**

##### **Etapas de preparación del sitio:**

- Emisión de partículas de polvos por la circulación de vehículos y maquinaria y el manejo de suelos en la actividad de desmonte y despalme.

El impacto será en área abierta con facilidad de dispersión de las partículas, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

- Emisión de gases de combustión por la operación de maquinaria y circulación de vehículos.

El impacto será en área abierta con facilidad de dispersión de los gases y humos, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

- Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo.

El impacto será en área abierto con facilidad de dispersión del ruido, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

##### **Etapas de construcción y operación**

- Generación de emisiones de partículas por el uso de la maquinaria para la extracción de materiales, el manejo de materiales, erosión eólica y voladuras.

Como factor favorable a la disipación de los efectos a la atmósfera se encuentra el hecho de que las actividades se realizarán en zonas despobladas y de que la porción sedimentable de partículas de polvo quedará reincorporada al suelo.

- El impacto se cataloga como adverso, de largo plazo, significativo y de magnitud media.

Generación de emisiones de gases de combustión por el uso de la maquinaria para la extracción y movimiento de materiales.

- Como factor favorable a la disipación de los efectos a la atmósfera se encuentra el hecho de que las actividades se realizarán en zonas despobladas.

El impacto se cataloga como adverso, de largo plazo, no significativo y de magnitud baja.

- Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo.

El ruido tendrá impactos sobre la fauna silvestre, aunque la misma se prevé se aleje del sitio precisamente por el ruido, es de mencionar que el ruido pudiera ser un obstáculo para el desplazamiento de la fauna dentro del sitio de explotación.

El impacto se cataloga como adverso, de largo plazo, no significativo y de magnitud baja.

#### **Etapa de abandono y restitución**

- Generación de polvo fugitivos por el acarreo de material fértil y movimiento de maquinaria.

El impacto será en área abierta con facilidad de dispersión de las partículas, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

- Emisión de gases de combustión por la operación de maquinaria y circulación de vehículos.

El impacto será en área abierta con facilidad de dispersión de las partículas, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

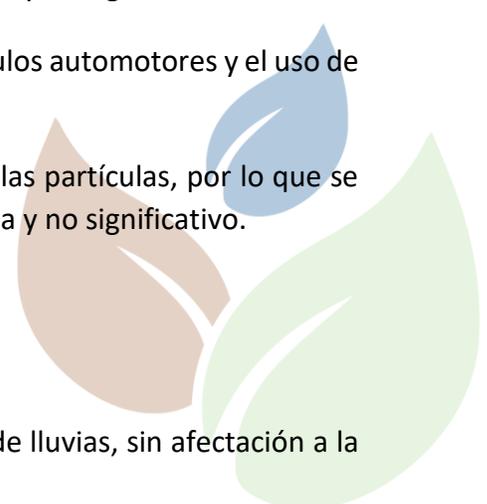
- Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo.

El impacto será en área abierta con facilidad de dispersión de las partículas, por lo que se considera un impacto adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

#### **Agua superficial**

##### **Etapa de preparación del sitio.**

- Se tendrá baja incidencia sobre escorrentías en época de lluvias, sin afectación a la calidad de dichas escorrentías.



El impacto es adverso, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

**Etapas de operación y mantenimiento.**

- Se tendrá baja incidencia sobre escorrentías en época de lluvias, sin afectación a la calidad de dichas escorrentías.

El impacto es adverso, de largo plazo, de baja magnitud y no significativo.

**Etapas de abandono y restitución**

- Las aguas pluviales serán captadas por las prácticas de conservación de suelo que se harán al momento de la restauración del sitio.

Por lo anterior el impacto se considera benéfico, de largo plazo, de magnitud media y significativo, ya que estas actividades de remediación del sitio permitirán que el sitio mantenga su capacidad de captación de agua y se disminuya la erosión.

**Suelos**

**Etapas de preparación del sitio**

- En el despalme y descapote se tendrá cambio de las características físicas del suelo al alterar sus condiciones naturales, afectando la capa superficial.

Por lo anterior el impacto es adverso, permanente, de magnitud media y significativo, en el aspecto de calidad del suelo.

**Etapas de construcción y operación**

- La extracción de caliza ocasionará que cambie las características de relieve del sitio.

El impacto es adverso, permanente, de magnitud media y significativo.

- La extracción del material ocasionará cambios en la calidad del suelo.

El impacto es adverso, de largo plazo, de magnitud media y significativo.

- En relación con uso de suelo se pasará de un uso de agostadero con baja capacidad de carga, hacia un uso minero para la obtención de caliza.

El impacto es adverso, de largo plazo, de magnitud media y significativo.

### **Etapa de abandono y restitución**

- La rehabilitación del sitio (15-73-74 hectáreas) consistirá en reforestación con vegetación nativa, por lo que el uso del suelo retornará nuevamente a forestal.

Por lo anterior el uso tendrá un impacto benéfico, de largo plazo, significativo y de magnitud media.

## **RECURSOS BIÓTICOS**

### **Flora**

#### **Etapa de preparación del sitio**

- Los trabajos de desmonte removerán la cubierta vegetal, misma que requerirá de acciones de reincorporación al suelo.

El impacto respecto a la cobertura vegetal se considera adverso, de largo plazo (ya que posteriormente se tendrá la restauración del sitio), magnitud media y no significativo, ya que el Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo se encuentra ampliamente en el sitio.

- Dentro de la vegetación a desmontar se encontraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las especies arbóreas y cactáceas que tengan características óptimas para su rescate serán rescatadas, se propone recuperar los individuos que no sean aptos para rescate, por su raíces y altura, a través de una reforestación del 30% con excepción de las especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se proponen realizar la reforestación en un 100%.

El impacto respecto a especies de interés y de especies protegidas se considera adverso, de largo plazo (ya que posteriormente se tendrá la restauración del sitio), de magnitud baja y no significativo, ya que el Matorral subtropical y Matorral desértico micrófilo se encuentra ampliamente en el sitio.

#### **Etapa de construcción y operación**

Sin interacción dado que la vegetación ya fue removida en la etapa anterior.

#### **Etapa de abandono y restitución**

- Al llegar a esta fase del proyecto las especies rescatadas serán utilizadas en la rehabilitación del sitio (15-73-74 hectáreas), que consistirá en reforestación conjunta con especies nativas, por lo cual la cobertura vegetal retornará al sitio al terminar la explotación de la cantera caliza.



Por lo anterior, la cubierta vegetal y las especies de interés tendrán un impacto benéfico, de largo plazo, no significativo y de magnitud baja.

## **Fauna**

### **Etapa de preparación del sitio y construcción del sitio**

- Los trabajos de desmonte alterarán el hábitat de la fauna por la remoción de la cubierta vegetal.

El impacto respecto a la fauna (por alteración del hábitat) se considera adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

Considerando que la fauna puede desplazarse y que puede ser sujeta a un programa de rescate, el impacto respecto a la fauna en protección (por alteración del hábitat) se considera adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo (por su distribución en la zona). Mismas características se consideran para especies de interés.

### **Etapa de operación y mantenimiento.**

Sin alteración ya que al no existir hábitat aunado al ruido de la maquinaria hace que la presencia de fauna sea remota.

### **Etapa de abandono y restitución**

- El restablecimiento del sitio (15-73-74 hectáreas) con vegetación nativa permitirá que la fauna encuentre nuevamente un hábitat para su desarrollo.

El impacto respecto a la fauna (por nuevo hábitat) se considera benéfico, de largo plazo, de magnitud baja y significativo.

El impacto respecto a la fauna de interés especial (por nuevo hábitat) se considera benéfico, de largo plazo, de magnitud baja y significativo (por el tipo de especies).

## **FACTORES SOCIOECONÓMICOS**

### **ASPECTOS SOCIALES**

#### **Uso de servicios**

### **Etapa de preparación del sitio**

- Se generarán residuos de vegetación provenientes del desmonte del terreno. El producto del desmonte se triturará y será depositado en un área adyacente al



proyecto, para su posterior utilización en las actividades de restauración del sitio o serpa reincorporado al suelo en las áreas circundantes al proyecto en las cuales se realizará el replante de las especies a rescatar.

Asimismo, producto de la limpieza (despalme), mismo que será almacenado temporalmente, juntamente con el material de desmonte, para su posterior uso en la restauración del sitio.

Por lo anterior no se requiere de presentación de servicios para el manejo de este tipo de residuos.

#### Residuos sólidos

- Otros residuos son los desechos domésticos que se generarán por el personal que laborará en el proyecto. Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados por los cuales serán colocados al menos dos veces por semana para su disposición final.

Por el requerimiento de servicios de manejo de residuos domésticos el impacto se considera adverso, de corto plazo, no significativo y de baja magnitud.

#### Residuos Peligrosos.

La preparación del sitio será de corto tiempo, por lo que no habrá mantenimiento o reparación de maquinaria y por ende no habrá generación de residuos peligrosos.

#### Suministro de agua

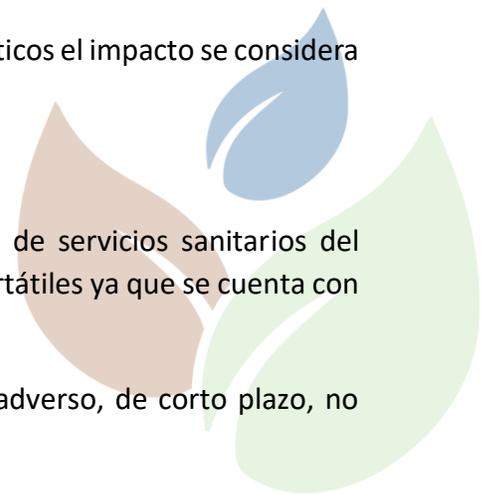
- Se requerirá agua potable para consumo y servicio de los trabajadores, que será del tipo agua purificada y de pozo de ranchos cercanos.

Por el requerimiento de servicios de manejo de residuos domésticos el impacto se considera adverso, de corto plazo, no significativo y de baja magnitud.

#### Aguas residuales

- En esta etapa la generación de aguas residuales será de servicios sanitarios del personal, no será necesario la instalación de letrinas portátiles ya que se cuenta con sanitarios cerca del área del proyecto.

El uso de sanitarios por el personal el impacto se considera adverso, de corto plazo, no significativo y de magnitud baja.



## **Etapa de construcción y operación**

### Residuos sólidos

- Se generan residuos del tipo domésticos por el personal que laborará en esta fase del proyecto. Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados los cuales serán colectados al menos dos veces por semana para su envío a sitio de disposición final autorizado.

Por el requerimiento de servicios de manejo de residuos domésticos el impacto se considera adverso, de largo plazo, no significativo y de magnitud baja.

### Residuos Peligrosos

- Se generará aceite usado del mantenimiento de maquinaria y equipo. Este residuo será enviado a reciclaje en empresa autorizada.

Todo derrame de hidrocarburos será limpiado, colectando los líquidos y excavando y removiendo todo el suelo contaminado. Los residuos serán en contenedores y enviados a empresa autorizada.

- Todo el material impregnado de hidrocarburos como estopas, filtros, papel, etc., será dispuesto adecuadamente en contenedores tapados hasta su disposición final.

Por el requerimiento de servicios de manejo de residuos peligrosos el impacto se considera adverso, de largo plazo, no significativo y de magnitud media.

### Suministro de agua

- Se requerirá agua potable para consumo y servicio de los trabajadores, que será del tipo agua purificada y de pozo de ranchos cercanos. Se requerirá de suministro de agua para el riego de vialidades para el control de polvos, la cual será suministrada de pozo de ranchos cercanos.

El impacto se considera adverso, de largo plazo, no significativo y de magnitud media.

### Aguas residuales

- En esta etapa la generación de aguas residuales será de servicios sanitarios del personal, no será necesario la instalación de letrinas portátiles ya que se cuenta con sanitarios cerca del área del proyecto.

El impacto por el uso de sanitarios por el personal se considera adverso, de corto plazo, no significativo y de magnitud media.

## **Etapa de abandono y restitución**

### Residuos sólidos

- Se generarán residuos domésticos por el personal que laborará en esta fase del proyecto. Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados los cuales serán colectados al menos dos veces por semana para su envío al sitio de disposición final autorizado.

Por el requerimiento de servicios de manejo de residuos domésticos el impacto de consideración adverso de corto plazo, no significativo y de baja magnitud.

### Residuos Peligrosos

La etapa restauración del sitio se realizará en corto tiempo, por lo que se prevé que no habrá mantenimiento ni reparación de maquinaria y por lo tanto no habrá generación de residuos peligrosos.

### Suministro de agua

- Se requerirá agua potable para consumo de los trabajadores que será del tipo agua purificada. Para el servicio al personal el agua será abastecida por pipa desde pozo de ranchos cercanos.

Por el requerimiento de servicios de abastecimiento de agua el impacto de considera adverso de corto plazo, no significativo y de baja magnitud.

### Aguas residuales

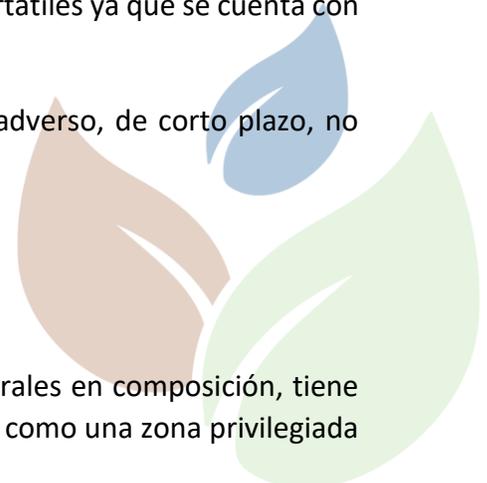
- En esta etapa la generación de aguas residuales será de servicios sanitarios del personal, no será necesario la instalación de letrinas portátiles ya que se cuenta con sanitarios cerca del área del proyecto.

El uso de sanitarios por el personal el impacto se considera adverso, de corto plazo, no significativo y de baja media.

### Paisaje

#### **Etapa de preparación del sitio**

- Se trata de una zona que conserva características naturales en composición, tiene valor estético de nivel bajo, por lo cual no lo determina como una zona privilegiada o única visualmente.



El impacto ambiental se considera adverso, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

#### **Etapa de construcción y operación**

- Modificación del eterno paisajístico por la ampliación de la cantera caliza.

El impacto ambiental se considera adverso, de largo plazo de magnitud media y significativo.

#### **Etapa de abandono y restitución**

- Se tendrá, en su medida, la recuperación del paisaje al aplicarse las acciones de rehabilitación de áreas, al reforestar con pastos nativos.

El impacto ambiental se considera benéfico, de largo plazo, de magnitud baja y significativo.

#### **Calidad de vida**

##### **Etapa de preparación del sitio**

- Este aspecto es afectado por acciones de generación de polvos, residuos y residuos sanitarios, así como la pérdida de la cobertura vegetal.

El impacto ambiental se considera adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

##### **Etapa de construcción y operación**

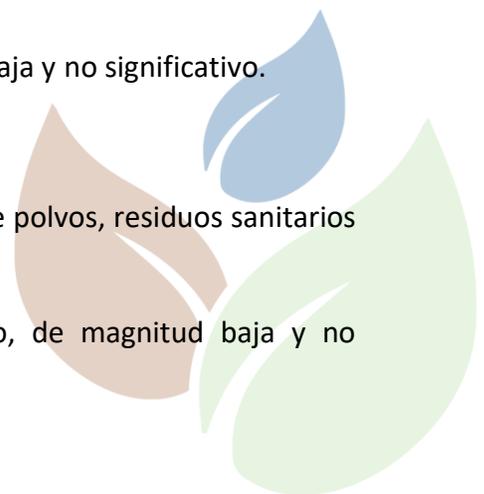
- Este aspecto es afectado por acciones de generación de polvos, residuos sanitarios y generación de residuos peligrosos y no peligrosos.

El impacto se considera adverso, de largo plazo, de magnitud baja y no significativo.

##### **Etapa de abandono y restitución**

- Este aspecto es afectado por acciones de generación de polvos, residuos sanitarios y generación de residuos no peligrosos.

El impacto ambiental se considera adverso, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.



### **Gestión ambiental**

- Un impacto benéfico importante que se tendrá en el aspecto de gestión ambiental es el de concientización de los trabajadores y contratistas en el aprovechamiento racional de los recursos naturales y el cumplimiento de la normatividad, con impacto sinérgico hacia sus actividades cotidianas.

Ya en la etapa de operación se prevé se tenga un mayor impacto positivo en este rubro dado el número de personas a ocupar.

- Para la preparación del sitio el impacto se considera benéfico, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

Para la construcción y operación el impacto se considera benéfico, de largo plazo de magnitud media y no significativo.

## **ASPECTOS ECONÓMICOS**

### **Empleo**

#### **Etapa de preparación del sitio**

- Generación de empleos temporales para las distintas actividades de la preparación del sitio.

El impacto se considera benéfico, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

#### **Etapa de construcción y operación**

- Generación de empleos para las distintas actividades de la operación del minado.

El impacto se considera benéfico, de largo plazo, de magnitud media y no significativo.

#### **Etapa de abandono y restitución**

- Generación de empleos temporales para las distintas actividades de la preparación del sitio.

El impacto se considera benéfico, de corto plazo, de baja magnitud y no significativo.

## **Comercio y Servicios**

### **Etapa de preparación del sitio**

- Entre los impactos positivos debe citarse en el efecto sobre la actividad económica de comercio y servicios que se requieren para la ejecución de los trabajos de preparación del sitio, beneficiándose prestadores de servicios del ámbito regional.

El impacto se considera benéfico, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

### **Etapa de construcción y operación**

- Las principales actividades demandantes de comercio son las que requieren de la maquinaria, servicios y mano de obra para la operación de la mina y los servicios profesionales colaterales que implica su ejecución.

El impacto se considera benéfico, de corto plazo, de magnitud larga y no significativo.

### **Etapa de abandono y restitución**

- Actividad económica de comercio y servicios que se requieren para la ejecución de los trabajos de restitución del sitio, beneficiándose presentadores de servicios del ambiente regional.

El impacto se considera benéfico, de corto plazo, de magnitud baja y no significativo.

## **FACTORES DE RIESGO**

### **Etapa de preparación del sitio**

Sin interacción.

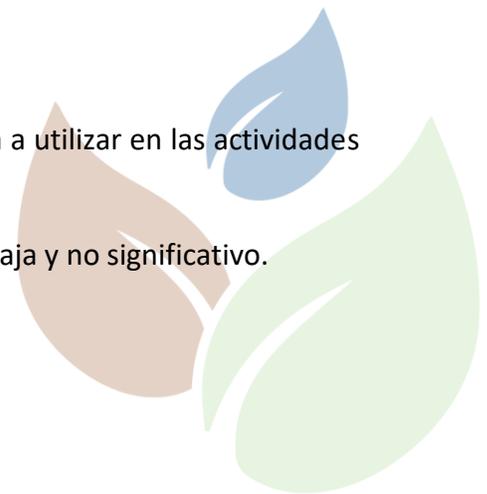
### **Etapa de construcción y operación**

- Riesgo por el manejo de combustibles de la maquinaria a utilizar en las actividades de operación y mantenimiento.

El impacto se considera adverso, de largo plazo, de magnitud baja y no significativo.

### **Etapa de abandono y restitución**

Sin interacción.



## CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

Una vez identificados los impactos, se procede a caracterizarlo, considerando entre otros elementos las estimaciones cualitativas o cuantitativas que se realizaron con anterioridad.

Los impactos ambientales que generarán las acciones del proyecto sobre los factores del medio ambiente se muestran en la matriz de Leopold, adecuada a las características del ámbito natural, biótico, abióticos, socioeconómicos y riesgos. En ella se señalan las interacciones correspondientes a las etapas de preparación del sitio, construcción - operación y abandono.

Dentro de la matriz se contemplan 51 interrelaciones, de las cuales 33 corresponden a impactos adversos y 18 a impactos benéficos.

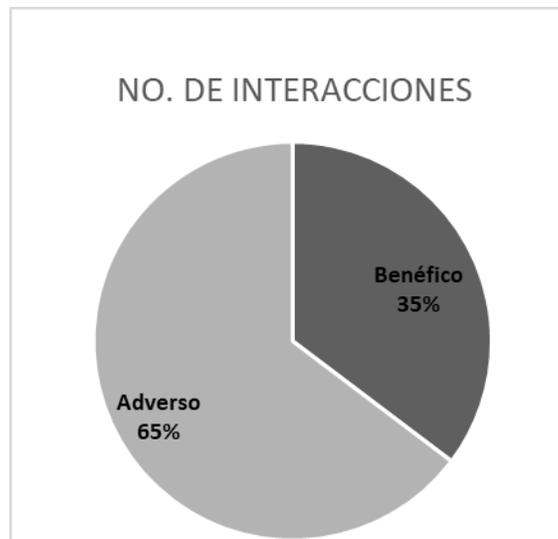
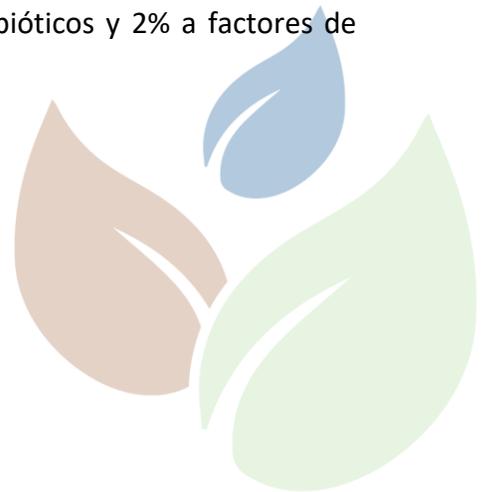


Figura V.1. Porcentaje de las interacciones.

En cuanto a interacciones por factores se tiene que el 47.1% corresponden a factores socioeconómicos, 31.4% a factores abióticos, 19.6 factores abióticos y 2% a factores de riesgo.



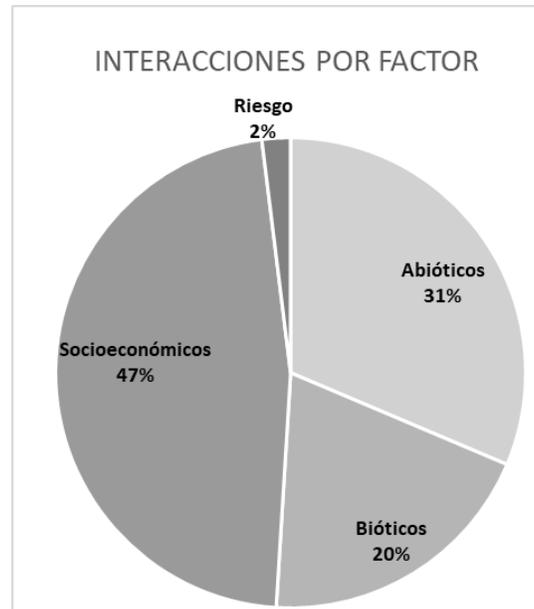


Figura V.2. Porcentaje de las interacciones por factor.

En cuanto duración, se presenta que el 47.06 % es de largo plazo que se presenta en la etapa de operación, 49.02% es de corto plazo que se presentan en las etapas de preparación del sitio y 3.92 % es de carácter permanente y corresponde al cambio de relieve del sitio.

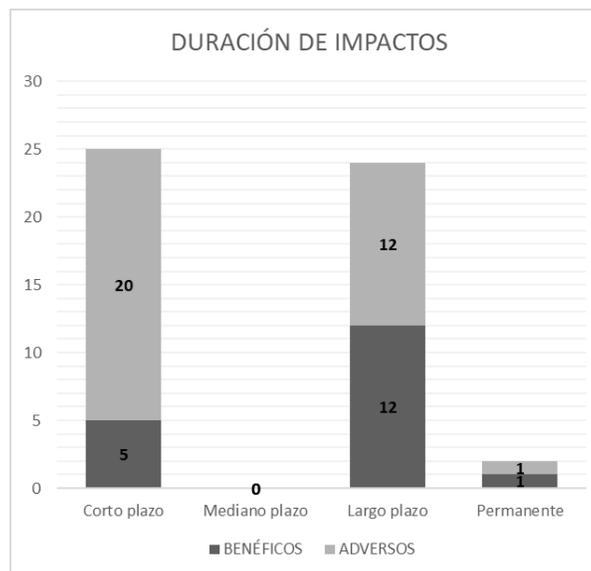


Figura V.3. Duración de impactos.

En cuanto a la IMPORTANCIA del impacto se tiene que el 60.8 % de los impactos son no significativos y el 39.22% restantes son significativos.

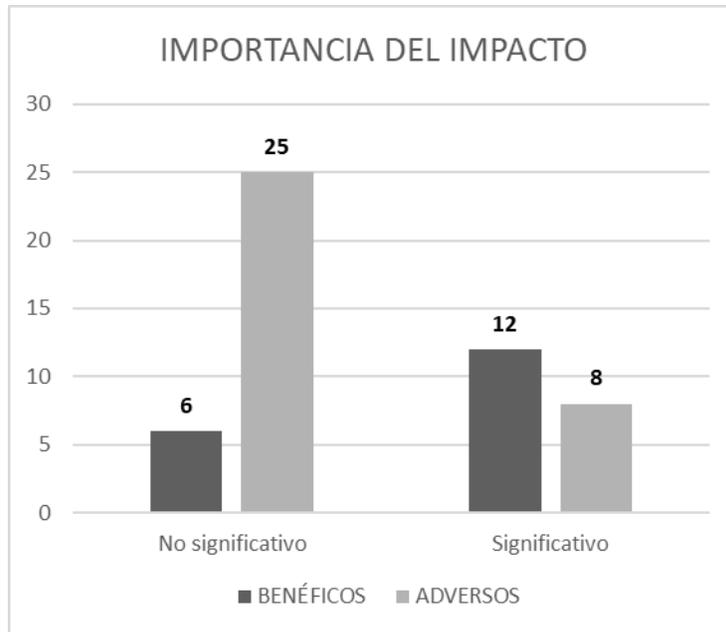


Figura V.4. Importancia del impacto.

En cuanto a la MAGNITUD del impacto se tiene que el 54.90% de los impactos son de baja magnitud, el 41.18% de mediana magnitud y el 3.92% de magnitud alta.

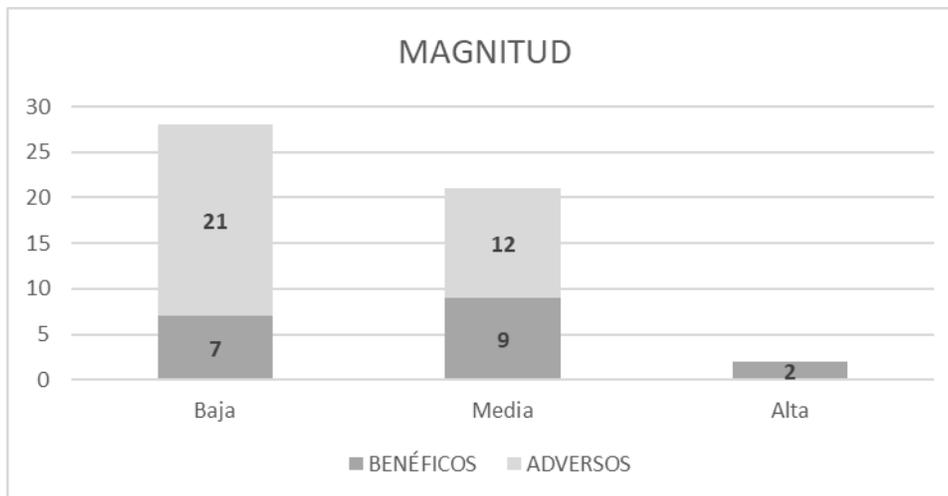


Figura V.4. Impacto por magnitud.

## **EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS**

Como resultado de la evaluación realizada en el apartado anterior se resalta las interacciones que por su duración y magnitud requieren especial atención para establecer medidas de mitigación (para los impactos adversos) o de reseñar los que sean benéficos, a fin de tener una adecuada evaluación sobre los daños ambientales y los beneficios del proyecto. Lo anterior sin descuidar los demás impactos para los cuales se contemplan también medidas de mitigación.

En la siguiente tabla se muestran los principales impactos adversos que pudiera estar presente en el desarrollo del proyecto.



Tabla V.4. Principales impactos adversos.

| PLAZO      | MAGNITUD |  |   |
|------------|----------|--|---|
|            | ALTA     | MEDIA  | BAJA  |
| Permanente |          | Pérdida del relieve de la zona al irse desarrollando el tajo verticalmente.  |   |
| Largo      |          | En la operación generación de emisiones de partículas por el uso de la maquinaria en la extracción de materiales, su manejo, erosión eólica y voladura.  | Emisión de ruido, humos y gases de combustión en la etapa de operación.   |
|            |          | La extracción del material ocasionará cambios en la calidad del suelo.   | El escurrimiento será afectado durante la etapa de operación.   |
|            |          | Pérdida de la cubierta vegetal desde la etapa de preparación del sitio.  | Se generará aceite usado del mantenimiento de maquinaria y equipo. El mantenimiento será fuera del área del proyecto.   |
|            |          | En la operación requerimiento de servicios de suministro de agua y disposición de residuos peligrosos.   |   |
|            |          | En la operación requerimiento de servicios de disposición de agua residuales y disposición de residuos sólidos.  |   |
|            |          | Alteración del paisaje natural durante la operación del proyecto.  |   |
| Corto      |          | En el despalme y descapote se tendrá cambio de las características físicas de suelo al alterar sus condiciones naturales.                                | Emisión de polvos, gases de combustión interna y ruido en las etapas de preparación del sitio y rehabilitación.   |
|            |          | En la etapa de inicio de actividades será necesario la remoción de la vegetación, sin embargo, se llevará a cabo un programa de rescate y reforestación. | Interferencia con escurrimientos naturales en época de lluvias.   |
|            |          |  | Los trabajos de desmonte alterarán el hábitat de la fauna por la remoción de la cubierta vegetal.   |
|            |          |  | Especies interés especial fauna   |
|            |          |  | El inicio y conclusión del proyecto requerimiento de servicios de disposición de agua residuales y disposición de residuos sólidos.   |
|            |          |  | Es necesario el agua potable para los trabajadores al inicio del proyecto y en la clausura.   |
|            |          |  | Generación de residuos no peligrosos y aguas residuales en las etapas de preparación del sitio y rehabilitación.  |
|            |          |  | Modificación del entorno paisajístico por acciones de desmonte y limpia de terreno.<br>Pérdida de la calidad de ida en la operación por la generación de polvos, residuos sanitarios y generación de residuos peligrosos y no peligrosos. |

En cuanto a impactos benéficos 11 son de largo plazo que se dan en la etapa de operación y los resultados de restauración del sitio.

Tabla V.5. Principales impactos benéficos.

| PLAZO   | MAGNITUD |   |  |
|---------|----------|---|--|
|         | ALTA     | MEDIA   | BAJA   |
| Largo   |          | El uso de suelo pasará de agostadero con baja capacidad de carga, a uso minero para la obtención de mineral de hierro.  |  |
|         |          | Recuperación de la cubierta vegetal como resultado de acciones de restauración.   |  |
|         |          | Recuperación del hábitat de la fauna silvestre como resultado y acciones de restauración  |  |
|         |          | El desarrollo del proyecto pretende mejorar la calidad de vida de los empleados y de la región por los empleos generados y los que se mantendrá.  |  |
|         |          | En la operación, aumento en la gestión ambiental, al concientizar a los trabajadores y contratistas en el aprovechamiento racional de los recursos naturales y el cumplimiento de la normatividad.                                |  |
|         |          | Generación de empleos para las distintas actividades de la operación del proyecto en la etapa de operación.   |  |
|         |          | Demanda de comercio por la maquinaria, servicios y mano de obra para la operación de la cantera caliza y los servicios profesionales colaterales que implica su ejecución.  |  |
| Mediano |          | Los sedimentos producidos por los escurrimientos de las aguas pluviales serán captados y retenidos por la berma que se construirá alrededor del avance del proyecto, además de que disminuirá la velocidad de los escurrimientos. |  |
| Corto   |          |   | Al inicio y conclusión del proyecto, aumento en la gestión ambiental, al concientizar a los trabajadores y contratistas en el aprovechamiento racional de los recursos naturales y el cumplimiento de la normatividad. |
|         |          |   | Generación de empleos para las distintas actividades de la operación del proyecto en las etapas de preparación del sitio y conclusión.   |
|         |          |   | Demanda de comercio por la maquinaria, servicios y mano de obra para la operación de la mina y los servicios profesionales colaterales que implica su ejecución.   |

## **VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

### **VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.**

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, se consideran como recursos forestales a la vegetación, sus servicios, productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales.

Durante la realización del proyecto, las actividades pueden afectar los recursos mencionados anteriormente si no se toman las medidas pertinentes. Además de la afectación directa por las actividades sobre el suelo y la flora, la generación de residuos puede causar contaminación del suelo del sitio del proyecto o áreas aledañas, en igual sentido la generación de aguas residuales o emisiones a la atmósfera pueden tener efectos sobre la flora del lugar, o la generación del ruido sobre la fauna. Asimismo, factores como generación de empleos y contratación de servicios causan impactos favorables sobre el valor comercial del sitio. Por lo anterior en este capítulo se describen los impactos negativos y positivos identificados, así como las medidas de prevención y mitigación aplicadas sobre los impactos negativos. También se describe la metodología aplicada para la determinación de las medidas de mitigación.

Los recursos forestales, flora y fauna forman parte de un todo de factores ambientales que están interrelacionados, por lo cual la evaluación de impactos se efectuó para cada uno de los factores ambientales. Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, para cada uno de ellos se establecen las medidas correctivas o de mitigación que a continuación se mencionan, así como la duración de las obras o actividades correctivas o de mitigación a aplicar. Las medidas se agrupan por componente ambiental:



Tabla VI.1. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.

| <b>1. AIRE</b>  |      |   |
|---|------|---|
| <b>Preparación del Sitio</b>  |      | <b>Medidas de Mitigación</b>  |
| Emisión de partículas de polvos por la circulación de vehículos y maquinaria y el manejo de suelos en la actividad de desmonte y despalle.  | 1.1  | Minimizar la emisión de polvos generados por el manejo de maquinaria y vehículos, humectando las áreas del suelo en las que se esté laborando con riesgos, con agua de calidad no potable.  |
|   | 1.2  | Efectuar restricciones de velocidad de los vehículos.   |
| Emisión de gases de combustión por la operación de maquinaria y circulación de vehículos  | 1.3  | Para las emisiones a la atmósfera ocasionadas por vehículos automotores, todos ellos deberán cumplir con un programa de mantenimiento periódico de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.  |
| Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo.  | 1.4  | La maquinaria y equipo debe cumplir con la norma oficial NOM-080-STPS-1993 que establece los periodos de exposición frente al ruido por parte de los trabajadores de la obra.   |
|   | 1.5  | Se debe proporcionar e inducir el uso de protectores auditivos para el personal expuesto al ruido.  |
| <b>Construcción y Operación</b>   |      | <b>Medidas de mitigación</b>  |
| Generación de polvos fugitivos por el acarreo de materiales y voladuras.  | 1.6  | Minimizar la emisión de polvos generados por el manejo de maquinaria y vehículos, humectando las áreas del suelo en las que se esté laborando con riesgos, con agua de calidad no potable.  |
|   | 1.7  | Efectuar restricciones de velocidad de los vehículos.   |
|   | 1.8  | Cubrir con lonas los vehículos de transporte de material.   |
| Emisión de gases de combustión por la operación de maquinaria y circulación de vehículos  | 1.9  | Para las emisiones a la atmósfera ocasionadas por vehículos automotores, todos ellos deberán cumplir con un programa de mantenimiento periódico de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, por lo que se le dará una revisión semanal a fin de evitar mal funcionamiento y fugas en los mismos. |
| Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos automotores y el uso de maquinaria y equipo   | 1.10 | La maquinaria y equipo debe cumplir con la norma oficial NOM-080-STPS-1993 Que establece los períodos de exposición frente al ruido por parte de los trabajadores de la obra.   |
|   | 1.11 | Se debe proporcionar e inducir el uso de protectores auditivos para el personal expuesto al ruido.  |
| <b>Abandono del sitio</b>   |      | <b>Medidas de Mitigación</b>  |
| Generación de polvos fugitivos por el movimiento de maquinaria para el movimiento y acomodo del material estéril, suelo fértil almacenado y para la restauración del sitio con vegetación nativa. | 1.12 | Minimizar la emisión de polvos generados por el manejo de maquinaria y vehículos, humectando las áreas del suelo en las que se esté laborando con riesgos, con agua de calidad no potable.  |
|   | 1.13 | Efectuar restricciones de velocidad de vehículos.<br>Cubrir con lonas los vehículos de transporte de material.  |
| Emisión de gases de combustión por la operación de maquinaria y circulación de vehículos  | 1.14 | Para las emisiones a la atmósfera ocasionadas por vehículos automotores, todos ellos deberán cumplir con un programa de mantenimiento periódico de acuerdo con las recomendaciones de fabricante, por lo que se le dará una revisión semanal a fin de evitar mal funcionamiento y fugas en las mismas   |
| Emisión de ruido ocasionado por la circulación de vehículos   | 1.15 | La maquinaria y equipo debe cumplir con la norma oficial NOM-080-STPS-1993 Que establece los periodos de exposición frente al ruido por parte de los trabajadores de la obra.   |



|   |      |  |
|---|------|--|
| automotores y el uso de maquinaria y equipo.  | 1.16 | Se debe proporcionar e inducir el uso de protectores auditivos para el personal expuesto al ruido.   |
| <b>2.- AGUA</b>   |      |  |
| <b>Preparación del sitio</b>  |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Durante la preparación del sitio se requerirá agua para prevenir la emisión de polvos, así como agua potable para consumo de los trabajadores.              | 2.1  | Solo se hará riegos ocasionales cuando así se requiera.  |
|   | 2.2  | El consumo de agua potable para los trabajadores será de agua purificada.  |
|   | 2.3  | Se deberá optimizar el uso del agua, ya que es un recurso escaso y lejanos al sitio.   |
| Generación de aguas residuales sanitarias.  | 2.4  | Cerca del área del proyecto se encuentra el servicio de sanitarios por lo que no se necesario la instalación de letrinas portátiles.   |
| Incidencia sobre escorrentías   | 2.5  | Las obras de desmonte y despalme deberán respetar las características de los patrones naturales de escurrimiento.  |
|   | 2.6  | Se propone que el desmonte se haga de forma paulatina conforme el proyecto avance para evitar el aumento de escorrentías.  |
| <b>Construcción y Operación</b>   |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Durante la operación se requerirá agua para riego de control de polvos en el acarreo de materiales, así como agua potable para consumo de los trabajadores. | 2.7  | Solo se hará riegos ocasionales cuando así se requiera.  |
|   | 2.8  | El consumo de agua potable para los trabajadores será de agua purificada.  |
|   | 2.9  | Se deberá optimizar el uso del agua, ya que es un recurso escaso y lejano al sitio.  |
| Generación de aguas residuales sanitarias.  | 2.10 | Cerca del área del proyecto se encuentra el servicio de sanitarios por lo que no se necesario la instalación de letrinas portátiles.   |
| Disminución de la captación del agua por la deforestación del área.   | 2.11 | Canalizar los escurrimientos pluviales hacia las áreas de drenaje natural (arroyo), manteniendo el patrón de escurrimientos de la zona.  |
|   | 2.12 | Se tendrá el cuidado de no dañar la vegetación de las áreas aledañas al área de la cantera caliza, para favorecer la capacitación del agua en la zona.   |
|   | 2.13 | Se desarrollará una berma de contención la cual tendrá la capacidad de retener el agua por precipitación.  |
|   | 2.14 | El desmonte se realizará de forma paulatina conforme el proyecto avance para evitar la disminución de captación de agua debido a la deforestación.   |
| <b>Abandono</b>   |      | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| Aprovechamiento de aguas pluviales.   | 2.14 | Captar las aguas pluviales mediante obras para la restauración del suelo.  |
| <b>3. SUELO</b>   |      |  |
| <b>Preparación del sitio</b>  |      | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| En el despalme y descapote se tendrán cambios en las características físicas del suelo al alterar sus condiciones naturales                                 | 3.1  | En el área del proyecto se encuentra elementos gruesos y la presencia de suelo fértil es nula o muy baja por lo que no es posible extracción de suelo fértil. Alrededor del proyecto se desarrollará una berma la cual tendrá la capacidad de evitar la erosión del suelo por el desmonte. |
|   | 3.2  | El desmonte se realizará de forma paulatina conforme el proyecto avance para evitar el aumento de erosión de suelo.  |
| El manejo de los residuos generados puede afectar el suelo.   | 3.3  | Instalar contenedores metálicos para almacenamiento en forma separada los diferentes tipos de residuos, los contenedores deberán tener cierre hermético y letreros que indiquen su   |



|   |      |  |
|---|------|--|
|   |      | contenido. En las diferentes áreas de trabajo se deberá contar con recipientes para la recolección y separación de los residuos.   |
| <b>Construcción y operación</b>                                       |      | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| En la actividad de extracción de caliza se generará material estéril. | 3.4  | Efectuar la disposición de material estéril en los sitios asignados para tal fin (tepetateras o vaciadores), el cual se ubica en el límite del tajo.   |
| El manejo de los residuos generados puede afectar el suelo.           | 3.5  | Instalar contenedores metálicos para almacenar en forma y separar los diferentes tipos de residuos, los contenedores deberán tener cierre hermético y letreros que indiquen su contenido. En las diferentes áreas de trabajo se debe contar con recipientes para la recolección y separación de los residuos.                |
| El suelo desnudo del área de minado estará sujeto a erosión hídrica.  | 3.5  | Efectuar recolección de residuos sólidos de manera frecuente.  |
|   | 3.6  | Almacenar temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplan con la normatividad y efectuar su disposición en sitios autorizados por la SEMARNAT.  |
|   | 3.7  | Queda prohibido la disposición de los residuos en los cauces de los arroyos.   |
|   | 3.8  | La construcción de la berma en el área del proyecto evitará erosión hídrica ya que será capaz de almacenar el agua por precipitación.  |
|   | 3.9  | El desmonte se realizará de forma paulatina conforme el proyecto avance para evitar el aumento de erosión de hídrica.  |
| <b>Abandono del sitio</b>   |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| El área requiere de rehabilitación.                                   | 3.10 | Al operar el programa de rehabilitación de las áreas afectadas, por la falta de suelo fértil no se será posible la reincorporación de este, sin embargo, se llevará a cabo un programa de reforestación con especies nativas.  |
| <b>4. VEGETACIÓN</b>  |      |  |
| <b>Preparación del sitio</b>  |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Los trabajos de desmonte removerán la cubierta vegetal.               | 4.1  | No iniciar actividades hasta que se cuente con autorización de la SEMARNAT para el cambio de uso de suelo de terreno forestales.   |
|   | 4.2  | Operar programa de rescate, principalmente para las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMANART-2010 y especies arbóreas y cactáceas que suele ser de lento crecimiento en comparación de las herbáceas y arbustivas.  |
|   | 4.3  | Señalar previamente la superficie a utilizar en el proyecto 15-73-74 una superficie mayor de la debida.  |
|   | 4.4  | Las especies rescatadas se ubicarán en áreas aledañas al proyecto.   |
|   | 4.5  | A todo aquel material vegetal que sea removido se le dará un manejo adecuado, debiendo seccionarse, picarse y depositarse en las áreas de almacenamiento temporal de suelo fértil, ubicados en el extremo noreste del área del trajo, a efecto de ser utilizado posteriormente en las actividades de restauración del sitio. |
|   | 4.6  | El desmonte se realizará de forma paulatina conforme el proyecto avance esto ayudará a postergar los impactos negativos de la remoción de vegetación y disminuir el tiempo que este desprovisto el suelo.  |



|  |      |  |
|--|------|--|
|  | 4.7  | Se impartirá un curso de capacitación al personal que laborará en el proyecto, levantando una minuta a fin de dar a conocer las condiciones bajo a las que se laborará, tales como:  |
|  | A    | No se permitirá acumular residuos de origen vegetal o cualquier otro, fuera o dentro de los límites de las áreas de almacenamiento temporal, salvo en casos de emergencia y por periodos muy breves.   |
|  | B    | Queda estrictamente prohibido coleccionar, dañar o comercializar las especies vegetales dentro y fuera de las áreas de proyecto.   |
|  | C    | En caso de encontrarse especies bajo estatus de protección en las áreas donde se ejecutarán las obras, estas serán reubicadas al vivero de la empresa.   |
| <b>Construcción y operación</b>  |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Mantenimiento de especies rescatadas   | 4.8  | Operar programa de mantenimiento y seguimiento de especies rescatadas.   |
|  | 4.9  | Queda estrictamente prohibido coleccionar, dañar o comercializar las especies vegetales dentro y fuera de las áreas de proyecto.   |
| <b>Abandono del sitio</b>  |      | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| Rehabilitación de áreas  | 4.10 | Operar programa de rehabilitación del área, el cual incluya la reforestación con replante de los individuos rescatados y suelo de vegetación nativa.   |
|  | 4.11 | Operar el programa de compensación que determine la autoridad en la materia de autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales para recuperar servicios ambientales.   |
| <b>FAUNA</b>   |      |  |
| <b>Preparación del sitio</b>   |      | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Los trabajos de desmonte y despulme alterarán el hábitat de la fauna por la remoción de la cubierta vegetal. | 5.1  | Previo a las actividades de desmonte se deberá seguir con las especificaciones establecidas en el programa de rescate de fauna silvestre consistente a ahuyentar a la fauna silvestre existente con el propósito de no incurrir en la eliminación de ejemplares de fauna silvestre.  |
|  | 5.2  | Realizar los trabajos de desmonte y despulme en forma gradual, con el objetivo de permitir la salida de la fauna silvestre permitiendo su reacomodo gradual en otras zonas.  |
|  | 5.3  | Implementar el programa de manejo que considere medidas para el rescate, conservación y protección de todas las especies faunísticas, nidos y madrigueras que fueron observadas en el área del proyecto. Los ejemplares rescatados y/o reubicados se registrarán en el Formato A Control de ejemplares rescatados.   |
|  | 5.4  | En el muestreo no se encontraron especies en listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se llevará un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna; en caso de encontrarse algún ejemplar de los listados en esa norma se deberá proceder a su rescate y reubicación en un sitio de características similares al del origen, previo acuerdo con la autoridad ambiental. |
|  | 5.5  | Se impartirá un curso de capacitación al personal que laborará en el proyecto, levantando una minuta, a fin de dar a conocer las condiciones bajo las que se laborará tales como:  |
|  | A    | Queda estrictamente prohibido la caza, capturar, dañar y comercializar especies de fauna silvestre, así como realizar  |



|  |     |  |
|--|-----|--|
|  |     | actividades de desmonte y aprovechamiento forestal en las zonas de anidación, refugio y alimentación de especies faunísticas en las cuales no se hayan realizado labores de rescate.   |
| <b>Construcción y Operación</b>  |     | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Especies pueden sufrir daño en la operación  | 5.6 | Queda estrictamente prohibido: cazar, capturar, dañar y comercializar especies de fauna silvestre, así como realizar actividades de desmonte y aprovechamiento forestal en las zonas de anidación, refugio y alimentación de especies faunísticas en las cuales no se hayan realizado labores de rescate.      |
| <b>Abandono del sitio</b>  |     | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| Reintegración de especies  | 5.7 | Aplicar el programa de rehabilitación de las áreas en el cual se contemplan el proporcionar facilidad para el retorno de la fauna al sitio.  |
| <b>6. SOCIOECONÓMICO</b>   |     |  |
| <b>Preparación del sitio</b>   |     | <b>Medidas de mitigación</b>   |
| Requerimiento de servicio disposición final de residuos sólidos que genere el personal.  | 6.1 | Instalar contenedores metálicos para almacenar en forma separada los diferentes tipos de residuos, los contenedores deberán tener cierre hermético y letreros que indiquen su contenido. En las diferentes áreas de trabajo que deben contar con recipientes para la recolección y separación de los residuos. |
|  | 6.2 | Efectuar la recolección de residuos sólidos de manera frecuente.   |
| Prevenir generación de residuos provenientes del mantenimiento de maquinaria y equipo en las áreas de trabajo.   | 6.3 | Prohibir se realicen en los sitios de preparación los servicios a maquinaria y equipo.   |
| <b>Construcción y Operación</b>  |     | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Requerimiento de servicio disposición final de residuos sólidos que genera el personal.  | 6.4 | Efectuar la recolección de residuos sólidos de manera frecuente.   |
| Requerimiento de servicios de disposición final autorizada de residuos peligrosos que se generan en la operación y mantenimiento de maquinaria y equipo. | 6.5 | Efectuar disposición final de residuos peligrosos en sitios autorizados por la SEMARNAT.   |
| Prevenir generación de residuos provenientes del mantenimiento de maquinaria y equipo en las áreas de trabajo.   | 6.6 | Prohibir se realice el mantenimiento de maquinaria y equipo en el área del proyecto.   |
| <b>Abandono</b>  |     | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Requerimiento de servicio disposición final de residuos sólidos que se generen en el desmantelamiento de la infraestructura.                             | 6.7 | Efectuar la recolección de residuos sólidos de manera frecuente.   |
| <b>7. RIESGO</b>   |     |  |
| <b>Construcción y Operación</b>  |     | <b>Medidas de Mitigación</b>   |
| Riesgos por el manejo de combustibles de la maquinaria a   | 7.1 | Contar con programa de manejo de combustibles.   |

|   |     |  |
|---|-----|--|
| utilizar en las actividades del proyecto. |     |  |
| <b>8. GENERALES</b>                       |     |  |
| Personal especializado                    | 8.1 | Se deberá contar en el sitio con personal especializado con el conocimiento, destreza y experiencia en el área ambiental en todos sus aspectos incluyendo la parte legal, cuyas funciones serán dar el seguimiento, vigilancia y atención de todas las actividades desde el punto de vista ambiental.                                |
| Informes a la autoridad                   | 8.2 | Presentar en tiempo y forma los reportes e informes que establezca la autoridad.   |
| Prevención de contingencias               | 8.3 | Contar con un programa de prevención y control de contingencia.  |
| Prevención de derrames                    | 8.4 | Se instrumentaron las medidas de seguridad que sean necesarias, para evitar la contaminación provocada por derrames accidentales de grasa, aceites e hidrocarburos provenientes de la maquinaria que se utilice durante los trabajos inherentes al proyecto.   |
| Capacitación al personal                  | 8.5 | Se deberá dar a todo el personal que participe en el proyecto capacitación en materia ambiental donde se debe inducir la participación en materia ambiental donde se debe inducir la participación en las tareas de conservación, a través de pláticas y por medio de folletos y trípticos de carácter informativo.                  |
| Promoción entre la comunidad              | 8.6 | Incluir la difusión y promoción del proyecto entre la población aledaña, desde a la etapa de preparación del sitio, a fin de que se tome conciencia de la importancia del proyecto y de la necesidad de colaborar en la protección y resguardo de las instalaciones, así como de la conservación de los recursos naturales del área. |
|   | 8.7 | Contratar personal de la zona con el objeto de evitar la generación de impactos por la demanda de bienes y servicios y canalizar parte de la derrama económica hacia la región.  |

## VI.2. Impactos residuales

El presente proyecto conlleva el cambio de utilización de terrenos forestales hacia uso de cantera caliza de los impactos residuales a generar es positivo debido a lo siguiente:

La extracción de caliza será utilizada en la fabricación de cementos para la industria de la construcción lo cual redundará en la continuación de empleos y servicios, manteniéndose un impacto residual altamente positivo.

Dado que el área del proyecto será posteriormente sujeta a rehabilitación se tendrá nuevamente la presencia de masa vegetal, siendo entonces el único impacto residual negativo el cambio de relieve del sitio.

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

### VII.1. Pronostico del escenario.

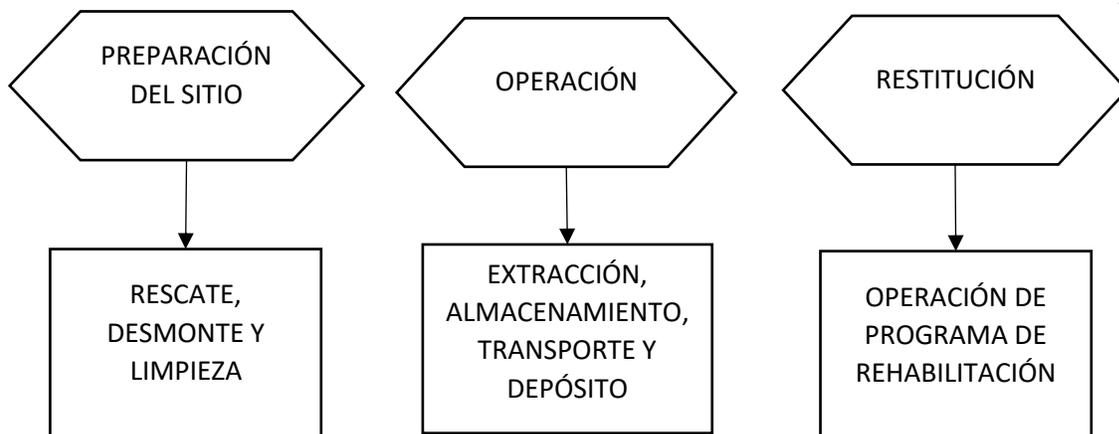
Se presenta un análisis del escenario resultante al introducir el proyecto en el sitio y se identifican las acciones que pueden provocar impacto a cada uno de los componentes ambientales o consolidación de los procesos de cambio existentes. Para construir el escenario resultante, se hace una descripción de como la combinación de los impactos del proyecto modificará el entorno. En caso de que algunos impactos pudieran provocar años permanentes al ambiente o contribuir en la consolidación de los procesos de cambio existente, se señalará durante esta descripción.

La función de pronósticos define la intensidad de los impactos en el medio ambiente, resultante de la gama de alternativas que se considere en el estudio (de localización, de opciones de las características de las obras, etc.), facilita el análisis de los proyectos alternativos en términos de magnitud y la localización de ellos lugares en donde pueden ocurrir los impactos.

Una de las maneras de analizar sus componentes es a través de un análisis de sistema para comprender los aspectos de tecnología, socioeconómico, ambientales y de gestión ambiental que exista a su alrededor, no necesariamente en forma lineal o secuencial. Por ello generar el diagrama de flujo del proyecto permite comprender la estructura del sistema e inferir sobre los aspectos negativos para mitigar sus efectos en el proyecto.

El diagrama de flujo es un diagrama característico de la Dinámica de Sistemas. Básicamente consiste en la clasificación de los elementos del sistema.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES



En primer lugar, hay que identificar el problema con claridad y describir los impactos adversos del estudio con precisión, que son los que se desea revertir. Aunque sea obvio, es muy importante una definición correcta del problema real ya que todas las etapas siguientes gravitarán sobre ello.

Una vez definido el núcleo del problema se ha de completar su descripción en base a la aportación de conocimientos del tema por parte de los expertos, documentación básica sobre el tema, etc. El resultado de esta fase debe de ser una primera percepción de los “elementos” que tienen relación con el problema planteado, las relaciones hipotéticas existentes entre ellos, y su comportamiento histórico.

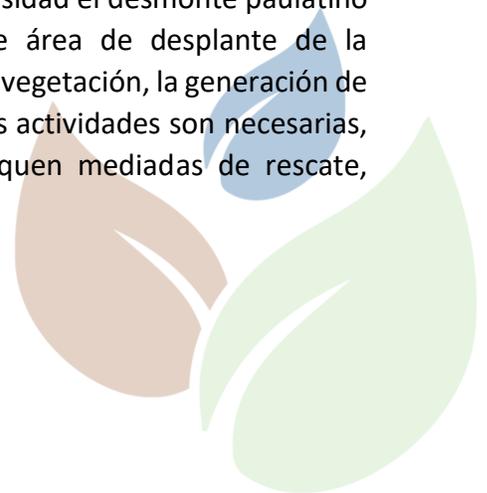
A continuación, se describe un enfoque para interpretar la realidad. Muy posiblemente no existe lo que podríamos llamar “forma correcta” o “la mejor manera” de observar la realidad, puesto que es imposible señalar a una sola dirección como la mejor o la más correcta.

El conjunto de los elementos que tienen relación con nuestro problema y permite en principio explicar el comportamiento observado, junto con las relaciones entre ellos, en muchos casos de retroalimentación, forman el Sistema. El Diagrama Causal es un diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos. Una vez conocidas globalmente las variables del sistema y las hipotéticas relaciones causales existente entre ellas, se pasa a la representación grafica de las mismas. En este diagrama, las diferentes relaciones están representadas por flechas entre las variables afectadas por ellas.

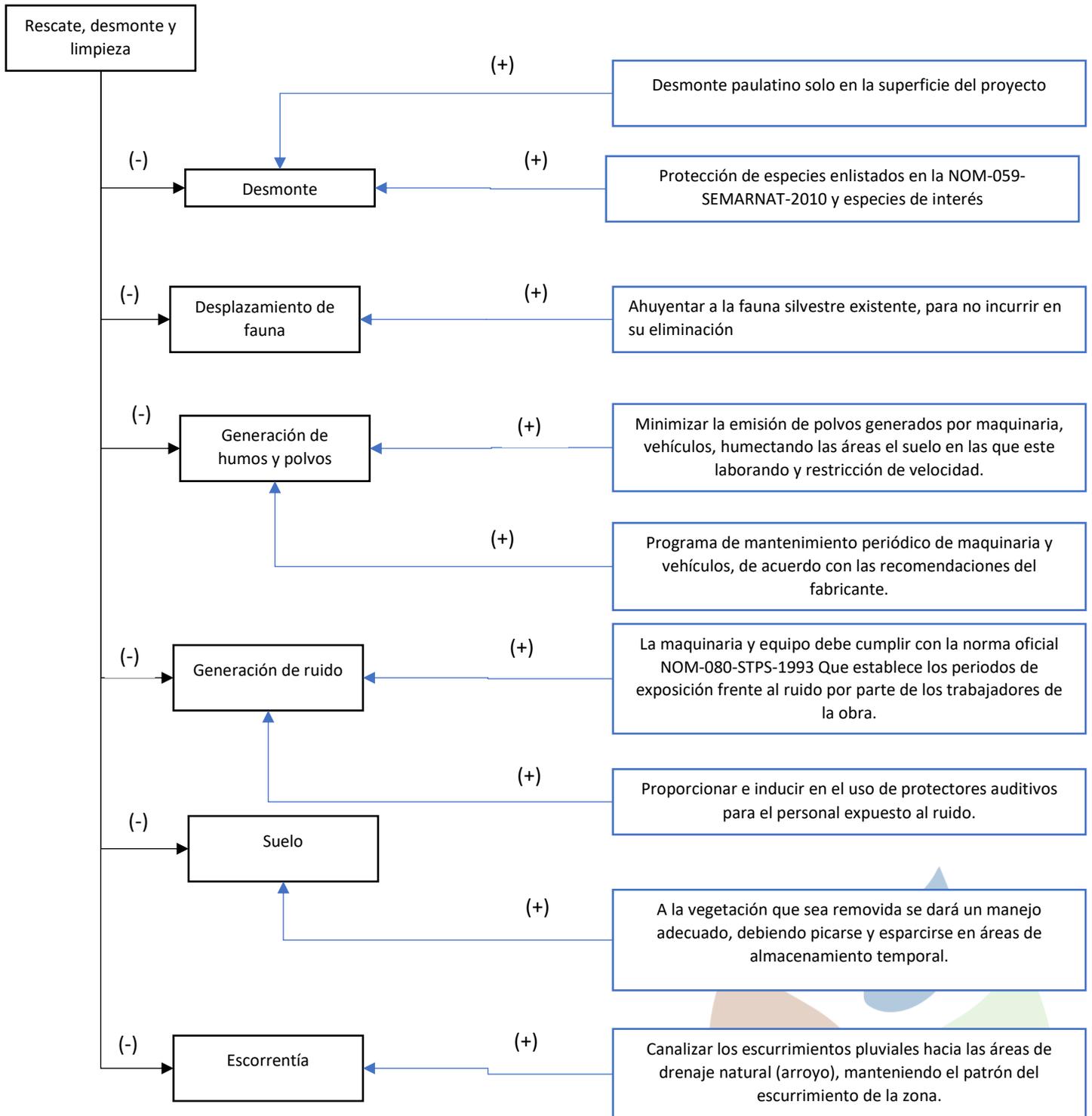
Aun cuando la relación proyecto-recurso es positiva, el proyecto “CUS Bloque H” presenta impactos adversos concentrados en la etapa del proyecto de preparación del sitio y operación.

Las relaciones causales negativas del proyecto que intervienen son varias, las cuales se destacan más adelante con las medidas de corrección, en su caso aplicables.

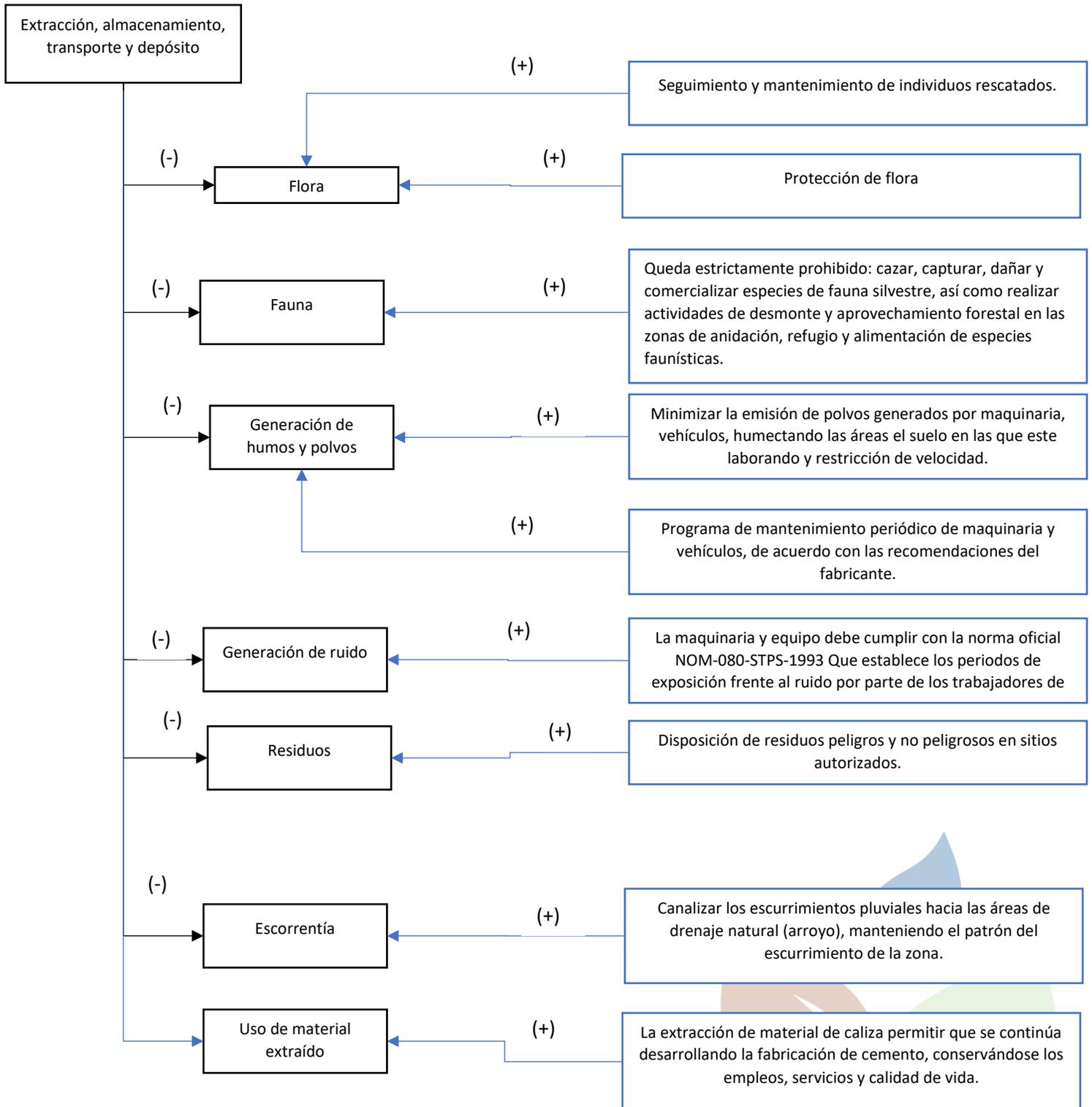
Así, en la preparación del sitio lo más relevante resulta la necesidad el desmonte paulatino del sitio donde se operarán los bancos de material y de área de desplante de la sobrelevación de la cortina, con la consecuente eliminación de vegetación, la generación de ruido, polvos y cambios del relieve durante la operación. Estas actividades son necesarias, pero se verán atenuadas y revertidas una vez que se apliquen mediadas de rescate, compensación y restauración.



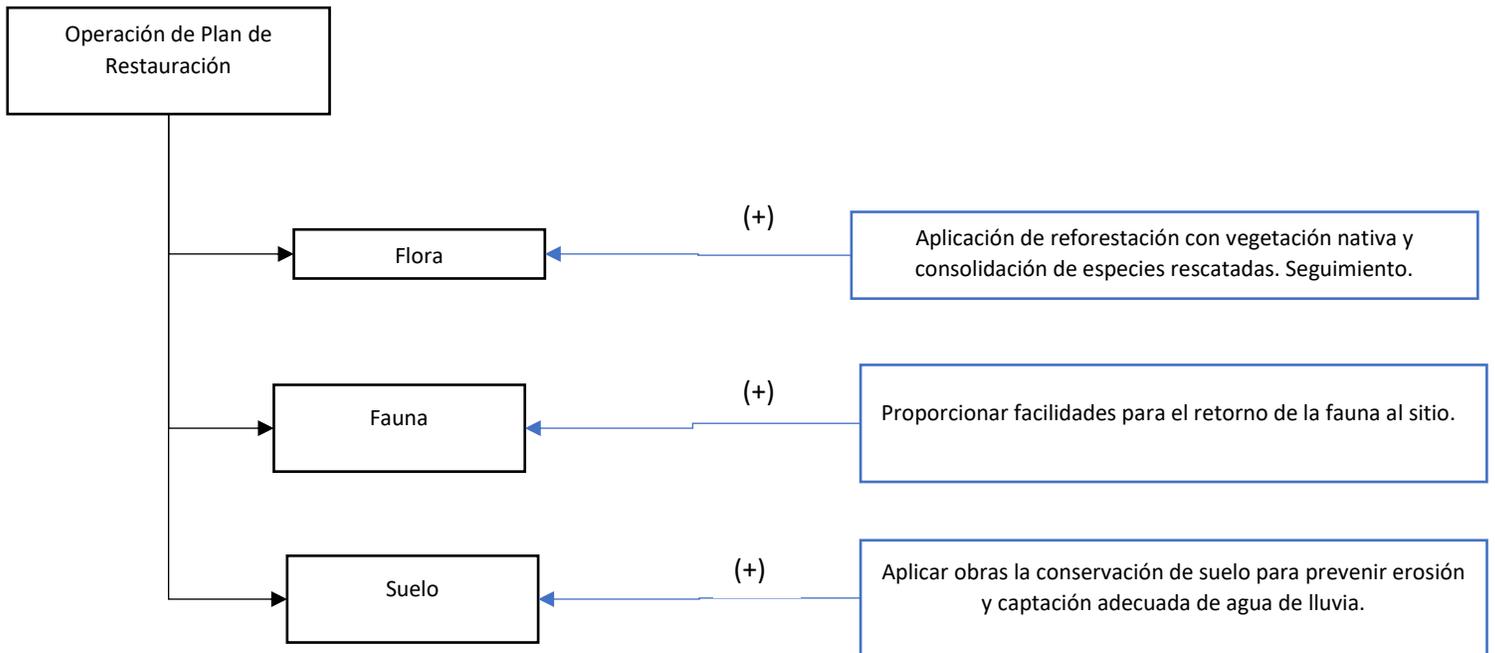
### PREPARACIÓN DEL SITIO



**OPERACIÓN**



## RESTAURACIÓN



Se identifica como impacto adverso principal el desmonte para la extracción paulatina de caliza en 15-73-74 ha, con presencia de especies de vegetación enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, la pérdida de hábitat original de fauna silvestre.

En la operación del proyecto se identifica como un importante impacto benéfico las consecuencias que traerá el uso del material extraído, ya que servirá para la producción de cemento lo cual redundará la continuación de empleos y servicios, manteniéndose un impacto residual altamente positivo.

Con las actividades de restauración del sitio se identifica impactos benéficos, ya que el establecimiento de obras de conservación de suelo, reincorporación de residuos de desmonte recuperado en la etapa de preparación del sitio y reforestación con vegetación nativa, permitirá recuperar y continuar con una importante cobertura vegetal en el área del proyecto.

Lo anterior indica que, aunque a un costo ambiental adverso medianamente significativo por el derribo de vegetación, es posible tener impacto benéfico significativo al permitir con el desarrollo del proyecto, lo que permitirá que se continúe con la extracción y beneficio de caliza y por ende, la continuidad de empleos y servicios.



## **VII.2. Programa de Vigilancia Ambiental**

Existen diversas políticas y criterios para el cuidado del medioambiente que el promovente establecerá para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales y para la operación de la cantera caliza, las cuales serán implementadas en todas las etapas del presente proyecto. Aunado a lo anterior, el proyecto contará con un programa de monitoreo en el cual se integrarán las diversas medidas de mitigación resultante de la evaluación de la presente manifestación por parte de la autoridad.

Se mantendrá el control y seguimiento de todas y cada una de aquellas medidas correctivas establecidas en la presente manifestación de impacto ambiental, de tal manera que, por un lado, se garantice la protección de las variables ambientales que pudieran verse afectadas por la ejecución de las obras y, por otro lado, se evalúe la eficacia de las medidas de correctivas propuestas, así como las desviaciones respecto a lo provisto en la identificación y valoración de impactos.

## **VII.3. Conclusiones**

Considerando las características del presente proyecto señaladas en el Capítulo II, la descripción del área de estudio en el Capítulo IV y el análisis de impactos del Capítulo V, podemos concluir que la afectación de este proyecto se restringe en el primer lugar adversamente solamente al área de la ampliación de la cantera caliza y positivamente hacia la zona al utilizarse el material extraído en beneficio de continuar con las actividades de extracción y por ende, en preservar los empleos y servicios correspondientes.

Así mismo, al considerar las diferentes medidas que el promovente implementará junto con las medidas de mitigación específicas, en cada uno de los impactos identificados por el presente proyecto, es de esperarse que las afectaciones que se generarán en sus diferentes etapas sean aún más controladas.

Se identifica como impacto adverso principal el desmonte para la extracción paulatina de caliza en 15-73-74 ha, con presencia de especies de vegetación enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, la pérdida de hábitat original de fauna silvestre.

En la operación del proyecto se identifica como un importante impacto benéfico las consecuencias que traerá el uso del material extraído, ya que servirá para la producción de cemento lo cual impactará positivamente con la continuación de empleos y servicios, manteniéndose un impacto residual altamente positivo.

Con las actividades de restauración del sitio se identifica impactos benéficos, ya que el establecimiento de obras de conservación de suelo, reincorporación de residuos de desmonte recuperado en la etapa de preparación del sitio y reforestación con vegetación

nativa, permitirá recuperar y continuar con una importante cobertura vegetal en el área del proyecto.

La vegetación natural, fauna silvestre, el agua, el aire y el clima no será afectados en gran magnitud, ya que se han tomado las medidas preventivas y de mitigación adecuada para el tipo de proyecto, por lo que los impactos que pudiera ocasionar el mismo, no presentan daños significativos al ambiente, ni alteraciones al ecosistema, debido a que cumple con las disposiciones y lineamientos de las leyes, normas y planes de desarrollo establecidos por el gobierno federal y estatal.

Es importante mencionar, que al remover la vegetación se recuperan las especies de difíciles regeneración y lento crecimiento que sean susceptibles de rescate y de fauna de lento desplazamiento, así como las especies de ambas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las especies vegetales que serán rescatas, serán trasladadas a áreas adyacentes del proyecto para su sobrevivencia.

Lo anterior indica que, aunque a un costo ambiental adverso medianamente significativo por el derribo de vegetación, es posible tener impacto benéfico significativo con el desarrollo del proyecto, lo que permitirá que se continúe con la extracción y aprovechar los beneficios de caliza, así como la continuidad de empleos y servicios.



## **VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.**

### **VIII.1. Bibliografía**

Alcalá, M., González, J.C. & Prat, C. 2011. Suelos con riesgo a la degradación en la cuenca de Coatzacoahuila, Michoacán. VII encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia.

Brown, G.C. 1982. Andesites. Jhon Willey & Sons. 437-461 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2010. 'Probabilidad de ocurrencia de huracanes categoría 1 (H1) en México', escala: 1:1000000. edición: Primera. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2012a. 'Grado de riesgo por sequías por municipio', escala: 1:200000. edición: 1a. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2012b. 'Grado de riesgo por ciclones tropicales por municipio', escala: 1:200000. edición: 1a. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2012c. 'Grado de riesgo por nevadas por municipio', escala: 1:200000. edición: 1a. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2012d. 'Grado de riesgo por inundaciones por municipio', escala: 1:1000000. edición: Primera. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2012. 'Grado de riesgo por ciclones tropicales por municipio', escala: 1:200000. edición: 1a. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Distrito Federal Coyoacán.

Comisión Nacional del Agua, 2018. Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX) & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. 'Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves'. Escala 1:250000. México. Financiado por CONABIO-FMCN-CCA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 5 de febrero de 1917. (México).

COTECOCA, 1974. Flora del Estado de Sonora. COTECOCA, Sonora

Cuervo-Robayo, A. P., Téllez-Valdés, O., Gómez-Albores, M. A., Venegas-Barrera, C. S., Manjarrez, J., Martínez-Meyer, E., (2014). 'Temperatura media anual en México (1910-2009)', escala: 1:1000000. modificado por CONABIO (2015). México, D. F..

Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996

Doan, T. 2003. Wich methods are most efective for surveying rain forest herpetofauna? Journal of Herpetology, 37(1),72-81.

Fredericksen, T. S., & Mostacedo, B. (2000). Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. Forest Ecology and Management, 131, 47-55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00199-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00199-1)

García, E. – CONABIO. 1998. 'Temperatura máxima promedio'. Escala 1:1000000. México.

García, E. – CONABIO. 1998b. 'Temperatura mínima promedio'. Escala 1:1000000. México

Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster. 1994. Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios. Editorial Universitaria de la Patagonia, Chubut.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Síntesis de Información geográfica del estado de Sonora.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) & Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap). 1997. Estadísticas del Medio Ambiente SEMARNAP México, 1997.

Krebs, H.I., Dipietro, L., Levy-Tzedek, S., 2008. A paradigm shift for rehabilitation robotics. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine vol. 27, no. 4, pp. 61-70.

Ley de Aguas Nacionales. Último Reforma DOF 06-01-2020.  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_060120.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf)

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada DOF 5-06-2018.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5525247&fecha=05/06/2018](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525247&fecha=05/06/2018)

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. Última Reforma DOF 09-01-2015.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/148.pdf>

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última Reforma DOF 22-05-2015.  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir/LGPGIR\\_ref10\\_22may15.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir/LGPGIR_ref10_22may15.pdf)

MAGURRAN, A., 1988.- Ecology diversity and it's measurement. Princeton. New Jersey. 179 p.

Magurran, A.E. & McGill, B.J. 2011. Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press, Oxford.

Martínez-Ménez, M. 2005. Estimación de variables hidrológicas. SAGARPA, INCA Rural y Colegio de Posgraduados. Curso Taller "Desarrollo de capacidades orientadas al aprovechamiento del suelo, agua y vegetación". Módulo II – 05 "Estimación de escurrimientos". México.

Morgan, William (1985). Limits of Human Performance. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign. Illinois. Pág. 70 - 80.

NOM-024-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales en aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.  
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/024ssa13.html#:~:text=NORMA%20OFICIAL%20MEXICANA%20NOM%2D024,%22SALUD%20AMBIENTAL.&text=VALOR>



# Forestal Angel

## CONSULTORÍA

[%20PERMISIBLE%20PARA%20LA%20CONCENTRACION,LA%20SALUD%20DE%20LA%20POBLACION%22.](#)

NOM-025-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas menores de 10 micras (PM-10). Valor permisible para la concentración de partículas menores a 10 micras en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.  
[http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa13.html#:~:text=NORMA%20OFICIAL%20MEXICANA%20NOM%2D025,%22SALUD%20AMBIENTAL.&text=VALOR%20PERMISIBLE%20PARA%20LA%20CONCENTRACION,LA%20SALUD%20DE%20LA%20POBLACION%22.](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa13.html#:~:text=NORMA%20OFICIAL%20MEXICANA%20NOM%2D025,%22SALUD%20AMBIENTAL.&text=VALOR%20PERMISIBLE%20PARA%20LA%20CONCENTRACION,LA%20SALUD%20DE%20LA%20POBLACION%22)

NOM-041-SEMARNAT-2006. Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. DOF 20-10-2011.  
[http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/Acu\\_semarnat041y047-1110.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/Acu_semarnat041y047-1110.pdf)

NOM-042-SEMARNAT-2003. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. DOF 07-09-2005.  
<https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1208/1/nom-042-semarnat-2003.pdf>

NOM-047-SEMARNAT-1999. Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. DOF 23-04-2003.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2281n.pdf>

NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos. DOF 23-06-2006.  
<http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/2006/052semarnat.pdf>

NOM-054-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma NOM-052-ECOL-1993. DOF 23-04-2003.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/054.pdf>

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. DOF 30-12-2010.  
[https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom\\_059\\_semarnat\\_2010.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf)

NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. DOF 03-04-2003.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/081.pdf>

NOM-138-SEMARNAT/SS-2005. Límites máximos de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. DOF 29-03-2005-  
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat138ss-05.pdf>

Raisz, E. 1959. Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., Mapa con texto, escala 1:3'000,000

Ralph, C.J., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, D.F. De Sante y B. Milá. 1996. Manual de mé- Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación 115 todos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report, PSW- GTR-159, Pacific Southwest Research Station, Forest Services, U.S. Department of Agriculture, Albany, California.

Reglamento de La Ley de Aguas Nacionales. Ultima reforma publicada DOF 25-08-2014.  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LAN\\_250814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf)

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. DOF 09-10-2020.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5607136&fecha=09/12/2020](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5607136&fecha=09/12/2020)

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Ultima Reforme DOF 31-10-2014.  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGEEPA\\_MEIA\\_311014.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf)

Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Última Reforma DOF 31-10-2014.

[https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1157/1/reglamento\\_de\\_la\\_lgeepa\\_en\\_materia\\_de\\_prevencion\\_y\\_control\\_de\\_la\\_contaminacion\\_de\\_la\\_atmosfera.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1157/1/reglamento_de_la_lgeepa_en_materia_de_prevencion_y_control_de_la_contaminacion_de_la_atmosfera.pdf)

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Nuevo Reglamento DOF 30-11-2006.

[http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/4140/1/reg\\_lgpgir.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/4140/1/reg_lgpgir.pdf)

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa, México, D. F. 432 p.

Rueda, J. V., Castro F., Cortéz C. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: una Compilación. 135-172, En Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. RodríguezMaecha, E. La Marca. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina, Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo Nº 2, Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Colombia.

Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 pp.

Rzedowski, J. 1966. Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica. Acta Botánica Mexicana. 14:13-12.

Rzedowski, J. y Reyna-Trujillo, T. (1990), "Divisiones florística" en Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas. IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1: 8 000 000. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Schlüter, A.; Icochea, J. & Pérez, J. 2004. Amphibians and reptiles of the lower Río Lullapichis, Amazonian Peru: updated species list with ecological and biogeographical notes. Salamandra, Rheinbach, 40(2),141-160.

SEMARNAP; ahora Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNANT], 1997

SEMARNAT, Dirección de Geomática, (2004). 'Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000.', escala: 1:250000. México, Distrito Federal.

Skidmore EL. 1983. Wind erosion calculator-revision of residue table. J Soil Water Conserv 38:110-112.

Skidmore, E.L. 1983. Wind Erosion Climatic Erosivity. Climatic Chonge 9. 195-208 pp.

Sotelo R., E., Gutiérrez C., M. del C., Cruz B., G., Ortiz S., C. A., & Segura C., M. A. (2008). Historia y desarrollo de la clasificación de vertisoles en el sistema FAO y la taxonomía. Terra Latinoamericana, 26(4), 325-332. Recuperado en 21 de octubre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792008000400005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000400005&lng=es&tlng=es).

Tribuna. 18 de noviembre de 2020. Turismo en Sonora, un sector que necesita salir de la 'cuarentena'. <https://www.tribuna.com.mx/economia/2020/11/18/turismo-en-sonora-un-sector-que-necesita-salir-de-la-cuarentena-212802.html>

UNFCC. 1992. Convención marco de naciones unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas, Río de Janeiro.

Vidal-Zepeda, R. (1990), 'Precipitación media anual' en Precipitación, IV.4.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1 :4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México  
Vidal-Zepeda, R. (1990), 'Precipitación media anual' en Precipitación, IV.4.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1 :4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Wilson, D. E., Rusell, F., Nichols, J. D., Rudran, R. & Foster, M. S. (Eds.). 1996. Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standar Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington and London

Woodruff, N. P. & Siddoway, F. H. 1965. A wind erosion equation. Soil Sci Soc Am Proc. 29: 602-608 pp.

