

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

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

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

**Fundamento Legal.** - La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113, fracción I, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

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



**Firma del titular.** - Mtro. Alejandro Pérez Hernández.

**Fecha y número de Resolución.** - en la sesión celebrada el 14 de octubre de 2022, con el número de Resolución **ACTA\_21\_2022\_SIPOT\_3T\_2022\_ART69.**



# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

**DIRECCION GENERAL DE**  
IMPACTO Y RIESGO  
**AMBIENTAL**



*Comisión Federal de Electricidad*

DIRECCIÓN CORPORATIVA DE OPERACIONES  
GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS

**DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO,  
MODALIDAD “B” REGIONAL  
PROYECTO CENTRAL FOTOVOLTAICA PUERTO PEÑASCO  
FASE I (120+300 MW)**



OCTUBRE 2021

## CONTENIDO

### SÍNTESIS DEL PROYECTO (RESUMEN EJECUTIVO)

#### I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.

- I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO**
  - I.1.1. Nombre del proyecto
  - I.1.2. Ubicación del proyecto
  - I.1.3. Duración del proyecto
- I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE**
  - I.2.1. Nombre o Razón Social
  - I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes
  - I.2.3. Datos del Representante Legal
  - I.2.4. Dirección del Promovente para oír y recibir notificaciones
- I.3. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO**
  - I.3.1. Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental
  - I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes
  - I.3.3. Dirección del responsable técnico del documento técnico unificado
  - I.3.4. Datos de inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo

#### II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- II.1. INFORMACIÓN GENERAL**
  - II.1.1. Naturaleza del proyecto
  - II.1.2. Objetivo del proyecto
  - II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto
  - II.1.4. Inversión Requerida
- II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO**
  - II.2.1. Programa de trabajo
  - II.2.2. Representación gráfica regional
  - II.2.3. Representación gráfica local
  - II.2.4. Descripción general del Proyecto
    - II.2.4.1 Descripción de una central fotovoltaica
    - II.2.4.2 Descripción del Proyecto
  - II.2.5. Estudios Previos
  - II.2.6. Preparación del sitio y construcción
    - II.2.6.1. Preparación del sitio
    - II.2.6.2. Construcción del proyecto
    - II.2.6.3. Obras y actividades provisionales del proyecto
  - II.2.7. Estimación de volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del CUSTF

- II.2.8. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta a CUSTF
- II.2.8. Operación y Mantenimiento
- 2.2.9. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones
- II.2.10. Residuos
- II.2.11. Generación de gases efecto invernadero

### **III. VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.**

- III.1. ORDENAMIENTOS JURÍDICOS FEDERALES**
  - III.1.1. Leyes y Reglamentos
- III.2. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)**
  - III.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
  - III.2.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora
  - III.2.3. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Costa de Sonora.
- III.3. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDA**
- III.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS**
- III.5. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO (PDU)**
  - III.5.1. Plan Nacional de desarrollo
  - III.5.2. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021
  - III.5.3 Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021 Puerto Peñasco
  - III.5.4. Programa de desarrollo urbano del centro de población de Puerto Peñasco
- III.6. OTROS INSTRUMENTOS**
  - III.6.1 Áreas de importancia
  - III.6.2 Sitios Ramsar
  - III.6.3. Programa Sectorial de Energía 2020-2024
  - III.6.4. Convenio 169 de la OIT

### **IV. DESCRIPCION DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.**

- IV.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO**
- IV.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA)**
  - IV.2.1. Análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA
    - IV.2.1.1. Medio abiótico
      - Clima
        - Temperaturas
        - Precipitación
        - Evaporación
      - Fenómenos meteorológicos
      - Fenómenos especiales
      - Ciclones y huracanes
    - Geología
    - Edafología
    - Análisis de riesgo de erosión hídrica en el SAR
    - Análisis de riesgo de erosión eólica en el SAR
    - Análisis de riesgo de erosión hídrica en el área del proyecto

- Análisis de riesgo de erosión eólica en el área del proyecto
- Hidrología
- Capacidad de infiltración
- Aire
- IV.2.1.2** Medio biótico
- Vegetación
- Fauna
- Medio socioeconómico
- Paisaje
- IV.3.** **SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIEGO POR EL CAMBIO DE USO DEL SUELO**
- IV.4** **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

## **V. IDENTIFICACION, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

- V.1.** **IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**
  - Actividades y/o aspectos más relevantes del proyecto
  - Lista de factores y componentes ambientales susceptibles a ser impactados por las actividades del proyecto.
  - Identificación de las interacciones mediante una matriz tipo Leopold
- V.2.** **CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS**
- V.3.** **VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS**
- V.4.** **IMPACTOS RESIDUALES**
- V.5.** **IMPACTOS ACUMULATIVOS**
- V.6.** **CONCLUSIONES**

## **VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DE SUELO**

- VI.1.** **JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**
- VI.2.** **BIODIVERSIDAD**
  - VI.2.1. Parámetros comparativos que guardan la comunidad vegetativa en el AP y los sitios de Vegetación de desiertos arenosos en el SAR.
  - VI.2.2. Análisis de la riqueza específica.
  - VI.2.3. Análisis comparativo del IVI entre sitios con vegetación de desiertos arenosos del SAR y AP.
  - VI.2.4. Análisis de biodiversidad para vegetación de desiertos arenosos del SAR con AP
  - VI.2.5. Conclusión
  - VI.2.6. Parámetros comparativos que guardan la comunidad faunística con el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos del SAR.
  - VI.2.7. Conclusiones
- VI.3** **ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DE EROSIÓN**
  - VI.3.1. Erosión hídrica
  - VI.3.2. Erosión Eólica
- VI.4** **CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA**
  - VI.4.1. Calculo de infiltración en el área propuesta para realizar la reforestación con vegetación de desiertos arenosos

- VI.4.2. La calidad de agua
- VI.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA**
- VI.6. CONCLUSIONES**

## **VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

- VII.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN**
- VII.2. PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)**
- VII.3. SEGUIMIENTO Y CONTROL**
- VII.4. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS**

## **VIII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

- VIII.1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO**
- VIII.2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO**
- VIII.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**
- VIII.4. PRONÓSTICO AMBIENTAL**
- VIII.5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**
- VIII.6. CONCLUSIONES**

## **IX. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.**

- IX.1. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN**
  - IX.1.1. Cartografía
  - IX.1.2. Fotografía
  - IX.1.3. Videos
- IX.2. OTROS ANEXOS**
  - BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo II

- Tabla II.1. Superficie Requerida
- Tabla II.2. Coordenadas de cuadro de construcción de las áreas requeridas del Proyecto
- Tabla II.3. Monto de inversión estimado CFV Puerto Peñasco Fase I
- Tabla II.4. Bancos de materiales cercanos al área del Proyecto
- Tabla II.5. Preparación del sitio y construcción
- Tabla II.6. Listado florístico derivado de los muestreos de vegetación realizados en el Área del Proyecto CFV Puerto Peñasco 420 MW
- Tabla II.7. Coordenadas Sitios de Muestreo Área del Proyecto
- Tabla II.8. Cálculo de volumen para el Estrato Arbóreo
- Tabla II.9. Cálculo de volumen para el Estrato Arbustivo
- Tabla II.10. Resumen de Volumen por estrato y especie en el área del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW
- Tabla II.11. Precios aproximados de la madera según su uso
- Tabla II.12. Volumen por estrato y especie en el área del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW
- Tabla II.13. Valor aproximado del volumen de madera de mezquite en el AP según sus usos potenciales
- Tabla II.14. Valor aproximado del volumen de madera para especies arbustivas en el AP según sus usos potenciales
- Tabla II.15. Estrato Arbustivo
- Tabla II.16. Metodología de estimación de carbono almacenado en la vegetación
- Tabla II.17. Resumen de la estimación económica de los recursos forestales
- Tabla II.18. Características principales de los equipos
- Tabla II.19. Programa de actividades para el abandono del proyecto
- Tabla II.20. Generación de residuos peligrosos: etapas de preparación del sitio y construcción
- Tabla II.21. Residuos peligrosos: etapas de preparación del sitio y construcción

### Capítulo III

- Tabla III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6

### Capítulo IV

- Tabla IV.1. Estaciones meteorológicas
- Tabla VI.2. Resumen de días en que la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son., fue afectada por ciclones tropicales
- Tabla IV.3. Frecuencia anual de ciclones del Océano Pacífico que afectaron la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son.
- Tabla IV.4. Ciclones tropicales del Océano Pacífico que afectaron la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son. de forma directa
- Tabla IV.5. Ciclones tropicales del Océano Pacífico que afectaron indirectamente a la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son.
- Tabla IV.6. Estación meteorológica Puerto Peñasco (26072), CONAGUA
- Tabla IV.7. Cálculo de la erosión hídrica actual en la Microcuenca Sierra Pinta
- Tabla IV.8. Valores de la variable CAUSO según el tipo de vegetación (FAO, 1980)



- Tabla IV.9.** Erosión eólica en la Microcuenca Sierra Pinta
- Tabla IV.10.** Erosión hídrica en el Área del Proyecto
- Tabla IV.11.** Erosión hídrica (Sin vegetación).
- Tabla IV.12.** Erosión eólica actual en el Área del Proyecto
- Tabla IV.13.** Comparación de la erosión en el AP y SAR
- Tabla IV.14.** Estimación de la infiltración de agua en el SAR
- Tabla IV.15.** Estimación de la infiltración de agua en el AP
- Tabla IV.16.** Uso de suelo y tipo de vegetación en el SAR
- Tabla IV.17.** Listado florístico de la Microcuenca Sierra Pinta
- Tabla IV.18.** Superficies de muestreo en el SAR
- Tabla IV.19.** Coordenadas centrales de los sitios de muestreo del SAR
- Tabla IV.20.** Uso de suelo y tipo de vegetación en el AP
- Tabla IV.21.** Listado florístico del AP
- Tabla IV.22.** Superficies de muestreo en el AP
- Tabla IV.23.** Coordenadas de los sitios de muestreo del AP
- Tabla IV.24.** Índice de Valor de Importancia (IVI) del estrato arbóreo en el SAR
- Tabla IV.25.** IVI del estrato arbustivo en el SAR
- Tabla IV.26.** IVI del estrato herbáceo en el SAR
- Tabla IV.27.** IVI de las suculentas en el SAR
- Tabla IV.28.** IVI del estrato arbóreo en el AP
- Tabla IV.29.** IVI del estrato arbustivo en el AP
- Tabla IV.30.** IVI de los estratos herbáceo y el de suculentas en el AP
- Tabla IV.31.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato arbóreo)
- Tabla IV.32.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato arbustivo)
- Tabla IV.33.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato herbáceo y suculentas)
- Tabla IV.34.** Comparación del IVI entre los sitios de Vegetación de Desiertos Arenosos del SAR y el AP
- Tabla IV.35.** Índices de diversidad por estrato en el SAR
- Tabla IV.36.** Índices de diversidad por estrato en el AP
- Tabla IV.37.** Índices de diversidad para Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR
- Tabla IV.38.** Análisis de los índices de diversidad de la VDA en el SAR y AP
- Tabla IV.39.** Coordenadas de los sitios de muestreo de fauna en el SAR
- Tabla IV.40.** Coordenadas de los sitios de muestreo de fauna en el AP
- Tabla IV.41.** Coordenadas de los transectos en el AP
- Tabla IV.42.** Coordenada de los transectos en el SAR
- Tabla IV.43.** Representación numérica del esfuerzo de muestreo ejecutado mediante transectos
- Tabla IV.44.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de redes de niebla
- Tabla IV.45.** Estimación del esfuerzo de muestreo mediante el uso de Sherman y Tomahawk
- Tabla IV.46.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de cámaras trampa
- Tabla IV.47.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de trampas de caída o Pitfall
- Tabla IV.48.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de horas-hombre
- Tabla IV.49.** Comparación de los registros de fauna mediante muestreo en campo en el SAR y AP con el registro reportado en la RBEPGDA
- Tabla IV.50.** Comparación de los registros de fauna mediante muestreo en campo en el SAR y AP con

fuentes diversas

**Tabla IV.51.** Representatividad de las especies registradas en la zona de muestreo y las especies consultadas en la bibliografía

**Tabla IV.52.** Listado faunístico registrado en el SAR

**Tabla IV.53.** Listado faunístico registrado en el AP

**Tabla IV.54.** Listado faunístico en la VDA en el SAR

**Tabla IV.55.** Índices de diversidad de especies de fauna en el SAR

**Tabla IV.56.** Índices de diversidad de especies de fauna en el AP

**Tabla IV.57.** Índices de diversidad de especies faunísticas en VDA en el SAR

**Tabla IV.58.** Análisis de los índices de diversidad de la fauna en VDA en el SAR y AP

**Tabla IV.59.** Comparación de los índices de diversidad de fauna en VDA en el SAR y AP

**Tabla IV.60.** Resultados de índices de diversidad

**Tabla IV.61.** Índices de diversidad para mamíferos

**Tabla IV.62.** Índices de diversidad para reptiles

**Tabla IV.63.** Índices de diversidad para anfibios

**Tabla IV.64.** Población de las localidades cercanas al área del proyecto

**Tabla IV.65.** Población del municipio de Puerto Peñasco

**Tabla IV.66.** Datos de vivienda del municipio

**Tabla IV.67.** Disponibilidad de bienes, servicios y equipamiento en las viviendas

**Tabla IV.68.** Características educativas del municipio

**Tabla IV.69.** Datos de la población que habla lengua indígena

**Tabla IV.70.** Características económicas del municipio

**Tabla IV.71.** Afiliación a servicios de salud

**Tabla IV.72.** Valoración de los tipos de ocupación de suelo en función de criterios estéticos y ecológicos en el área de estudio

**Tabla IV.73.** Valoración de la fragilidad visual de la vegetación en el área de estudio

**Tabla IV.74.** Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el CUSTF

**Tabla IV.75.** Problemática ambiental del SAR

## Capítulo V

**Tabla V.1.** Lista de actividades que se desarrollarán en cada etapa del Proyecto

**Tabla V.2.** Lista de factores y componentes ambientales en los que incidirán las actividades del Proyecto

**Tabla V.3.** Descripción de los posibles impactos ambientales por las actividades del Proyecto

**Tabla V.4.** Matriz de interacción-identificación entre factores ambientales y actividades del Proyecto

**Tabla V.5.** Interacciones identificadas entre factores y etapas del Proyecto

**Tabla V.6.** Clasificación y definición de los criterios utilizados para evaluar la significancia de impactos

**Tabla V.7.** Criterios y escalas de evaluación

**Tabla V.8.** Ecuaciones aplicadas para obtener la significancia de los impactos

**Tabla V.9.** Escala de significancia

**Tablas V.10.** Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales (negativos y positivos) generados durante la etapa de Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, y Desmantelamiento y abandono del sitio

**Tabla V.11.** Matriz de significancia del Proyecto

**Tabla V.12.** Impactos residuales

**Tabla V.13.** Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales residuales generados por el

Proyecto CFV Puerto Peñasco 420 MW

## Capítulo VI

- Tabla VI.1.** Tipos de vegetación y coberturas con la superficie que ocupan en el SAR
- Tabla VI.2.** Tipos de vegetación y coberturas con la superficie que ocupan en el AP
- Tabla VI.3.** Listado florístico por estrato en el SAR
- Tabla VI.4.** Cálculo IVI para el AP y los sitios con vegetación de desiertos arenosos del SAR
- Tabla VI.5.** Índices de diversidad flora en el AP y SAR
- Tabla VI.6.** Riqueza de especies y abundancia por grupo faunístico en el AP y con vegetación de desiertos arenosos
- Tabla VI.7.** Comparativo entre los índices de diversidad para aves en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos
- Tabla VI.8.** Comparativo entre los índices de diversidad para mamíferos en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos
- Tabla VI.9.** Comparativo entre los índices de diversidad para reptiles en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos
- Tabla VI.10.** Comparativo entre los índices de diversidad para anfibios en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos
- Tabla VI.11.** Incremento en la erosión hídrica para el segundo y tercer escenario respecto a la condición original
- Tabla VI.12.** Incremento en la erosión eólica sobre el escenario dos y tres respecto a la condición actual
- Tabla VI.13.** Calidad del agua en función del cambio de uso de suelo en terrenos forestales
- Tabla VI.14.** Desglose de la inversión para la Fase I (120 MW) al Sistema Interconectado Nacional, Región Noroeste
- Tabla VI.15.** Desglose de la inversión para la Fase I (300 MW) al Sistema eléctrico, B.C.
- Tabla VI.16.** Desglose de la inversión para la Fase II (300 MW) al Sistema eléctrico, B.C.
- Tabla VI.17.** Desglose de la inversión para la Fase III (280 MW) al Sistema eléctrico, B.C.
- Tabla VI.18.** Desglose del monto total estimado de inversión
- Tabla VI.19.** Condiciones de crédito 75%
- Tabla VI.20.** Condiciones de crédito 25%
- Tabla VI.21.** Resultado neto de operación desglosado
- Tabla VI.22.** Resultado del análisis de sensibilidad
- Tabla VI.23.** Descripción de los principales beneficios del Proyecto

## Capítulo VII

- Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción
- Tabla VII.2.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de operación y mantenimiento
- Tabla VII.3.** Descripción de las medidas de mitigación para la etapa de abandono
- Tabla VII.4.** Programa de actividades para el manejo de los Residuos
- Tabla VII.5.** Programa de Reforestación
- Tabla VII.6.** Costos estimados de los Programas que conforman el Programa de Manejo Ambiental (PMA)

## INDICE DE FIGURAS

### Capítulo I

**Figura I.1.** Ubicación del Proyecto

**Figura I.2.** Copia de la inscripción en el Registro Forestal Nacional

**Figura I.3.** Cédula Profesional del responsable de la ejecución del cambio de uso de suelo

### Capítulo II

**Figura II.1.** Recurso Solar en México Irradiación Global Horizontal (GHI). Fuente: ESMAP

**Figura II.2.** Centrales Eléctricas instaladas a 2019 sector privado. Fuente PRODESEN 2020-2034

**Figura II.3.** Localización del predio en donde se instalará el proyecto

**Figura II.4.** Áreas Requeridas para el desarrollo del Proyecto

**Figura II.5.** Arreglo General Etapa I 120 MW

**Figura II.6.** Arreglo General Etapa II 300 MW

**Figura II.7.** Caminos de Acceso a la Central (Etapas I y II) 420 MW

**Figura II.8.** Programa General de trabajo del Proyecto

**Figura II.9.** Ubicación Regional del Proyecto en el Estado de Sonora

**Figura II.10.** Representación gráfica local del Proyecto

**Figura II.11.** Esquema del funcionamiento de una central fotovoltaica. Fuente: ABB White Paper y GreenPeace

**Figura II.12.** Esquema general de un sistema de almacenamiento para una central fotovoltaica. Fuente: <https://en.sungrowpower.com/>

**Figura II.13.** Bloque de contenedores para el sistema de almacenamiento de energía eléctrica (BESS). Fuente: <https://en.sungrowpower.com/>

**Figura II.14.** Ejemplo de operatividad para un sistema de almacenamiento de energía con baterías. Fuente: Solar Power Europe/

**Figura II.15.** Curvas de comportamiento de un módulo fotovoltaico. Fuente: TrinaSolar DataSheet

**Figura II.16.** Módulo fotovoltaico de silicio cristalino. Fuente: DataSheet JINKO Solar

**Figura II.17.** Seguidor en un eje. Fuente: SOLTEC y TRINA Solar Datasheet

**Figura II.18.** Adaptabilidad del terreno del seguidor de 1 eje. Fuente: <https://www.solarpowerworldonline.com/2015/06/how-does-a-new-single-axis-tracking-process-increase-solar-plant-efficiency/>

**Figura II.19.** Caja de Conexión. Fuente: Catalogo Schneider/ABB

**Figura II.20.** Inversor Central. Fuente: ABB catálogo

**Figura II.21.** Centro de transformación en MT. Fuente: SUNGROW datasheet

**Figura II.22.** Centro de interconexión. Fuente: Visita CFE-PL

**Figura II.23.** Esquema conceptual de la interconexión del Proyecto

**Figura II.24.** Actividades de preparación del terreno, en sitios con características similares a las del Proyecto

**Figura II.25.** Trazo de estructuras soporte del sistema de seguimiento en eje

**Figura II.26.** Caminos interiores en la central piloto de 5 MW en el Cerro Prieto

**Figura II.27.** Métodos más comunes para el hincado del sistema de seguimiento. Fuente: <https://mechatron.eu/products/single-axis-trackers/horizontal/>

**Figura II.28.** Tipo de subestación eléctrica para la interconexión del proyecto

- Figura II.29.** Ejemplo de excavaciones y rellenos para instalación de módulos fotovoltaicos  
**Figura II.30.** Colocación de plantillas, acero de refuerzo, cimbra y colado de cimentaciones de estructuras para centrales fotovoltaicas  
**Figura II.31.** Tipo de Cercas Perimetrales  
**Figura II.32.** Soportes y estructuras metálicas para los módulos fotovoltaicos  
**Figura II.33.** Montaje de módulos fotovoltaicos, instalación de cableado eléctrico y de equipos de medición  
**Figura II.34.** Plancha de concreto y equipos de un equipo de almacenamiento Eléctrico. Fuente: visita CFE Aura Solar, BCS  
**Figura II.35.** Sitios de muestreo dentro del área del proyecto  
**Figura II.36.** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto  
**Figura II.37.** Características de la vegetación en el área del Proyecto  
**Figura II.38.** Representación esquemática de una central fotovoltaica  
**Figura II.39.** Esquema conceptual base para un sistema de almacenamiento SAE. Fuente: INGETEAM datasheet  
**Figura II.40.** Centrales fotovoltaicas en escala comercial

### Capítulo III

- Figura III.1.** Unidad Biofísica Desierto de Altar donde incide el Proyecto  
**Figura III.2.** UGA's del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora, sobre las que incide el proyecto  
**Figura III.3.** Boletín Oficial  
**Figura III.4.** Ubicación del proyecto con respecto a las Áreas Naturales Protegidas  
**Figura III.5.** Límite del centro de población  
**Figura III.6.** Núcleos principales del municipio  
**Figura III.7.** Zonificación Primaria  
**Figura III.8.** Reservas y Usos de Suelo  
**Figura III.9.** Tabla de compatibilidad de usos de suelo  
**Figura III.10.** Ubicación del Proyecto con respecto a las AICA's  
**Figura III.11.** Ubicación del Proyecto con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias  
**Figura III.12.** Ubicación del Proyecto con respecto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias  
**Figura III.13.** Ubicación del proyecto respecto a los sitios RAMSAR

### Capítulo IV

- Figura IV.1.** Localización del Proyecto  
**Figura IV.2.** Regiones Hidrológico-Administrativas (Fuente: CONAGUA)  
**Figura IV.3.** Regiones hidrológicas de la RH-A II Noroeste. (Fuente: CONAGUA)  
**Figura IV.4.** Cuenca Hidrológica Desierto de Altar – Río Bámori, donde se ubica la Microcuenca/SAR Sierra Pinta  
**Figura IV.5.** Subcuencas Sonoita- Quitovac y Martha Aurelia- La Primavera donde se ubica la Microcuenca/SAR Sierra Pinta  
**Figura IV.6.** Tipo de clima presente en el SAR  
**Figura IV.7.** Estación climática 26-072  
**Figura IV.8.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1851-1874)  
**Figura IV.9.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1875-1899)  
**Figura IV.10.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1900-1924)

- Figura IV.11.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1925-1949)
- Figura IV.12.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1950-1974)
- Figura IV.13.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1975-1999)
- Figura IV.14.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (2000-2020)
- Figura IV.15.** Trayectorias del océano Pacífico que tuvieron afectación directa a la zona de estudio de la CFV. Puerto Peñasco, Son.
- Figura IV.16.** Trayectorias del océano Pacífico que tuvieron afectación indirecta a la zona de estudio de la CFV. Puerto Peñasco, Son.
- Figura IV.17.** Geología del área de estudio
- Figura IV.18.** Mapa de elevación del área de interés
- Figura IV.19.** Mapa de pendientes del área de interés
- Figura IV.20.** Tipos de suelo
- Figura IV.21.** Localización de la estación meteorológica de CONAGUA, Puerto Peñasco
- Figura IV.22.** Hidrología Superficial del Área de Estudio
- Figura IV.23.** Distribución de la Región del Desierto de Sonora
- Figura IV.24.** Tipos de vegetación
- Figura IV.25.** Dunas dentro del SAR
- Figura IV.26.** Sitios para muestreos de vegetación dentro del SAR
- Figura IV.27.** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto
- Figura IV.28.** Sitios para muestreos de vegetación dentro del área del proyecto
- Figura IV.29.** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto
- Figura IV.30.** Abundancia de individuos por estrato
- Figura IV.31.** Índices de diversidad de vegetación
- Figura IV.32.** Muestreos de fauna en la microcuenca/SAR
- Figura IV.33.** Muestreos de fauna en el área del proyecto
- Figura IV.34.** Transectos de ancho fijo
- Figura IV.35.** Transectos de ancho variable
- Figura IV.36.** Transectos de fauna en el área del proyecto.
- Figura IV.37.** Transectos de fauna en la microcuenca/SAR
- Figura IV.38.** Evidencia de observación de avifauna en los transectos de muestreo
- Figura IV.39.** Evidencia de observación de mamíferos en los transectos de muestreo
- Figura IV.40.** Evidencia de búsqueda y observación de reptiles en los transectos de muestreo
- Figura IV.41.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con redes de niebla
- Figura IV.42.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con Tramas Sherman
- Figura IV.43.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con trampas Tomahawk
- Figura IV.44.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con fototrapas
- Figura IV.45.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampas de caída o Pitfall
- Figura IV.46.** Rastros de excretas (a) y huellas de coyote (b) (*Canis latrans*)
- Figura IV.47.** En ambas figuras se muestra el uso de guías para la identificación de las aves
- Figura IV.48.** Se muestra el uso de guías para la identificación de la herpetofauna
- Figura IV.49.** Curva de acumulación de especies para el Área del Proyecto
- Figura IV.50.** Curva de acumulación de especies para el Sistema Ambiental Regional
- Figura IV.51.** *Cathartes aura* (zopilote aura)
- Figura IV.52.** *Corvus corax* (cuervo común)

- Figura IV.53.** Canis latrans (coyote)
- Figura IV.54.** Vulpes macrotis (zorra del desierto)
- Figura IV.55.** Uta stansburiana (lagartija de mancha lateral norteña)
- Figura IV.56.** Aspidoscelis tigris (huico tigre)
- Figura IV.57.** Imagen Panorámica del Área de Estudio (SAR)
- Figura IV.58.** Aspecto actual del área del Proyecto
- Figura IV.59.** Ubicación de la UMA dentro del SAR
- Figura IV.60.** Condiciones del estero
- Figura IV.61.** Condiciones de las dunas
- Figura IV.62.** Imágenes panorámicas del río “Guadalupe”
- Figura IV.63.** Condiciones del río Sonoyta
- Figura IV.64.** Corredores biológicos

## Capítulo VI

- Figura VI.1.** Sistema Ambiental Regional y Microcuenca hidrológico – forestal

## Capítulo VII

- Figura VII.1.** Ubicación del sitio propuesto para realizar la reforestación

## I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.

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

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

Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW).

#### I.1.2. Ubicación del proyecto.

El proyecto se desarrollará en el Municipio de Puerto Peñasco, en el Estado de Sonora. Para acceder al sitio del proyecto, se sigue la carretera Puerto Peñasco - Caborca, por aproximadamente 27 km, se siguen las indicaciones para acceder al Aeropuerto Internacional Mar de Cortés y a un costado del camino de acceso a éste se encuentra el área propiedad de CFE (Figura I.1.)

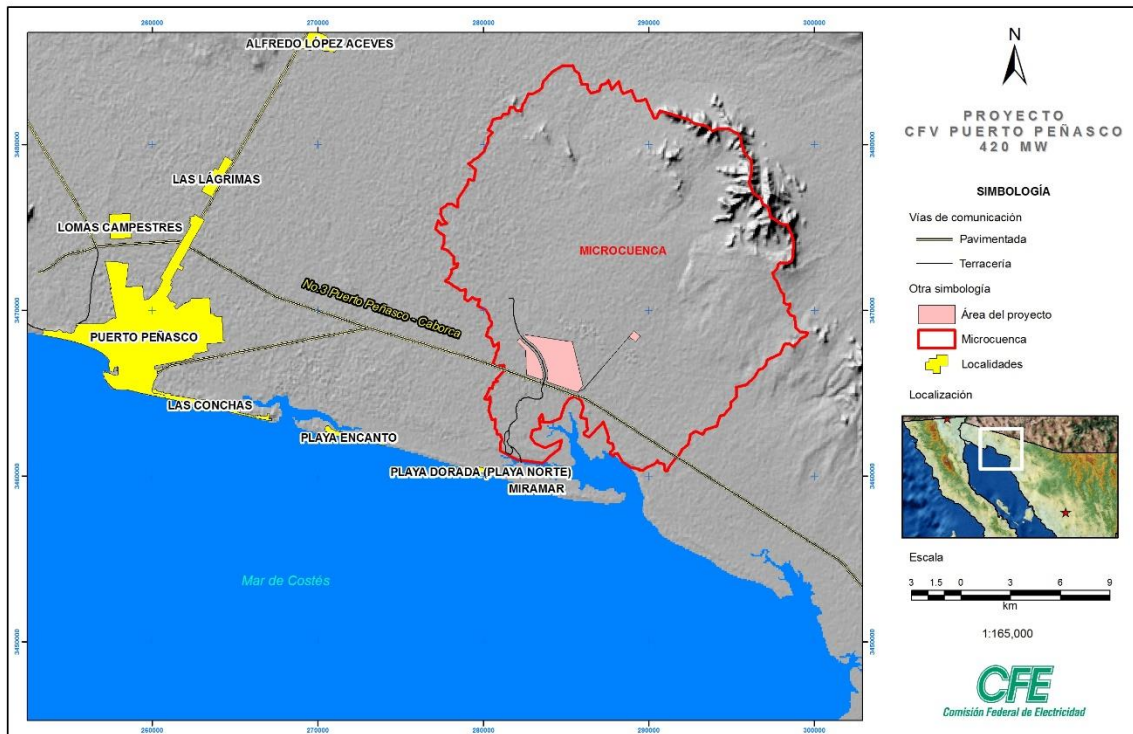


Figura I.1. Ubicación del Proyecto.



### I.1.3. Duración del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto, se estima un periodo de 36 meses para las etapas de actividades previas, preparación del sitio y construcción, 30 años para la etapa de operación y mantenimiento, y 24 meses para la etapa de abandono del sitio y restauración, dando como resultado un total de 35 años.

		2021												2022												2023												2024											
No.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL											
<b>ETAPA I 120 MW</b>																																																	
1	ACTIVIDADES PREVIAS																																																
1.1	Medición del Recurso																																																
1.2	Evaluación del Recurso																																																
1.3	Estudios del sitio (Fase I, II y III)																																																
1.4	Permiso Ambiental y Social (Fase I -Etapa I y II.)																																																
1.5	Dimensionamiento de equipos Principales																																																
1.6	Especificaciones Técnicas																																																
1.7	Permiso de Interconexión y Generación (Fase I -Etapa I-)																																																
1.8	Proceso de Contratación																																																
2	CONSTRUCCIÓN																																																
2.1	Actividades Preliminares																																																
2.2	Ingeniería detalle de Obras Civiles																																																
2.3	Ingeniería detalle de Obras Electromecánicas																																																
2.4	Ingeniería detalle de Comunicación y Control																																																
2.5	Suministros Módulos e Inversores																																																
2.6	Suministros Sistema Almacenamiento																																																
2.7	Suministro de equipos Eléctricos de media y alta tensión																																																
2.8	Preparación del sitio y caminos de acceso																																																
2.9	Obras Civiles																																																
2.1	Obras Electromecánicas																																																
2.11	Instalaciones de Comunicaciones y Control																																																
2.12	Pruebas y Puesta en Servicio																																																
2.13	Inicio de Operación																																																
<b>ETAPA II 300 MW</b>																																																	
1	ACTIVIDADES PREVIAS																																																
1.1	Dimensionamiento de equipos Principales																																																
1.2	Especificaciones Técnicas																																																
1.3	Permiso de Interconexión y Generación (Fase I -Etapa II-)																																																
1.4	Proceso de Contratación																																																
2	CONSTRUCCIÓN																																																
2.1	Actividades Preliminares																																																
2.2	Ingeniería detalle de Obras Civiles																																																
2.3	Ingeniería detalle de Obras Electromecánicas																																																
2.4	Ingeniería detalle de Comunicación y Control																																																
2.5	Suministros Módulos e Inversores																																																
2.6	Suministros Sistema Almacenamiento																																																
2.7	Suministro de equipos Eléctricos de media y alta tensión																																																
2.8	Preparación del sitio y caminos de acceso																																																
2.9	Obras Civiles																																																
2.1	Obras Electromecánicas																																																
2.11	Instalaciones de Comunicaciones y Control																																																
2.12	Pruebas y Puesta en Servicio																																																
2.13	Inicio de Operación																																																

### I.2. Datos generales del promovente.

#### I.2.1. Nombre o razón social

Comisión Federal de Electricidad.

En el **Anexo I.1.** se presenta copia simple del acta constitutiva de la empresa, y de la modificación de estatutos más reciente.

#### I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

[Redacted]

### **I.2.3. Datos del Representante Legal**

[Redacted]

En el **Anexo I.2.** se presenta copia certificada del poder correspondiente.

### **I.2.4. Dirección del promovente para oír y recibir notificaciones.**

[Redacted]

\*Manifiesto que acepto recibir comunicados oficiales, al respecto de este proyecto, por parte de la autoridad por medio de medios electrónicos en los correos citados anteriormente.

### **I.3. Responsable de la elaboración del documento técnico unificado.**

#### **I.3.1. Nombre del responsable técnico del documento técnico unificado en materia de impacto ambiental.**

[Redacted]

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

[Redacted]

#### **I.3.3. Dirección del responsable técnico del documento técnico unificado.**

[Redacted]

[Redacted text block]

**I.3.4. Datos de Inscripción en el Registro de la persona que haya formulado el documento en materia forestal y, en su caso, del responsable de dirigir la ejecución del cambio de uso de suelo.**

[Redacted text block]

Registro Forestal Nacional, Libro Michoacán, Tipo UI, Volumen 4, Número 39, Año 2013.

  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

**DELEGACION FEDERAL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN**

Bitácora: 16/A1-0373/09/13  
Oficio No. MICH/GA/04/7372/2013  
Asunto: Certificado de Inscripción en el Registro Forestal Nacional

*Por un uso responsable del papel, las copias de conocimiento de este asunto son remitidas vía electrónica*

Morelia, Michoacán a 25 de septiembre de 2013  
" 2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano "

**C. JORGE EDGAR BARAJAS RODRIGUEZ**  
**DOMICILIO: AVENIDA OCAMPO 344 S/N,**  
**COL. JUAREZ; C.P. 58010**  
**MORELIA; MICHOACÁN**

En atención a su solicitud recibida con fecha 20 de septiembre de 2013 mediante la cual solicita su inscripción en el Registro Forestal Nacional como Prestador de Servicios Técnicos Forestales Persona Física.

Con fundamento en los Artículos 26 y 32 Bis de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 19 fracción XXV, 38, 39 y 40 fracción XX del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 16 fracción VI, 51 fracción IV y 107 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 16 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; y en virtud de haber cumplido con los requisitos que señalan los artículos 75 fracción I y 76 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, y con lo dispuesto en el artículo 194-N-1 de la Ley Federal de Derechos; **se certifica:**

Que en el Registro Forestal Nacional con fecha 25 de septiembre de 2013 se realizó su inscripción integrándose en el **Libro MICH, Tipo UI, Volumen 4, Número 39, Año 13;** como Prestador de Servicios Técnicos Forestales Persona Física, lo que le faculta para llevar a cabo las actividades que se enuncian en el artículo 108 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, y en el 77 de su Reglamento.

Lo anterior, para su observancia y cumplimiento de las disposiciones legales aplicables.

**ATENTAMENTE**  
**EL DELEGADO FEDERAL**

  
**LIC. MARIO ALBERTO SERAFÍN TELLES**

  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES  
DELEGACION

C.c.p. Director General de Gestión Forestal y de Bosques-México, D.F.  
Delegado de la PROFEPA-Ciudad.  
Director General de la Comisión Forestal del Estado-Ciudad.  
Archivo

MASTICACIÓN Y FIRMAS

Periodista Bustamante No. 222 Col. Rinconada del Valle, Morelia, Michoacán. C.P. 58190. (443) 322-8001, (443) 308-0257.  
delegado@michoacan.semarnat.gob.mx

Figura I.2. Copia de la inscripción en el Registro Forestal Nacional.

**I.3.4. Personal que integró el documento:**

[Redacted text block containing names and details of personnel involved in the document]

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

### II.1. Información general del Proyecto.

Apoyado en su política energética, México actualmente está impulsando el aprovechamiento de sus abundantes recursos renovables en la generación de energía eléctrica, mediante la configuración de esquemas legales y mecanismos regulatorios, que permitan contribuir al compromiso mundial del cuidado del medio ambiente.

La nueva política energética del Estado mexicano impulsará el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables, mismas que serán fundamentales para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella y que suman unos dos millones de habitantes.

Por otro lado, es necesario realizar estudios de innovación y diversificación de fuentes generadoras de energía que permitan el desarrollo económico del país de manera congruente con las políticas ambientales establecidas. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene como una de sus responsabilidades asegurar el suministro de energía eléctrica, cuidando el medio ambiente y buscando disminuir la dependencia en los hidrocarburos. Son de particular interés las regiones en donde no se producen combustibles fósiles y que, sin embargo, poseen recursos naturales renovables de alto contenido energético, susceptible de convertirse en electricidad. Su aprovechamiento será una importante contribución al desarrollo sostenible de esas regiones.

La producción de energía eléctrica en México, considerando la generación neta de la CFE y de los diferentes permisionarios, durante 2019 fue de 317,820 GWh, de los cuales 74,573 GWh es de Energía Limpia (23.46%), proveniente de generación: Eoloeléctrica, Solar fotovoltaica, Bioenergía, Cogeneración Eficiente (se considera 100% como Energía Limpia), Geotermoeléctrica, Hidroeléctrica y Nucleoeléctrica.

Mientras que la producción de energía eléctrica al 2020 fue 312,347 GWh, con 86,988 GWh de Energía Limpia (27.85%), considera el 100% de la cogeneración eficiente como Energía Limpia como se venía considerando en los anteriores Programas de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional de 2015-2029 a 2020-2034.<sup>1</sup>

Ante tal situación, y debido a que los combustibles fósiles constituyen un recurso natural no renovable o de disponibilidad limitada, el aprovechamiento de fuentes renovables de energía resulta de gran relevancia. En este sentido, la CFE, a través de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG), ha desarrollado proyectos de energías renovables no

---

<sup>1</sup> PRODESEN 2021-2035

convencionales, desde la década de los setentas con la energía geotérmica, así como con energía eólica y solar desde los 90's.

En cuanto al aprovechamiento del sol para generar energía eléctrica, a finales de los 90 la GPG instaló un par de proyectos híbridos (solar-eólico-diésel) de electrificación rural en comunidades aisladas de Baja California Sur, los cuales se han mantenido en operación y representan una referencia de su aplicación a nivel nacional y mundial.

La CFE ha decidido continuar con el desarrollo de proyectos de energía renovable que aprovechen la energía solar en un sitio con alta insolación. El Proyecto que motiva este Documento Técnico Unificado (DTU) es la **Central Fotovoltaica Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)**, en el Estado de Sonora. La cual tendrá una capacidad suficiente para entregar **420 MW** de energía instantánea en Corriente Alterna (CA), con una generación anual estimada **total de por lo menos 1,195 GWh, considerando dos Etapas, una de 120 MW y otra de 300 MW**. Este proyecto se instalará en terrenos propiedad de la CFE.

El Proyecto considera un sistema de almacenamiento de energía y compensadores síncronos para mantener y/o aumentar la confiabilidad y seguridad de la red eléctrica, al integrar este proyecto solar.

Para la CFE es muy importante continuar con el desarrollo de proyectos de energía solar, ya que con ello coadyuva con las metas establecidas por el gobierno federal al apoyar la diversificación de fuentes generadoras de energía y fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

Las extensas regiones desérticas con que cuenta nuestro país, localizadas dentro de la zona conocida como cinturón solar mundial, podrían contribuir significativamente a satisfacer la demanda nacional de electricidad, por ejemplo, 145,000 MW de centrales solares fotovoltaicas instaladas en una superficie aproximada de 2,900 km<sup>2</sup> (4% de la extensión territorial del estado de Baja California), son capaces de producir poco más de 317,000 GWh por año, cifra similar al consumo nacional de electricidad durante el año 2019. Estos números dan una idea concreta del potencial solar disponible, de la necesidad de profundizar en su estudio e incrementar su aprovechamiento para procurar un futuro energético sustentable y un medio ambiente más limpio.

### II.1.1. Naturaleza del proyecto.

El Proyecto consiste en la instalación, operación y mantenimiento, así como la planeación de la etapa de abandono de la **Central Fotovoltaica Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)**, **considerando dos Etapas**: la primera de **120 MW**, y la segunda de **300 MW**, mediante las cuales se aprovechará el recurso solar de la zona para la generación de energía eléctrica,

incluyendo un sistema de almacenamiento de energía eléctrica (a partir de aquí será denominado “**Proyecto**”).

El Proyecto se desarrollará como una medida para disminuir la vulnerabilidad ante los efectos negativos del cambio climático al tratarse de un proyecto de generación de energía limpia, renovable, además atiende a lo establecido en:

a) El Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) que se encuentra dentro del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2020-2034) presentado por la Secretaría de Energía, y que, a su vez, se encuentra alineado con los siguientes principios y acciones prioritarias, entre otros:

1. Soberanía, seguridad energética nacional y sostenibilidad.
2. La Secretaría de Energía (SENER) realizará la planeación del Sistema Eléctrico Nacional y la Elaboración del PRODESEN en su última versión, como lo marca la ley, cuidando en todo momento el adecuado balance energético para abastecer el territorio nacional.
3. La SENER dirige la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, integrando la generación, transmisión, distribución, comercialización y transición energética, conforme a los requerimientos del desarrollo nacional.
4. Garantizar el suministro de energía eléctrica conforme al crecimiento económico del país en condiciones de calidad, cantidad y mejor precio para el consumidor
10. Aumentar la generación eléctrica con energías limpias y renovables, y cumplir con los compromisos internacionales en relación con el cambio climático y reducción de emisiones.
11. La electricidad es un servicio público necesario, que debe de cumplir con los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad, y sustentabilidad del Sistema Eléctrico.
13. Establecer un equilibrio responsable en las tarifas eléctricas en relación con los costos, tanto del porteo (transmisión-distribución), como del respaldo de generación; así como de los precios de los combustibles. Coordinar el diseño de metodologías y tarifas eléctricas, que permitan la rentabilidad y desarrollo sostenible de la industria eléctrica en su conjunto; así como de un servicio eléctrico de calidad y precio adecuado para los usuarios; y competitivo para la economía nacional.
14. Hacer uso óptimo de la infraestructura de generación de la empresa productiva del estado, especialmente para abastecer al Suministro Básico.



17. Garantizar el acceso al servicio eléctrico universal, eficiente, de calidad y confiable a todos los mexicanos.

18. Uso racional y sostenible de todos los recursos energéticos y tecnologías disponibles, para el desarrollo nacional e Integrar de manera ordenada, sostenible y confiable, las energías limpias y renovables en la matriz energética nacional. Con ello promover la generación y uso de las energías limpias, que contribuyan a la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y la recuperación de los sistemas ecológicos.

19. Producción nacional de ciencia, tecnología, ingeniería e industrias nacionales de equipos y bienes de capital, así como aprovechar la transferencia tecnológica que llegue al país.

20. Se proyecta una planeación en la demanda de electricidad y su complemento de generación fotovoltaica distribuida que requerirá en un futuro la carga de baterías de vehículos eléctricos en nuestro país, para el mediano y largo plazo.

21. De acuerdo con la Ley de transición energética es necesario reconocer a la empresa productiva del estado su contribución a la generación nacional de electricidad con energías limpias, para que apliquen los mismos criterios administrativos y financieros que los demás productores privados.

24. La generación renovable intermitente deberá cumplir con el criterio de no afectación a la Confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional, tanto a nivel nacional como regional.

b) Por su parte la Ley General de Cambio Climático establecen como meta la reducción de un 50% de emisiones al 2050 con relación con las emitidas en el año 2000. Mientras que el Artículo Tercero Transitorio de esta misma establece el objetivo de lograr por lo menos 35% de generación de energía eléctrica a base de energías limpias para el año 2024 (Fuente: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva de Energías Renovables\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf)).

c) El uso que se le dará al área del Proyecto será el de la Central Fotovoltaica de generación eléctrica para el suministro público de energía eléctrica en el Noroeste del País. Esto será en terrenos que actualmente corresponden a vegetación de desiertos arenosos.

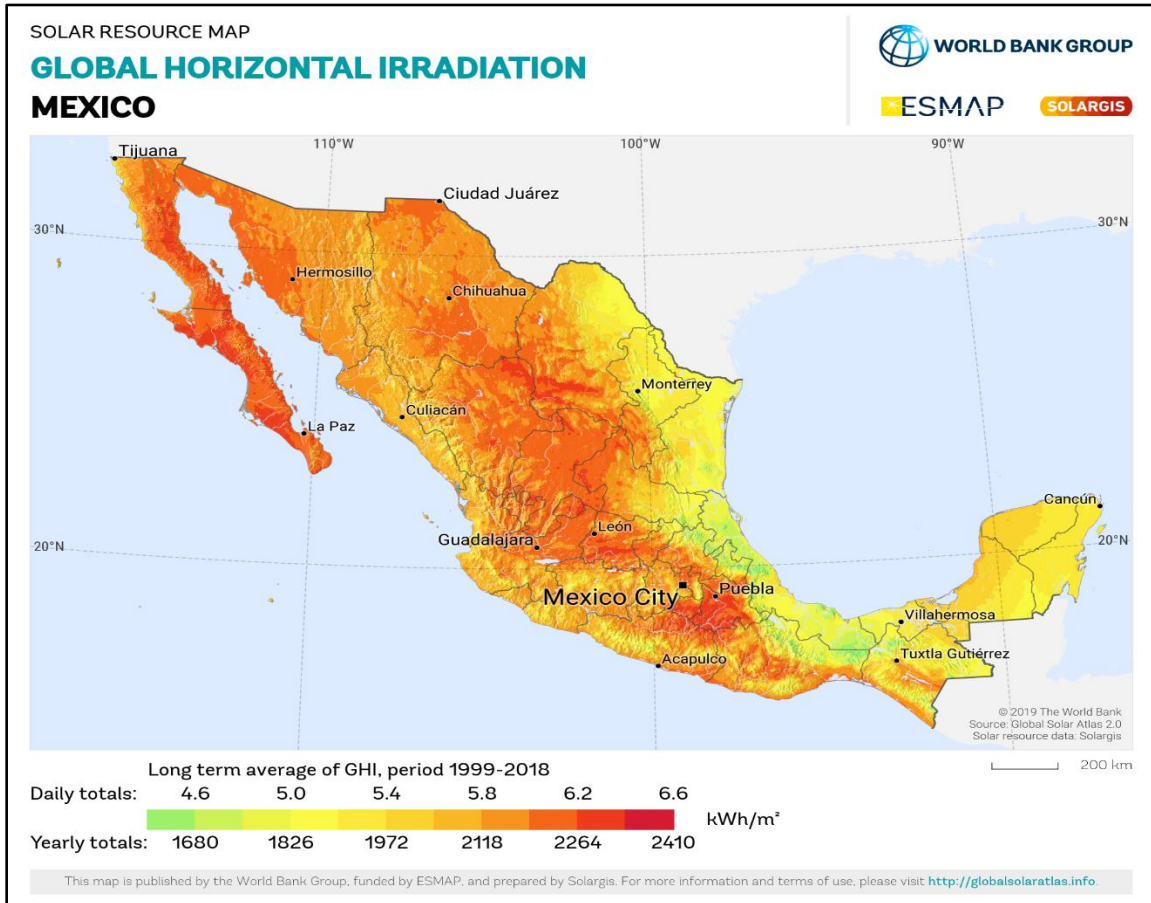
d) Si bien la CFE cuenta con la propiedad de un terreno de aproximadamente 2,000 has, en donde se podrá desarrollar un Proyecto de 1000 MW, la instalación de esta capacidad total se realizará en diferentes Fases, siendo el objetivo del presente DTU la evaluación de la Fase I (120 + 300 MW). Lo anterior debido al compromiso que tiene la CFE en la integración de proyectos que sean viables técnica y operativamente, que no comprometan la funcionalidad del Sistema Eléctrico Nacional; así como su compromiso con el cuidado del medio ambiente,

debido a la gran extensión de terreno que se utilizará para el desarrollo de esta primera Fase (120 +300 MW), la CFE planea analizar cómo esta fase se integra con el medio ambiente, con la finalidad de que cuando se presenten a evaluación las fases posteriores para completar la totalidad de la capacidad de 1000 MW, se entiendan los efectos tanto positivos como negativos sobre el Sistema Ambiental Regional, lo que permitirá que se potencialicen todos aquellos efectos positivos, tanto sociales como ecosistémicos, y se reduzcan al mínimo los efectos que pudieran incidir negativamente en este sistema regional.

### **II.1.2. Objetivo del Proyecto.**

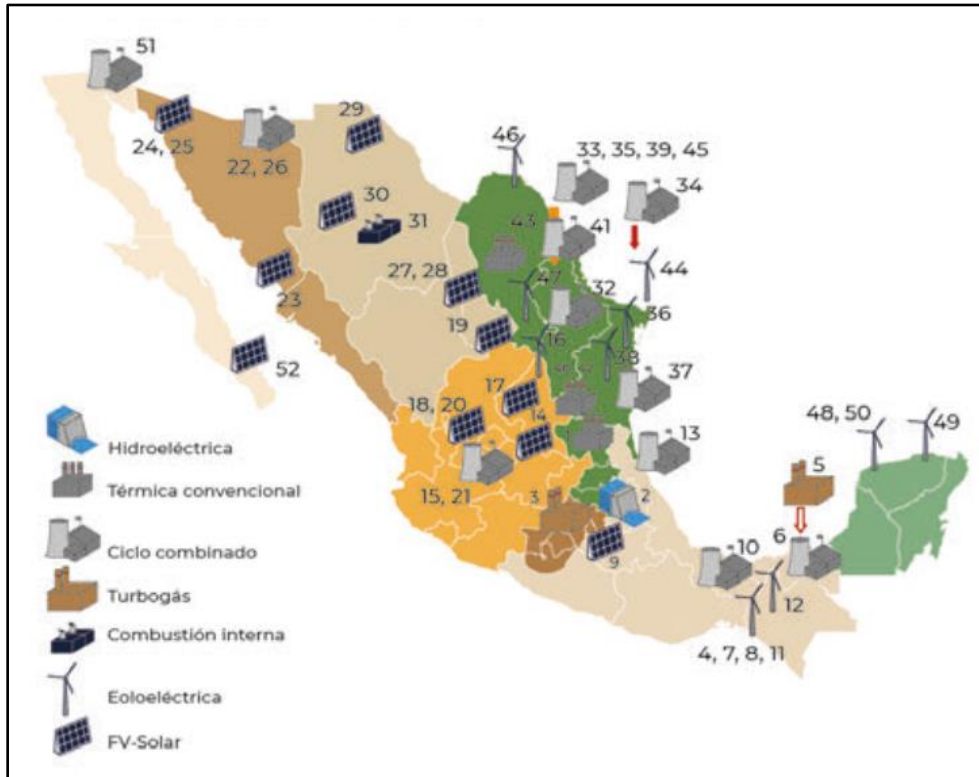
Instalar, y operar una Central Fotovoltaica de 420 MW compuesta de dos etapas (Etapa I y II), que satisfaga la demanda de energía eléctrica en el noroeste del país, en donde existe una gran dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, así como de la importación de energía desde los Estados Unidos.

Con el desarrollo del Proyecto, se aprovechará el excelente recurso solar de la zona (Figura II. 1) para generar energía eléctrica en forma limpia, coadyuvando al desarrollo de las fuentes renovables de energía del país, diversificando la matriz energética e incorporando mayor generación solar fotovoltaica en la red eléctrica de la zona, con ello evitando la emisión de gases de efecto invernadero, contribuyendo con los compromisos nacionales en materia ambiental.



**Figura II. 1.-** Recurso Solar en México Irradiación Global Horizontal (GHI). Fuente: ESMAP.

La producción de electricidad mediante el recurso solar en la zona propuesta, está comprobada por centrales de generación fotovoltaica instaladas en la misma parte Noroeste del país, tal es el caso de la Central Fotovoltaica Cerro Prieto de 5 MWp, en Mexicali, B.C., la cual opera desde el año 2012 y se encuentra a 200 km aproximadamente del área del Proyecto o las centrales solares en Sonora y Coahuila de una capacidad de aproximadamente 400 MWp y 800 MWp, respectivamente, por mencionar algunas (ver Figura II. 2). Por otro lado, hoy en día existen módulos fotovoltaicos con eficiencia superior al 20%, por lo que se esperan mejores beneficios referente a la producción de electricidad mediante fuentes renovables y un mejor aprovechamiento del recurso solar.



**Figura II. 2.-** Centrales Eléctricas instaladas a 2019 sector privado. Fuente: PRODESEN 2020-2034.

Ambientalmente se estima que, por el desarrollo del Proyecto no se comprometerá el ecosistema, ni su calidad, de la región, lo anterior con base en las siguientes consideraciones:

1. Que en los sitios seleccionados para el desarrollo del Proyecto se encuentra vegetación de los desiertos arenosos en su totalidad, tipo de vegetación que se encuentra presente en toda el área de estudio para este Proyecto (ver Capítulo IV).
2. Que las áreas contempladas para el desarrollo del Proyecto, no se consideran de características únicas o excepcionales dentro del Sistema Ambiental Regional del área de estudio identificado.
3. Que el Proyecto consiste en la instalación y operación de una central fotovoltaica de generación de energía eléctrica, con una capacidad tal que pueda proporcionar hasta 420 MW de energía instantánea en CA a la red eléctrica, a través del aprovechamiento de la energía solar, para ello se pretende que dicha central fotovoltaica esté integrada por:

Módulos fotovoltaicos, estructura soporte con sistema de seguimiento en un eje (bastidor), equipo acondicionamiento de potencia (inversores), sistema de colección e interconexión en

Media Tensión (MT) incluyendo los transformadores tipo pedestal, sistema de almacenamiento con baterías en corriente alterna, condensador síncrono, estación solarimétrica, cuartos de control, sistema de comunicaciones, caminos de acceso, subestaciones eléctricas para su interconexión a la red y equipos eléctricos, control e instrumentación, principalmente.

4. Que por la ejecución de las obras y/o actividades del Proyecto no se prevén impactos ambientales significativos, ya que éstos serían, en su mayoría, puntuales y de baja temporalidad, además de que existen medidas de prevención y mitigación para dichos impactos, tales como; restauración de suelos y cumplimiento de la normatividad en materia de manejo de residuos.

5. Que el Proyecto no involucrará el manejo de sustancias consideradas como altamente riesgosas en términos de las cantidades de reporte previstas en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas, enfocado a sustancias tóxicas, publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el 28 de marzo de 1990, y del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicado en el D.O.F. el 4 de mayo de 1992, enfocado a sustancias inflamables y explosivas; en consecuencia, no se requiere de la presentación del estudio de riesgo que prevé el segundo párrafo del Artículo 30 de la LGEEPA, con relación a lo previsto en los artículos 17 y 18 de su REIA.

6. Por el lado social se beneficiará a los pobladores de la zona creando fuentes de trabajo durante las etapas de construcción y operación del Proyecto, así como de una derrama económica considerable en la zona.

7. La principal ventaja de este Proyecto, es en materia ambiental, ya que se aprovecha una fuente renovable de energía, a través de una tecnología libre de emisiones a la atmósfera de gran capacidad para la generación de energía eléctrica limpia.

Por lo antes expuesto, se considera que en el presente documento se aportan los elementos técnicos y jurídicos que evidencian que la ejecución de las obras y/o actividades del Proyecto no causarán desequilibrios ecológicos, ni se rebasarán los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de los ecosistemas, asimismo no se prevé que exista un incremento en el nivel de impacto ambiental que actualmente existe en la región, sino al contrario se contribuirá con el aumento de generación de energía eléctrica renovable y limpia en la zona, garantizando el abasto de electricidad en la región noroeste del país.

### II.1.3. Ubicación física y dimensiones del Proyecto.

#### Ubicación Física

El Proyecto se localizará dentro de un predio propiedad de CFE ubicado aproximadamente a 27 km al oriente de la cabecera municipal Puerto Peñasco, Sonora. El predio colinda al Oriente con el Ejido Estero La Pinta, al Poniente con propiedad privada Grupo Vidanta, al Norte con el Ejido Estero Aquiles Serdán y al Sur prácticamente con la carretera estatal No.3 en su tramo Puerto Peñasco-Caborca, cerca del km 271 de la vía férrea. El predio de la Central Fotovoltaica se encuentra localizado en la coordenada UTM (WGS84 zona 12) 3,466,755.09 m N y la coordenada 284,651.80 m E. (coordenadas geográficas longitud  $113^{\circ}15'46.67''$  O y latitud  $31^{\circ}18'55.02''$ ) (**Figura II.3**).

Para la etapa constructiva y operativa del Proyecto se utilizarán accesos a través de los caminos existentes que conducen tanto al Aeropuerto Internacional Mar de Cortes de Puerto Peñasco como a la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) Sierra Pinta, cuyos entronques se localizan sobre la carretera No.3 en dirección a Caborca, aproximadamente a 2 km del acceso a dicho aeropuerto (Figura II.5), cabe señalar que deben habilitarse carriles de desaceleración correspondientes en cada uno de dichos entronques o adecuarse en su caso, y ambos caminos cuentan con cruce ferroviario existente.

Se habilitará sobre el camino existente que lleva al Aeropuerto, un cruce para conectar hacia ambos lados, con los dos caminos que dan acceso a cada uno de los dos polígonos, dicho cruce debe contar con sus respectivos carriles de desaceleración y radios de curvatura para fácil acceso de cualquier equipo de transporte (Figura II.7).

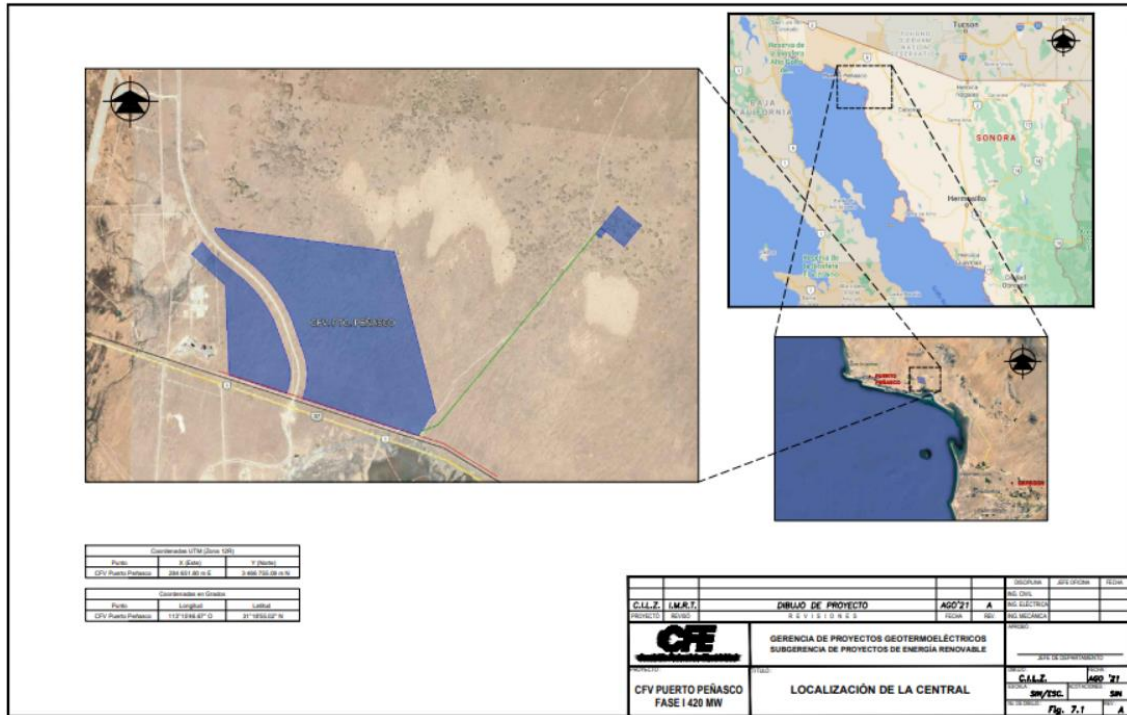


Figura II.3.- Localización del predio en donde se instalará el Proyecto.

## Dimensiones del Proyecto

### a) Superficie total

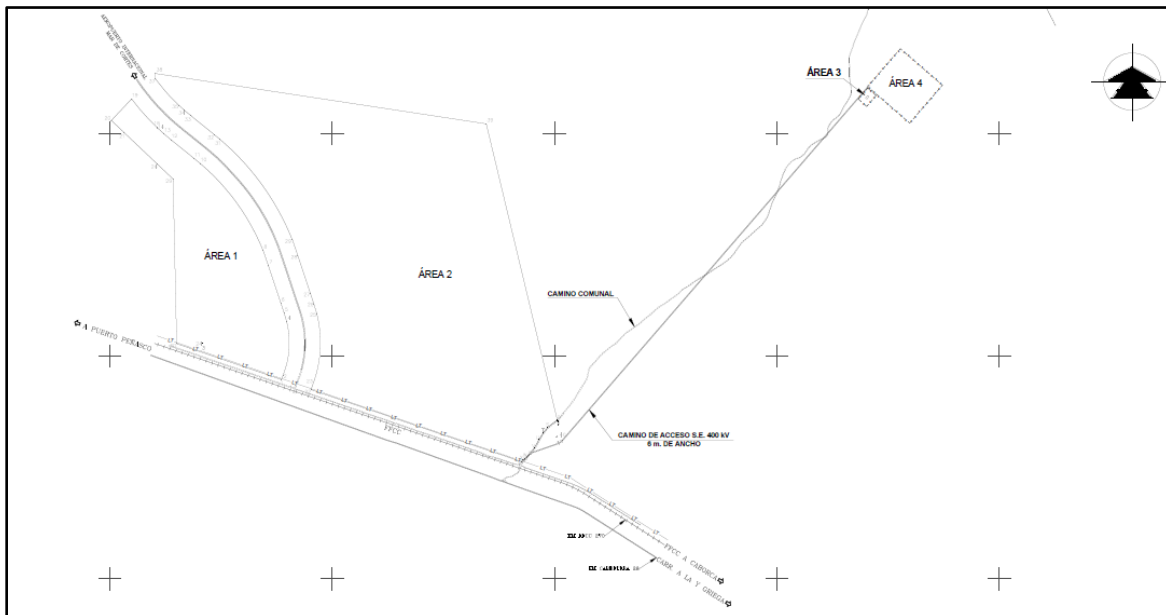
La CFE está considerando la instalación del Proyecto en un predio de una superficie total aproximada de **813.522 ha (8,135,220 m<sup>2</sup>)**. Dada la configuración general del Proyecto que se tiene actualmente, éste se conforma por **5 (cinco) áreas**, las cuales se indican en la **Figura II.4** y en la **Tabla II.1**.

El área requerida para las obras y/o actividades provisionales como almacén de materiales y herramientas, caseta de supervisión, almacén temporal para el manejo de residuos peligrosos, así como cualquier otra instalación provisional que el contratista requiera durante la etapa de construcción del Proyecto se encontrarán dentro de la misma superficie.

### b) Superficie requerida

La superficie requerida para el Proyecto se muestra en la **Figura II.4** y se desglosa en la **Tabla II.1**.

Tabla II.1. Superficie Requerida		
Total	813.522	ha
AREA 1	156.649	ha
AREA 2	630.302	ha
AREA 3	1.300	ha
AREA 4	22.500	ha
AREA 5 -Camino acceso S.E.-	2.770	ha



**Figura II.4.-** Áreas Requeridas para el desarrollo del Proyecto.

Dado que el Proyecto se desarrollará en dos Etapas, en las siguientes tablas se indica el cuadro de construcción de las Áreas Requeridas y en la [Figura II.5](#) se indica el origen de la referencia. y [Figura II.6](#) se indica el dibujo del Arreglo General del para cada etapa del Proyecto.



**Tabla II.2.-** Coordenadas de cuadro de construcción de las áreas requeridas del Proyecto.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN ÁREA 1 120 MW						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1	3 465 789.180	283 545.250
1	2	N 20°35'17.97" E	39.47	2	3 465 826.130	283 559.130
2	4	N 04°05'51.30" E CENTRO DE CURVA DELTA = 35°51'29.44" RADIO = 781.25	481.00 LONG. CURVA = 488.94 SUB.TAN.= 252.77	4 3	3 466 305.900 3 466 119.129	283 593.500 282 834.904
4	5	N 16°52'25.53" W	81.13	5	3 466 383.540	283 569.950
5	6	N 18°37'31.68" W	94.15	6	3 466 472.760	283 539.880
6	7	N 18°21'23.94" W	356.36	7	3 466 810.990	283 427.650
7	8	N 19°09'49.61" W	143.69	8	3 466 946.720	283 380.480
8	10	N 35°51'39.31" W CENTRO DE CURVA DELTA = 27°40'10.31" RADIO = 2 017.70	964.96 LONG. CURVA = 974.40 SUB.TAN.= 496.89	10 9	3 467 728.760 3 466 190.022	282 815.190 281 510.046
10	11	N 50°52'06.30" W	69.99	11	3 467 772.930	282 760.900
11	12	N 51°03'21.87" W	268.96	12	3 467 941.990	282 551.710
12	13	N 50°06'03.02" W	81.52	13	3 467 994.280	282 489.170
13	14	N 47°40'09.86" W	77.89	14	3 468 046.730	282 431.590
14	16	N 46°35'14.88" W CENTRO DE CURVA DELTA = 00°20'14.56" RADIO = 2 080.69	12.25 LONG. CURVA = 12.25 SUB.TAN.= 6.13	16 15	3 468 055.150 3 469 562.397	282 422.690 283 857.081
16	19	N 41°43'27.48" W CENTRO DE CURVA DELTA = 09°21'3.18" RADIO = 2 080.66	339.19 LONG. CURVA = 339.57 SUB.TAN.= 170.16	19 18	3 468 308.310 3 469 561.899	282 196.940 283 857.561
19	20	S 43°14'09.20" W	264.38	20	3 468 115.700	282 015.840
20	21	S 46°28'34.09" E	152.89	21	3 468 010.410	282 126.700
21	24	S 46°28'33.96" E	418.34	24	3 467 722.320	282 430.030
24	29	S 46°28'26.97" E	193.15	29	3 467 589.300	282 570.080
29	30	S 01°15'44.17" E	1 478.51	30	3 466 111.150	282 602.650
30	1	S 71°08'27.74" E	996.07	1	3 465 789.180	283 545.250
SUPERFICIE = 156.649 HA						

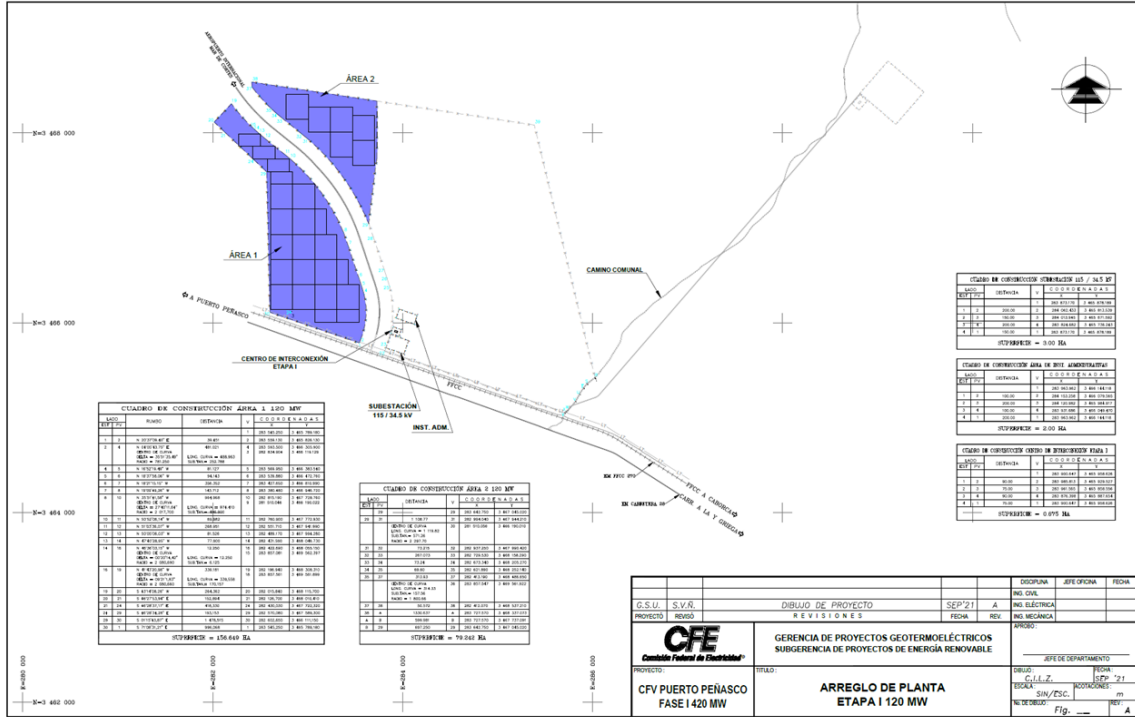
CUADRO DE CONSTRUCCIÓN ÁREA 2 120 MW					
LADO		DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV			X	Y
	29		29	283 642.750	3 467 045.020
29	31	1 108.77	31	282 994.040	3 467 944.210
		CENTRO DE CURVA LONG. CURVA = 1 119.82 SUB.TAN.= 571.26 RADIO = 2 297.70	30	281 510.056	3 466 190.010
31	32	73.215	32	282 937.250	3 467 990.420
32	33	267.07	33	282 729.530	3 468 158.290
33	34	73.24	34	282 673.340	3 468 205.270
34	35	69.60	35	282 621.890	3 468 252.140
35	37	313.93	37	282 413.190	3 468 486.650
		CENTRO DE CURVA LONG. CURVA = 314.33 SUB.TAN.= 157.56 RADIO = 1 800.66	36	283 857.547	3 469 561.922
37	38	50.57	38	282 412.070	3 468 537.210
38	A	1330.63	A	283 727.570	3 468 337.073
A	B	599.98	B	283 727.570	3 467 737.091
B	29	697.25	29	283 642.750	3 467 045.020
<b>SUPERFICIE = 79.242 HA</b>					

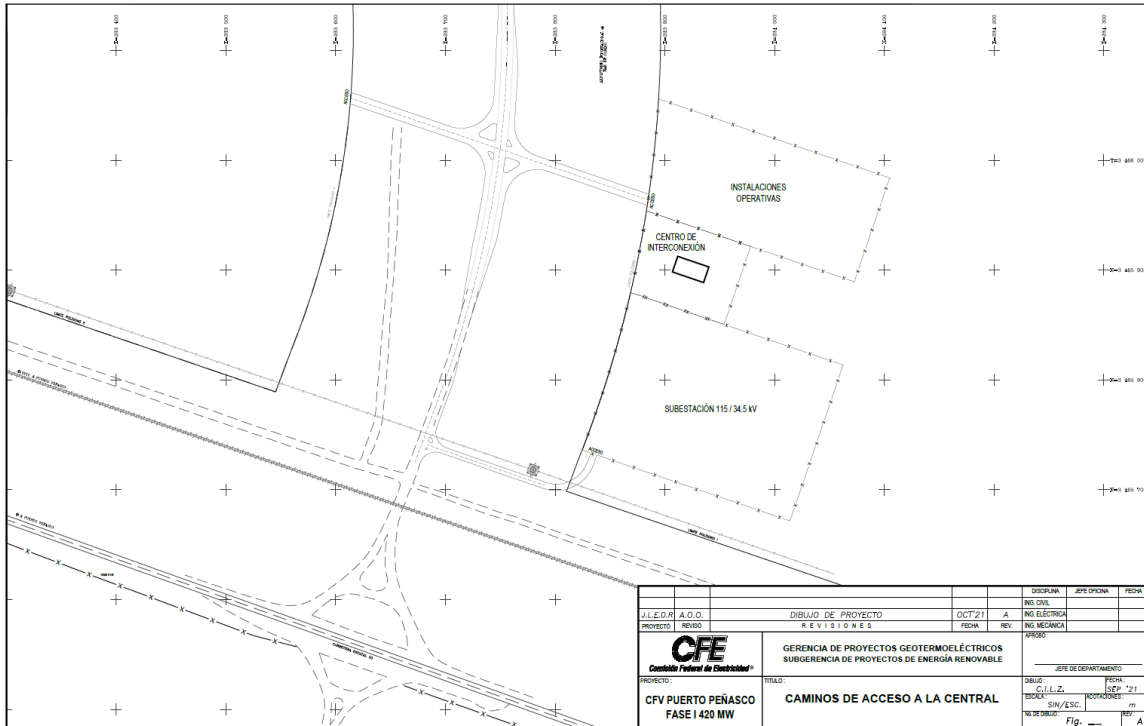
CUADRO DE CONSTRUCCIÓN ÁREA 2 300 MW					
LADO		DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV			X	Y
			22	283 810.275	3 465 698.547
22	23	27.81	23	283 820.081	3 465 724.572
23	25	657.42	25	283 863.406	3 466 380.562
		CENTRO DE CURVA LONG. CURVA = 668.41 SUB.TAN.= 345.71 RADIO = 1 061.25	24	282 834.877	3 466 119.066
25	26	92.25	26	283 836.650	3 466 468.910
26	27	97.769	27	283 805.430	3 466 561.560
27	28	357.682	28	283 692.780	3 466 901.040
28	29	152.425	29	283 642.750	3 467 045.020
29	B	697.250	B	283 727.570	3 467 737.091
B	A	599.981	A	283 727.570	3 468 337.073
A	39	1678.262	39	285 386.654	3 468 084.582
39	R	2732.052	R	286 024.606	3 465 428.104
R	S	107.922	S	285 939.871	3 465 361.268
S	T	59.780	T	285 901.277	3 465 315.616
T	U	77.057	U	285 859.986	3 465 250.556
U	V	87.573	V	285 817.298	3 465 174.091
V	W	123.386	W	285 735.990	3 465 081.285
W	X	25.408	X	285 715.531	3 465 066.220
X	Y	17.943	Y	285 705.852	3 465 051.111
SUPERFICIE = 551.060 HA					

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN ÁREA 3					
LADO		DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV			X	Y
			1	288 816.880	3 468 405.134
1	2	130.00	2	288 892.498	3 468 339.698
2	3	100.00	3	288 807.431	3 468 241.394
3	4	130.00	4	288 731.813	3 468 306.830
4	1	100.00	1	288 816.880	3 468 405.134
SUPERFICIE = 1.30 HA					

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN ÁREA 4					
LADO		DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV			X	Y
			1	289 110.326	3 468 759.520
1	2	500.00	2	289 488.416	3 468 432.338
2	3	450.00	3	289 193.953	3 468 092.057
3	4	500.00	4	288 815.862	3 468 419.239
4	1	450.00	1	289 110.326	3 468 759.520
SUPERFICIE = 22.50 HA					

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN CAMINO DE ACCESO (AC)					
LADO		DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV			X	Y
			1	288 815.862	3 468 419.239
1	2	6.000	2	288 820.400	3 468 415.313
2	3	4 209.193	3	286 066.059	3 465 232.403
3	5	34.164	5	286 037.778	3 465 213.235
		CENTRO DE CURVA LONG. CURVA = 34.558 SUB.TAN.= 17.689 RADIO = 66.000	4	286 016.151	3 465 275.591
5	6	266.105	6	285 786.379	3 465 126.001
6	7	67.152	7	285 742.553	3 465 075.122
7	8	24.266	8	285 722.837	3 465 060.976
8	9	15.351	9	285 714.266	3 465 048.240
9	10	6.000	10	285 708.588	3 465 050.177
10	11	17.097	11	285 717.962	3 465 064.475
11	12	25.074	12	285 738.210	3 465 079.265
12	13	68.583	13	285 782.986	3 465 131.214
13	14	267.601	14	286 035.812	3 465 218.904
		CENTRO DE CURVA LONG. CURVA = 31.416 SUB.TAN.= 16.077 RADIO = 60.000	4	286 016.151	3 465 275.591
14	15	73.215	15	286 061.522	3 465 236.329
15	40	10.924	40	286 068.670	3 465 244.590
40	1	4 198.269	1	288 815.862	3 468 419.239
SUPERFICIE = 2.770 HA					





**Figura II.7.-** Caminos de Acceso a la Central (Etapas I y II) 420 MW.

#### II.1.4. Inversión requerida

Dado que el alcance del presente Documento corresponde a la Fase I del proyecto, con capacidad total de 420 MW, se incluye en la Tabla II.3., la inversión requerida para el desarrollo de cada una de sus etapas.

Tabla II.3. Monto de inversión estimado CFV Puerto Peñasco Fase I		
Concepto	Pesos Millones MNX	Dólares Millones USD
<b>Inversión requerida Fase I</b>	9,641.14	482.04
<b>Inversión Etapa I 120 MW</b>	2,731.13	136.54
<b>Inversión Etapa II 300 MW</b>	6,910.01	345.5

Nota: Paridad 20.0 pesos/dólar para los años 2022 y 2024.  
Dirección Corporativa de Planeación Estratégica, CFE.

El monto de inversión señalado considera sin ser limitativo, los equipos principales, inversores, costos de importación, preparación de sitio e infraestructura civil, costos de instalación, obra mecánica y eléctrica.

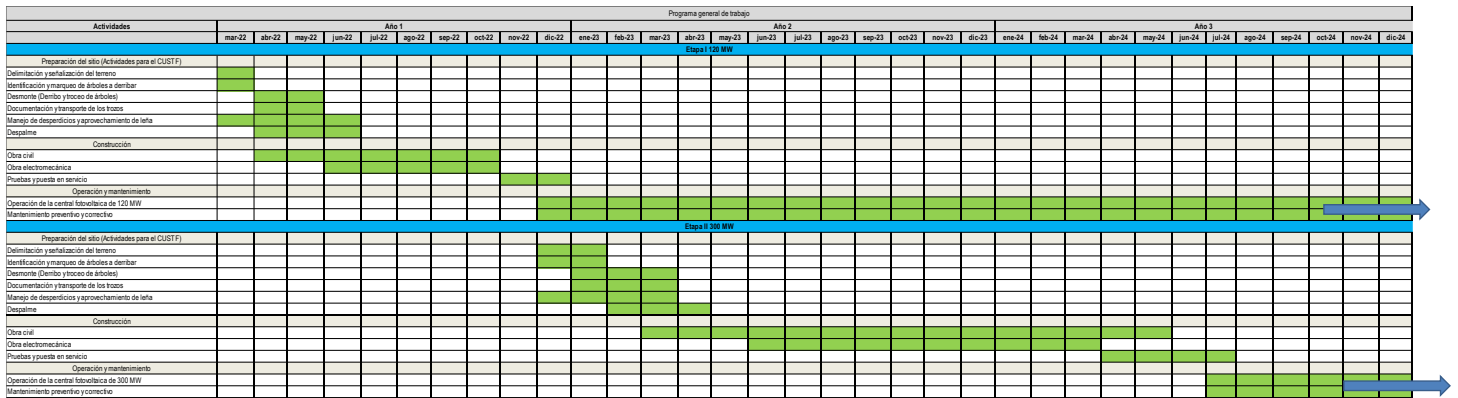
Conviene señalar que la inversión señalada no considera el costo asociado a la red de transmisión requerida para la interconexión de la central fotovoltaica al Sistema Interconectado Nacional y Sistema Baja California, respectivamente.

## II.2. Características particulares del Proyecto

### II.2.1 Programa de trabajo

En la **Figura II.** se indica el programa de trabajo para la construcción del Proyecto, considerando la **Etapa I y II de 120 MW y 300 MW**, respectivamente. La operación comercial se espera sea de por lo menos 30 años.

**Figura II.8.- Programa General de trabajo del Proyecto.**



La operación comercial para la Etapa I 120 MW se tiene programada para diciembre 2022 y para la Etapa II se estima en julio 2024.

### II.2.2. Representación gráfica regional

A nivel regional, el Proyecto se ubica en la región fisiográfica de Puerto Peñasco, Son., donde el territorio es generalmente plano, pero se destaca la serranía de Sonoyta al norte y este del municipio, también se compone de buena parte del desierto de Altar y de la zona volcánica, sierra El Pinacate. No cuenta con corrientes de importancia.





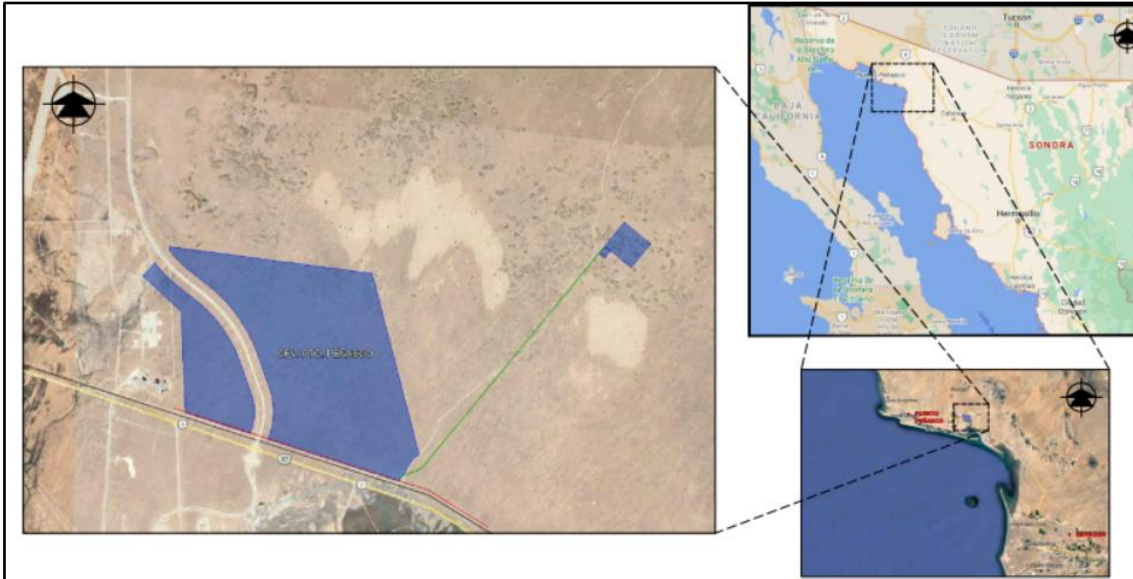
**Figura II.9.-** Ubicación Regional del Proyecto en el Estado de Sonora.

El proyecto se encuentra en el municipio de Puerto Peñasco, el cual colinda con los municipios de San Luis Río Colorado, General Plutarco Elías Calles, y Caborca. A su noroeste está Yuma, Arizona, en los Estados Unidos y al del sur está el Golfo de California (**Figura II.9**).

La tierra es generalmente plana con la cordillera pequeña de Sonoyta al norte y este del área. La mayoría del territorio es el Desierto de Altar, el cual se extiende del norte y este de la ciudad de Puerto Peñasco, y una zona volcánica de la Sierra del Pinacate.

### II.2.3 Representación gráfica local

En la **Figura II.10** se muestra la ubicación geográfica local del Proyecto al sureste de Puerto Peñasco, en Sonora.



**Figura II.10.-** Representación gráfica local del Proyecto.

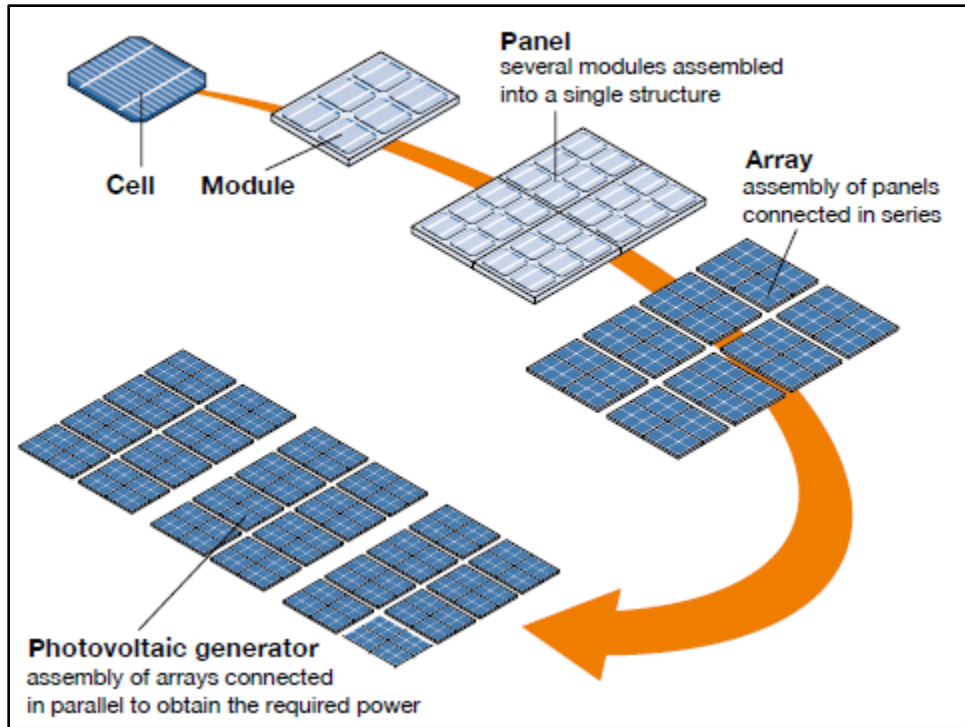
## **II.2.4. Descripción general del Proyecto.**

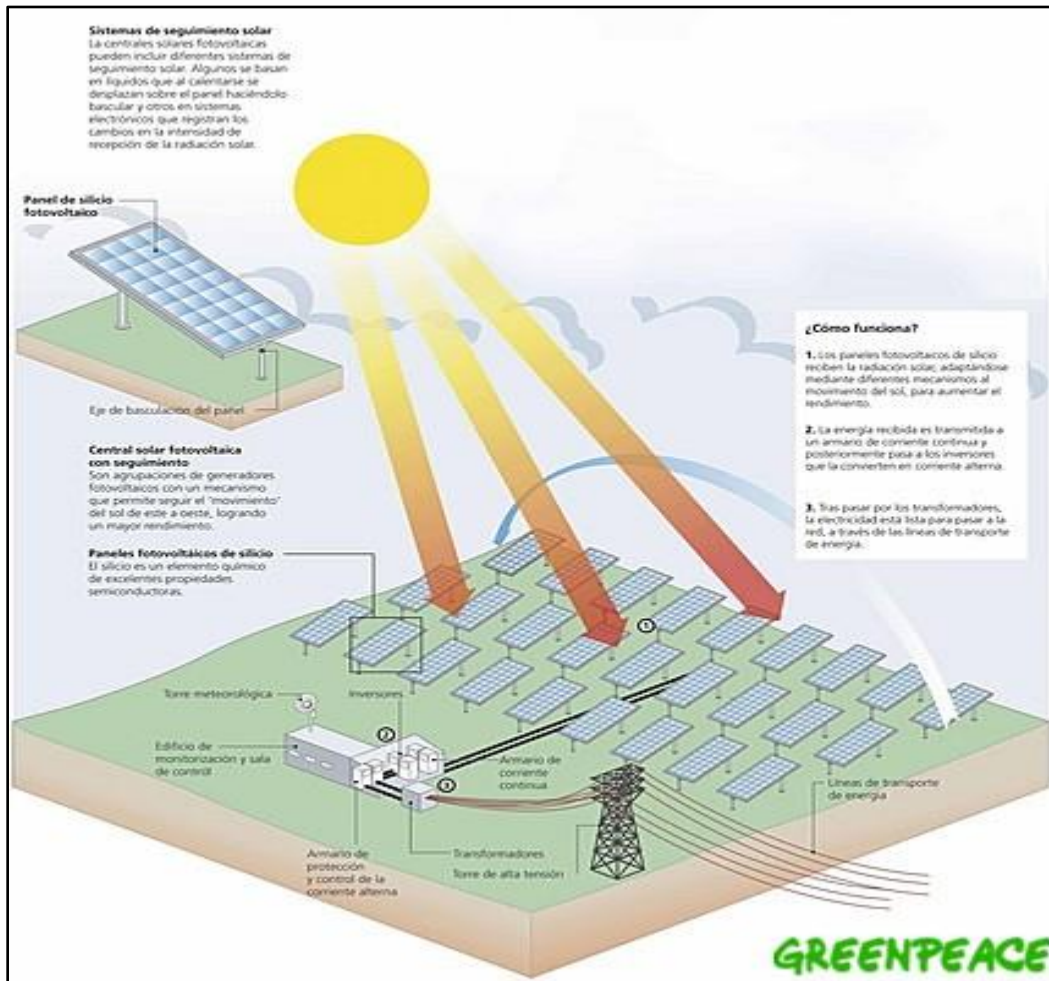
### **II.2.4.1 Descripción de una Central Fotovoltaica.**

La tecnología solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar para generar energía eléctrica directamente, debido a la incidencia de fotones de luz (radiación solar) sobre un material con características particulares, provocando que éste absorba suficiente energía para liberar electrones, generándose con ello la energía eléctrica. Actualmente, el principal material empleado en la tecnología fotovoltaica es el silicio, segundo material más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno.

Los módulos fotovoltaicos están compuestos por celdas fotovoltaicas conectadas en serie y en paralelo, lo cual determina su potencia eléctrica; cuando la luz incide sobre dichas celdas crean un campo eléctrico que cruza las capas, generándose el flujo eléctrico; cuanto mayor es la intensidad de la luz, mayor es el flujo eléctrico. Los módulos fotovoltaicos se disponen en arreglos para integrar un sistema fotovoltaico, cuya potencia eléctrica puede ser desde unos cuantos kilowatts hasta centrales que generen varios megawatts. La energía eléctrica generada con sistemas fotovoltaicos se realiza en corriente directa o continua (CD) y se colecta a través de circuitos eléctricos en un punto central, donde se convierte a corriente alterna (CA) con un convertidor o inversor de corriente (CD/CA) y mediante un transformador se eleva su voltaje para su interconexión con la red eléctrica. En la **Figura II.11** se representa en forma esquemática una central fotovoltaica conectada a la red eléctrica. Las centrales solares con tecnología fotovoltaica son instalaciones generalmente desatendidas, es decir, su operación se realiza de manera automática con equipos tecnológicamente probados y disponibles

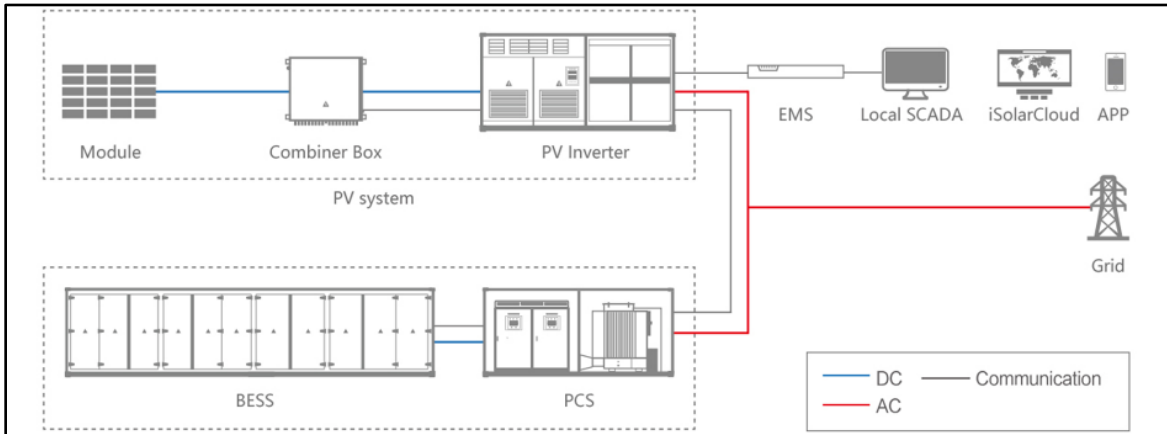
comercialmente en la industria, por lo que la atención durante su operación es mínima. Asimismo, debido a que este tipo de centrales emplea equipos estáticos, su mantenimiento se enfoca principalmente a la limpieza de la cubierta de los módulos fotovoltaicos, ajustes y revisión de conexiones eléctricas y mantenimiento a los sistemas de seguimiento (alineación, lubricación, etc.).





**Figura II.5.-** Esquema del funcionamiento de una central fotovoltaica. Fuente: ABB White Paper y GreenPeace.

Un Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE) basado en baterías o también conocido como Battery Energy Storage System (BESS por sus siglas en inglés), es el nombre de referencia de la industria para un conjunto de equipos que conforman un sistema para almacenar energía eléctrica en baterías. Un sistema típico se compone de baterías, un sistema de gestión de baterías, un inversor/cargador, un transformador y un sistema de control (ver **Figura II.62**).

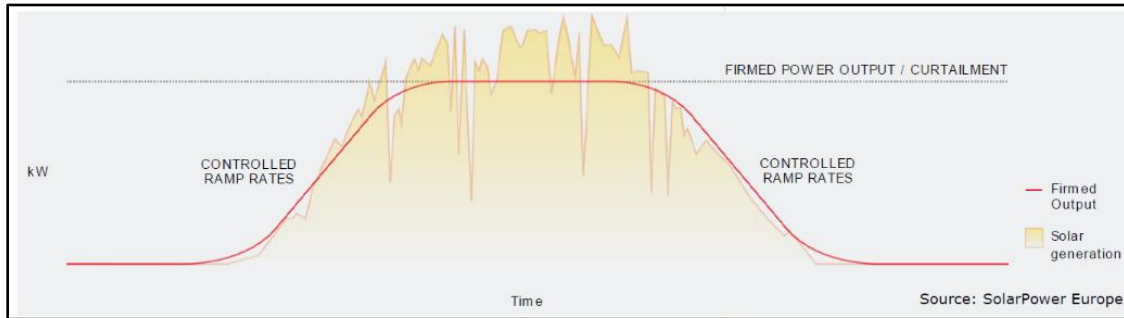


**Figura II.62.-** Esquema general de un sistema de almacenamiento para una central fotovoltaica. Fuente: <https://en.sungrowpower.com/>.

Actualmente la tecnología de almacenamiento de energía eléctrica más usada es con baterías tipo ion-Litio conjuntada en bloques de energía normalmente pre-instaladas en contenedores para una fácil instalación (**Figura II.3**).



**Figura II.13.-** Bloque de contenedores para el sistema de almacenamiento de energía eléctrica (BESS). Fuente: <https://en.sungrowpower.com/>.



**Figura II.74.-** Ejemplo de operatividad para un sistema de almacenamiento de energía con baterías. Fuente: Solar Power Europe/.

El propósito del sistema de almacenamiento con baterías consiste en ayudar a mantener o mejorar la confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico, utilizando estrategias de control para mitigar los efectos de la variabilidad de la irradiación solar, así como otros servicios eléctricos, tales como la regulación de frecuencia y voltaje, el cambio de demanda, el arranque en negro, entre otros (**Figura II.74**).

Un condensador síncrono es una máquina eléctrica rotatoria que funciona sin carga, pero que se utiliza para respaldar la red con potencia de cortocircuito, inercia y potencia reactiva. Es un compensador de potencia reactiva, principalmente. Lo que ayuda también a la confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico.

#### **II.2.4.2 Descripción del Proyecto.**

El Proyecto consiste en una Central Fotovoltaica, mediante el cual se aprovechará el excelente recurso solar de la zona mediante módulos fotovoltaicos de silicios cristalinos para la generación de energía eléctrica.

El Proyecto incluye sin ser limitativo, el diseño, la ingeniería, el suministro, la construcción, el montaje e instalación, el apoyo técnico, fletes, seguros, aranceles, impuestos y manejo aduanal, la puesta en servicio, las pruebas y el arranque de la Central Fotovoltaica.

La Central Fotovoltaica **CFV Puerto Peñasco Fase I** es de una capacidad instalada de **420 MW en CA**, que se desarrollará en **2 (dos) Etapas, con la primera de 120 MW (Etapa I) y la segunda de 300 MW (Etapa II)**, ambas se ubicarán en el estado de Sonora y se construirá en un área requerida de aproximadamente **813.522 hectáreas**.

El Proyecto considera, para la Etapa I, un sistema de almacenamiento de energía eléctrica en bloques para mantener y/o aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico. Así mismo se deben contemplar como parte de la Etapa II, un dispositivo de compensación (condensador síncrono) en el punto de la subestación de interconexión.

Para el diseño y construcción del Proyecto, se utilizan arreglos de módulos fotovoltaicos de material de silicio cristalino conectados en serie y paralelo, montados sobre estructuras soporte con seguimiento en un eje y agrupados eléctricamente mediante cajas de conexión, cableados hasta los inversores, con su sistema de almacenamiento y compensación eléctrica en donde se requiera y todos los equipos necesarios para su correcta interconexión a la red eléctrica (transformadores, tableros de media tensión, bus ductos, seccionadores, interruptores, etc.).

El proyecto considera todos los equipos necesarios para su funcionamiento con los siguientes componentes y sistemas principales:

- **Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino.**

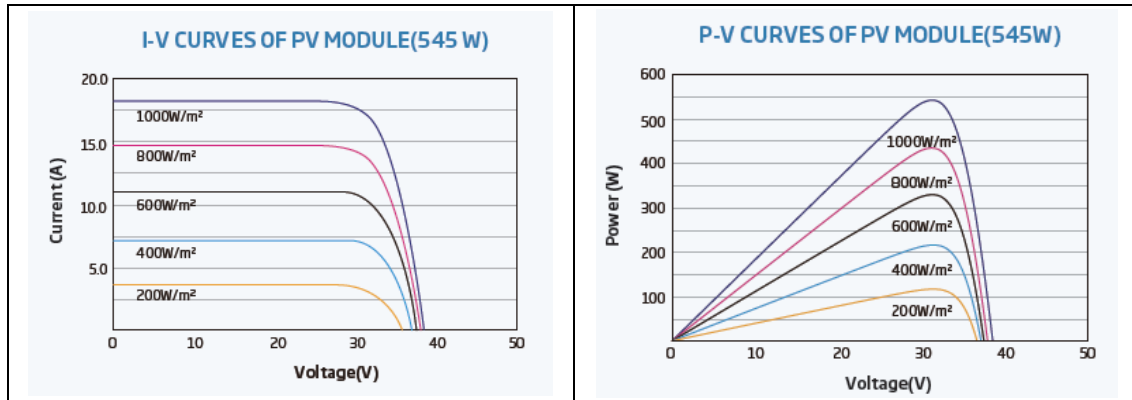
Como parte de los componentes esenciales del Proyecto, los módulos fotovoltaicos están fabricados mediante celdas solares de silicios cristalinos conectadas en serie y en paralelo lo cual determina su potencia eléctrica y que cuando la luz incide sobre dichas celdas crean un campo eléctrico que cruza las capas, generándose el flujo eléctrico; Las celdas están encapsuladas permanentemente (formando el módulo fotovoltaico), incluyendo generalmente la capa base termoplástica, vidrio protector y marco de aluminio. Actualmente, el material monocristalino es el más usado para su fabricación, considerando una tecnología PERC (Passivated Emitter and Rear Cell), con Celda Partida (HC-cells) y Multi Bus Bar (MBB), para mayor eficiencia.

También existe una tecnología emergente denominada “Bifacial” en la cual el módulo fotovoltaico es capaz de generar energía eléctrica por ambas caras, aprovechando la luz reflejada por la superficie o “Albedo”.

El desempeño del módulo fotovoltaico depende principalmente de dos variables climatológicas:

- **La irradiación solar** que índice sobre el mismo, por lo que cuanto mayor es la intensidad de la luz, mayor es el flujo o corriente eléctrica.
- **La temperatura** la cual afecta inversamente en el voltaje del módulo, es decir, a mayor temperatura menor voltaje.

Finalmente, ambas en su conjunto afectan la potencia de salida del módulo fotovoltaico



**Figura II.15.-** Curvas de comportamiento de un módulo fotovoltaico. Fuente: TrinaSolar DataSheet.

Los módulos fotovoltaicos que se pretenden instalar son dispositivos de alta eficiencia, certificados en su construcción y desempeño bajo normativas internacionales, diseñados para funcionar ante ambientes rigurosos de temperatura, humedad, rayos UV, corrosivos y con protección física ante los impactos y la abrasión, lo que permite una expectativa de vida mayor, con un mejor desempeño en el paso del tiempo (**Figura II.16**).



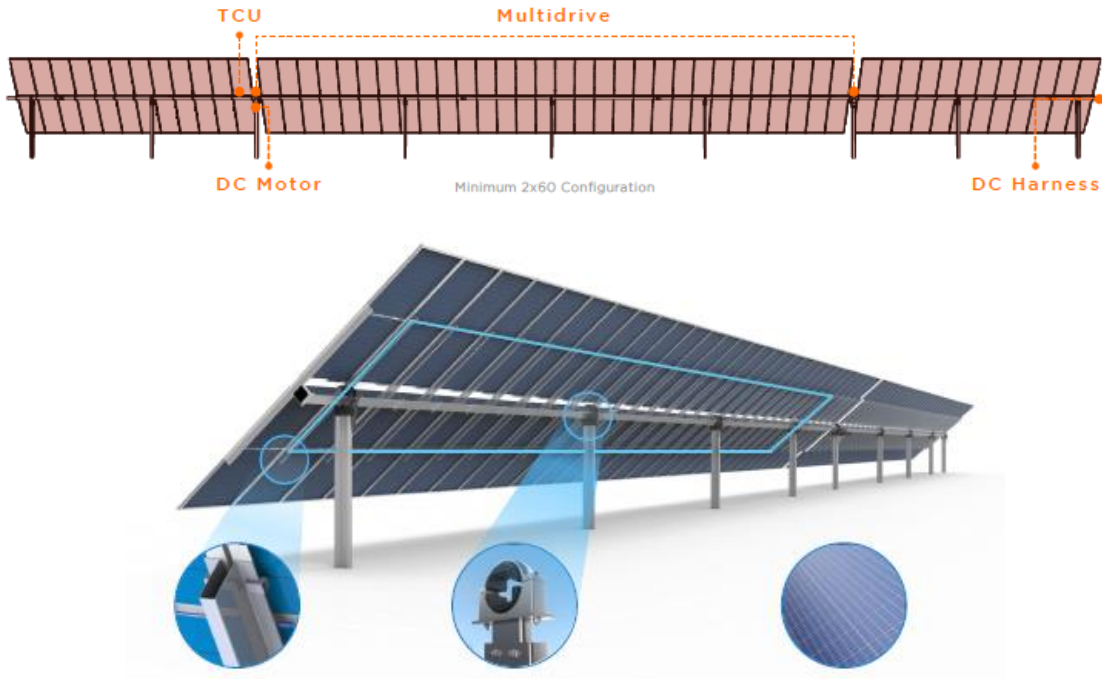
**Figura II.16.-** Módulo fotovoltaico de silicio cristalino. Fuente: DataSheet JINKO Solar.

Así mismo considera un vidrio frontal antirreflejante de alta transmisión que permite capturar mejor los rayos solares y evitar en menor medida el reflejo.

- **Estructura Soporte con seguimiento en 1 eje.**

Para este Proyecto se está considerando una estructura soporte con seguimiento en un eje (one axis tracker), el cual está orientado en la dirección Este-Oeste (E-W) para seguir la trayectoria diaria aparente del sol, utilizando mecanismos de control y movimiento mediante motor- caja de engranes. Actualmente se tiene la opción de autoalimentar los motores con la propia energía de los módulos fotovoltaicos.

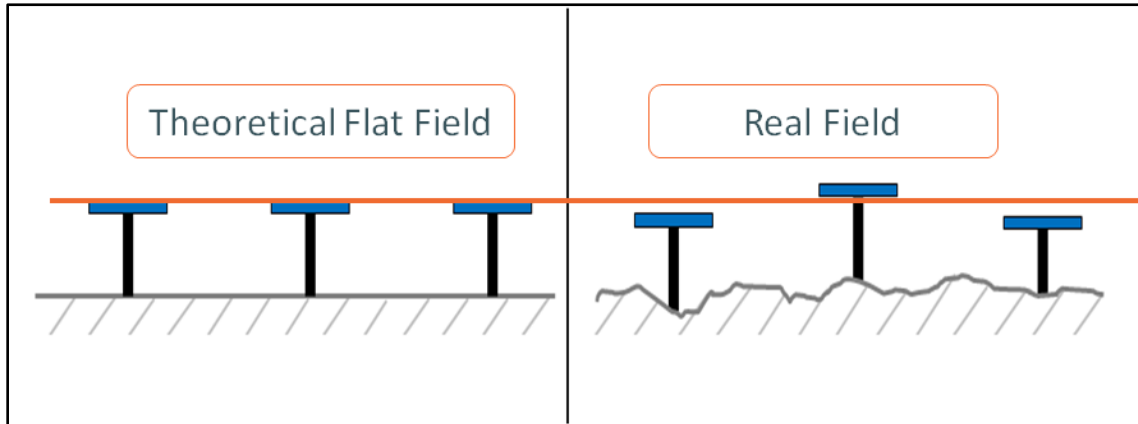




**Figura II.17.-** Seguidor en un eje. Fuente: SOLTEC y TRINA Solar Datasheet.

El seguidor en un eje este fabricado en material de aleación de acero galvanizado, diseñado en su cimentación de acuerdo con las características de viento y sismo del Proyecto, ya sea directamente enterrados, con perforación o en poste de concreto.

Actualmente la tecnología permite una adaptabilidad en terrenos con pendiente, mediante seguidores independientes en una fila (single Row) lo que permite optimizar los espacios y un menor movimiento de tierra.



**Figura II.18.-** Adaptabilidad del terreno del seguidor de 1 eje. Fuente: <https://www.solarpowerworldonline.com/2015/06/how-does-a-new-single-axis-tracking-process-increase-solar-plant-efficiency/>.

- **Cajas de conexión en CD.**

Las cajas de conexión son equipos que permiten coleccionar la energía de los arreglos de los módulos fotovoltaicos en serie/ paralelo para finalmente llevar la energía hacia el inversor. Están localizadas en campo, diseñadas para soportar el ambiente exterior y que en muchos casos cuenta con dispositivos de protección, medición y seccionamiento, para la operación y mantenimiento de la central.



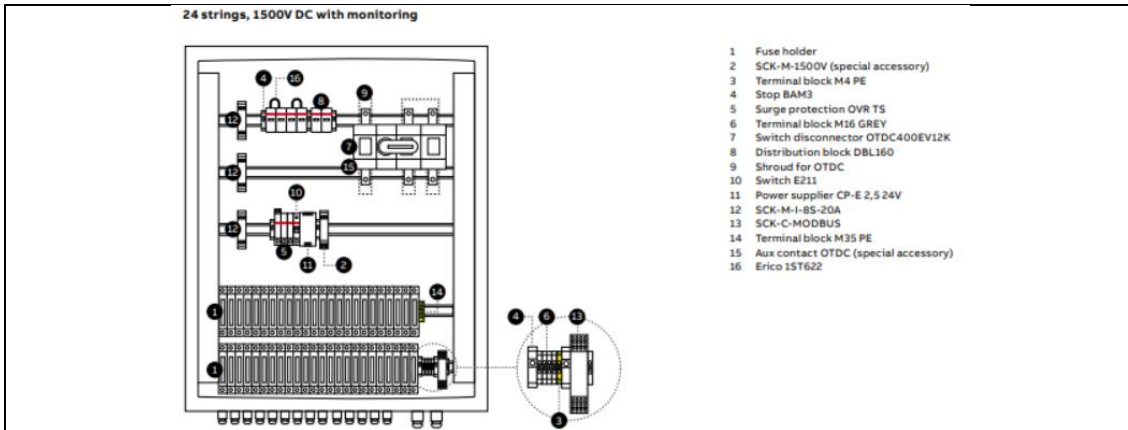


Figura II.19.- Caja de Conexión. Fuente: Catalogo Schneider/ABB.

- **Inversores CD/CA.**

El inversor es otro dispositivo de gran relevancia del Proyecto ya que se encarga de transformar y acondicionar la energía de corriente directa de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna a las condiciones de la red de interconexión, utilizando electrónica de potencia, por lo que no tiene partes móviles para realizar la conversión.

Para centrales fotovoltaicas de gran escala normalmente se utilizan inversores centrales, en lugar de los inversores llamados de “cadena”. La capacidad de estos inversores va desde los 250 kW hasta los 6 MW en bloque conjunto.

Están diseñados para ser autónomos en su funcionamiento, con características de control configurable para su operación e interacción con la red eléctrica. Pueden estar en intemperie con grado de protección contra polvo y agua.



Figura II.20.- Inversor Central. Fuente: ABB catálogo.

- **Centros de colección y transformación en Media Tensión (MT).**

Los centros de colección y transformación están localizados en campo para integrar la energía de los inversores, una vez convertida en corriente alterna, mediante un transformador tipo pedestal en aceite o seco encapsulado, para elevar a la tensión de colección normalmente en 34.5 kV. La salida se integra en los centros de interconexión MT, normalmente cerca de la Subestación Eléctrica elevadora en Alta Tensión.



**Figura II.21.-** Centro de transformación en MT. Fuente: SUNGROW datasheet.

- **Centros de interconexión en Media Tensión.**

Los centros de interconexión están compuestos por varias celdas de Media Tensión, del tipo METAL CLAD o Metal ENCLOSED, de forma compacta al utilizar un dieléctrico encapsulado o el vacío. Estos centros de interconexión agruparán la energía de varios centros de transformación y que están alojados en una caseta o cuarto eléctrico, para posteriormente salir con cables subterráneos hacia la Subestación Eléctrica de interconexión en Alta Tensión.



**Figura II.22.-** Centro de interconexión. Fuente: Visita CFE-PL.

- **Subestaciones de interconexión.**

El Proyecto consta de dos subestaciones elevadoras de interconexión una en 115 kV/34.5 kV y la otra 400 kV/34.5 kV; es el punto de entrega de la energía de cada una de las centrales fotovoltaicas (Etapa I y Etapa II) hacia la red eléctrica. Estas subestaciones elevadoras constan principalmente de bus en MT, transformador (es), fosa de captación de aceite, equipos de protección, medición y seccionamiento MT/AT, alimentadores, etc.

El Proyecto en sus **Etapas I y II** se conectará en dos puntos de interconexión principales, considerando la siguiente configuración:

**Etapa I:** El bloque de 120 MW de capacidad instalada en CA para interconexión al Sistema Interconectado Nacional será en una subestación Puerto Peñasco de 115 kV/34.5 kV que forma parte del Proyecto. Esta nueva subestación se enlazará con una subestación existente mediante una línea de transmisión de 115 kV de aprox. 26 km, siendo esta obra objeto de otro proyecto de líneas de transmisión. Este bloque considera un Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica mediante baterías con una capacidad del 10 MW/20 MWh.

La subestación está compuesta de un banco de transformación elevador con relación de 34.5/115 kilovolts (kV), conformado por cuatro transformadores trifásicos (4T-3F), con capacidad de 40 megavoltamper (40 MVA) cada uno, y la construcción de 4 alimentadores en nivel de 115 kV, esto para recibir la energía generada en la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco 120 MW.

Un banco de transformación elevador con relación de 34.5/115 kilovolts (kV), conformado por un transformador trifásico (1T-3F), con capacidad de 10 megavoltamper (10 MVA), y la construcción de 1 alimentadores en nivel de 115 kV, para enlazar el respaldo del banco de baterías de la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco 120 MW.

Un alimentador en nivel de tensión de 115 kV para la salida de la Línea de Transmisión CFV Puerto Peñasco 115 kV – Puerto Peñasco Distribución, para evacuación de la energía generada en la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco 120 MW y la interconexión con el sistema eléctrico nacional.

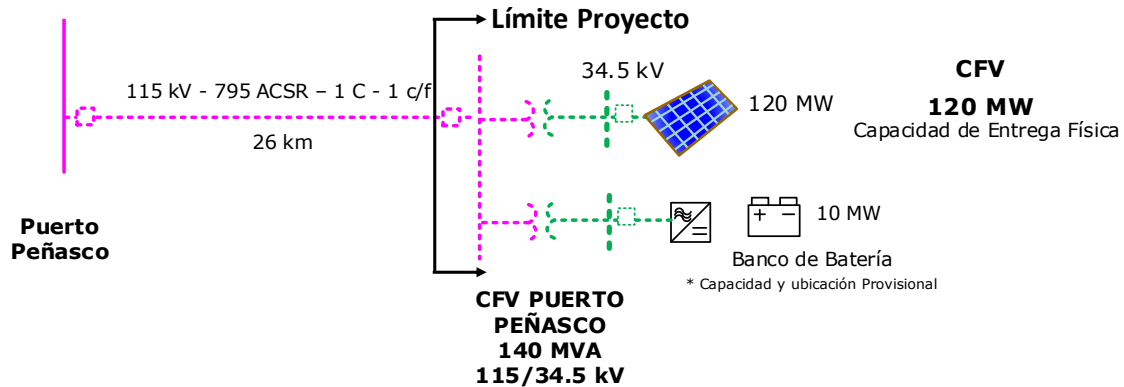
La nueva SE CFV Puerto Peñasco 115 kV, se pretende instalar en un terreno con dimensiones de 150 m x 200 m, para una superficie de 3.0 hectáreas, dentro del polígono general de la CFV Puerto Peñasco.

**Etapas II:** El bloque de 300 MW de capacidad instalada en CA para inyectar la energía al Sistema Eléctrico Baja California será a través de una nueva subestación en 400 kV/34.5 kV (SE CFV Puerto Peñasco). Esta nueva subestación se enlazará mediante una línea de transmisión de 400 kV de 315 km aprox. a la subestación de Maniobras (Pinacate) y a la subestación Cucapáh, siendo estas obras objeto de otro proyecto de líneas de transmisión. En esta última subestación se está contemplando instalar como parte del Proyecto un sistema de Almacenamiento con una capacidad estimada de 60 MW/ 120 MWh y un condensador síncrono  $\pm 25$  MVar.

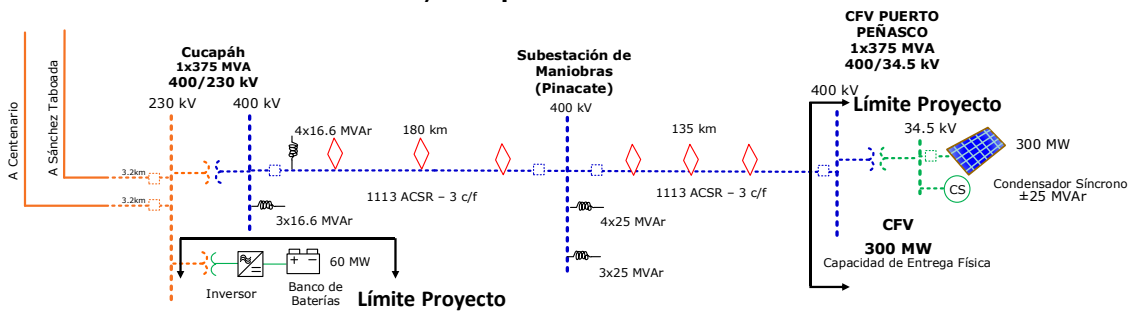
La subestación está conformada por un banco de transformación elevador con relación de 34.5/400 kilovolts (kV), conformado por tres transformadores trifásicos (3T-3F), con capacidad total de 325 MVA, y la construcción de 1 alimentador en nivel de 400 kV, esto para recibir la energía generada en la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco **Etapas II 300 MW**.

Un alimentador en nivel de tensión de 400 kV para la salida de la Línea de Transmisión CFV Puerto Peñasco 400 kV – Golfo de Santa Clara, para evacuación de la energía generada en la Central Fotovoltaica y la interconexión hacia el sistema eléctrico Baja California.

La nueva SE CFV Puerto Peñasco 400 kV, se pretende instalar en un terreno con dimensiones de 450 m x 500 m, para una superficie de 22.5 hectáreas, dentro del polígono general de la CFV Puerto Peñasco.



a) Etapa I 120 MW.



b) Etapa II 300 MW.

Figura II.23.- Esquema conceptual de la interconexión del Proyecto.

## II.2.5. Estudios Previos.

Previo a la construcción del Proyecto se deben realizar los siguientes estudios, sin ser limitativo:

- Estudio de mecánica de suelos.

Para determinar las condiciones actuales de resistencia y características estratigráficas del subsuelo en el área del proyecto, para proporcionar las recomendaciones geotécnicas generales a considerar en el diseño y construcción de las cimentaciones de las estructuras que soportarán los módulos, así como estructuras en general, de los diferentes edificios necesarios, la CFE, está llevando a cabo este estudio con trabajo de campo y laboratorio a nivel de anteproyecto a través de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC).

b) Estudio Hidrológico.

Para conocer las condiciones de relieve del terreno en el área del proyecto, y proporcionar las recomendaciones a considerar en el diseño y construcción de las obras de captación, desvío y conducción de agua pluvial, así como protección a las instalaciones en general, la CFE, está llevando a cabo este estudio con trabajo de campo y gabinete a nivel de anteproyecto a través de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC).

c) Estudio Topográfico.

Así mismo para determinar las condiciones actuales en el área del proyecto y deslinde, y proporcionar los datos necesarios a considerar en el diseño y construcción de las obras civiles necesarias, así como el sembrado y conformación de los módulos e instalaciones en general, la CFE cuenta con la topografía del sitio del Proyecto realizada con trabajo de campo y gabinete a través de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC).

d) Estudios eléctricos para la integración del proyecto.

Se requiere realizar un estudio de interconexión con el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), para conocer los requerimientos operativos y de infraestructura que podría tener el proyecto para su integración a la red eléctrica. Hay que mencionar que preliminarmente la Dirección Corporativa de Planeación Estratégica (DCPE) ha realizado simulaciones previas para tener una referencia de las posibles necesidades en la interconexión.

e) Estudios de caracterización climatológica del sitio.

Se requiere realizar un estudio para determinar las condiciones climatológicas generales y particulares del sitio, a fin de proporcionar las recomendaciones generales a considerar en el diseño y selección de los equipos principales. De lo anterior, la CFE también está llevando a cabo este estudio con trabajo de campo y gabinete a nivel anteproyecto a través de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC).

## **II.2.6 Preparación del sitio y construcción**

### **II.2.6.1. Preparación del sitio**

A continuación, se presentan las diferentes obras y/o actividades que se realizarán en esta etapa del Proyecto una vez que se tenga el resolutivo del presente DTU:



a) Delimitación, señalización y limpieza del terreno.

Para iniciar los trabajos, se delimitarán las áreas autorizadas para el desarrollo del Proyecto, mediante banderines, estacas, tomando como referencia el levantamiento topográfico realizado. Así mismo, se colocarán carteles, balizas u otra señalización adecuada para los movimientos de maquinaria y equipo del proyecto. También se realizará la limpieza de los sitios donde se va a construir el Proyecto.

b) Desmote y despalme

El desmote de la vegetación en el predio en donde se llevarán a cabo las diversas obras y/o actividades del Proyecto, consistirá en el retiro de la vegetación, tanto de las plantas arbóreas y arbustivas como herbáceas que se encuentren dentro de las áreas requeridas; para lo anterior se ocupará maquinaria para retirar todo el material vegetal que se requerirá para el sembrado de los módulos fotovoltaicos, y su correcta operación.

El despalme se realizará utilizando maquinaria y equipo (motoconformadoras, cargadores frontales, aplanadoras y camiones de volteo), implicando el arrastre de la capa orgánica y horizontes superficiales del suelo que se estima pudiera ser entre 15 y 30 cm, esto sólo en áreas específicas para la ubicación de edificios, caminos, obras de conducción, casetas, registros, y ductos eléctricos, o bien en lugares donde se requiera una cierta nivelación para los sistemas de seguimiento de los módulos fotovoltaicos (**Figura II.**).



**Figura II.24.-** Actividades de preparación del terreno, en sitios con características similares a las del Proyecto.

c) Trazo.

Una vez que se haya efectuado esta actividad, se llevará a cabo el trazo para delimitar las ubicaciones de los equipos y estructuras que forman parte de las instalaciones, consiste en delimitar los ejes de la cimentación y sus anchos, así como de los ejes de las demás obras, ya que de ello dependerá la exactitud en todo el desarrollo de la obra. El trazo se efectúa por

medio de estacas de madera e hilos, con los cuales se señalan los puntos de referencia para efectuar las excavaciones o perforaciones necesarias (ver **Figura II.25**). Las estacas usadas generalmente son de madera de sección cuadrada de 2.5 a 5.0 cm. por lado y 30 cm de largo, sobre la cabeza de dichas estacas se clava una tachuela o clavo que marca el centro de la línea o el vértice de un ángulo.



**Figura II.25.-** Trazo de estructuras soporte del sistema de seguimiento en eje.

d) Cortes.

Por las características topográficas propias del predio, no se requerirán de cortes especiales de terreno y con la finalidad de mitigar afectaciones, se procurará mantener lo más posible las pendientes naturales del terreno. Por lo que no se requerirá de cortes o terraplenes para conformar diferentes terrazas o plataformas, excepto en las áreas destinadas para subestaciones, centro de interconexión, edificio administrativo, almacén, taller y casetas.

e) Rellenos.

El sitio en donde se realizará la construcción del Proyecto presenta, en algunas áreas, poca pendiente, por lo cual será necesario llevar a cabo actividades de relleno. Los lugares donde también se van a efectuar rellenos son los sitios de cimentación de los edificios técnicos y administrativos, talleres, almacenes y casetas, así como cimentación de las estructuras soporte de los módulos, de las zanjas para el cableado, las plataformas de los centros de transformación e interconexión, así como las subestaciones principales. El material que sea extraído durante la excavación de las cimentaciones de las estructuras o de las excavaciones de zanjas y cimientos, será el mismo material utilizado para el relleno. En caso de requerirse otro tipo de material, éste será adquirido de sitios autorizados o comerciales ubicados en las localidades cercanas y transportado a los sitios de obra en camiones de volteo (cubiertos con lona).

Como resultado de estas actividades y dadas las características del terreno (casi plano), se estima que se generarán cantidades mínimas de materiales sobrantes, los cuales se distribuirán en las áreas que los requieran, dentro del área del Proyecto.

### II.2.6.2. Construcción del Proyecto

Para el desarrollo de las obras o actividades del Proyecto se requerirán obras de tránsito, drenaje y arte para captar y encausar los escurrimientos naturales del terreno para evitar daños a las plataformas del Proyecto.

A continuación, se presentan las diferentes obras y/o actividades que se realizarán en la etapa constructiva del Proyecto:

a) Caminos interiores.

Para la **Etapa I 120 MW**, se construirán caminos interiores permanentes de 4 m de ancho para tránsito vehicular, uno perimetral y otro por la parte central a todo lo largo del polígono del Proyecto. Asimismo, se tendrán pasillos entre filas de módulos con un ancho de 3 m. Los trabajos se limitarán a la construcción de las obras en el área indicada para el Proyecto, como se ilustra de ejemplo en la **Figura II.25.**, estos caminos serán de terracería y no requieren de ningún acabado como concreto o asfalto, únicamente trabajos de corte para alcanzar el nivelado y su respectiva compactación del terreno sobre el trazo del camino con acondicionamientos especiales amigables con el medio ambiente.

Para la **Etapa II 300 MW**, además de los caminos interiores permanentes para tránsito vehicular indicados para la Etapa I, se pretender realizar un camino de acceso hacia el área donde se ubicará la SE CFV Puerto Peñasco 34.5 kV/400 kV. Este camino también se contempla de terracería con ancho de 6 m.

b) Obras de protección y captación.

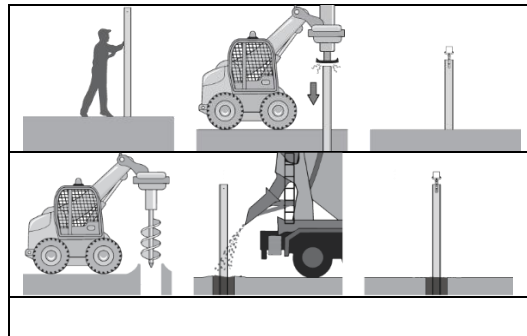
Para poder asegurar el cauce natural de los escurrimientos de las áreas requeridas, de acuerdo con el estudio hidrológico y evitar la erosión y pérdida del suelo, así como preservar la infraestructura del Proyecto, durante la etapa de operación, se construirán las cunetas o canalizaciones requeridas, empleando métodos constructivos adecuados con el entorno del sitio, a base estructuras conformadas por piedra o malla geotextil.



**Figura II.26.-** Caminos interiores en la central piloto de 5 MW en el Cerro Prieto.

c) Excavaciones y relleno con material compactado.

Para las estructuras soporte con seguimiento en un eje de los módulos fotovoltaicos, se empleará equipo con piloteadoras ó drilling y para las cimentaciones de casetas, edificación y subestación se utilizarán retroexcavadoras y camiones de volteo. Para las cimentaciones de las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos, se emplearán según sea el caso zapatas aisladas, corridas o micropilotes o pilotes, los cuales deben analizarse, diseñarse y construirse con apego a las recomendaciones del estudio geotécnico y al tipo de estructura soporte propuesta.



**Figura II.27.-** Métodos más comunes para el hincado del sistema de seguimiento. Fuente: <https://mechatron.eu/products/single-axis-trackers/horizontal/>.

Por lo que, una vez realizadas las excavaciones para el desplante de la cimentación de las estructuras, todo el material producto de estas excavaciones se dejará a un lado para que posteriormente sirva como relleno, llevándolo al nivel de compactación recomendado por el estudio geotécnico con el grado de humedad óptimo de acuerdo con el proyecto. En caso de ser necesario, por las condiciones del sitio y protección de los módulos fotovoltaicos se podrá colocar un estabilizador de suelos para reducir el polvo, 100% ecológico, soluble en agua, que no dañe la flora o fauna.

Para la interconexión del Proyecto, **Etapas I 120 MW**, se construirá una subestación eléctrica en 115 kV/34.5 kV y para la **Etapas II 300 MW**, una de 400 kV/34.5 kV (CFV Puerto Peñasco). En dichas subestaciones se instalarán los transformadores eléctricos, los equipos de protección y medición, así como las estructuras y herrajes para las bahías de conexión eléctricas.



**Figura II.28.-** Tipo de subestación eléctrica para la interconexión del proyecto.



**Figura II.29.-** Ejemplo de excavaciones y rellenos para instalación de módulos fotovoltaicos.

A continuación, se describen las actividades para las subestaciones antes mencionadas.

Consiste en la construcción de obra civil y electromecánica para una nueva Subestación Eléctrica a operar a nivel de tensión de 115 y 400 kV, considerando:

Preparación de sitio, trazo y nivelación, conformación de plataformas, caminos interiores, pisos terminados, banquetas, construcción de barda perimetral, caseta de control, caseta de planta de emergencia, caseta de vigilancia, estacionamiento, construcción de mamparas de concreto en área de transformadores, construcción de trincheras y ductos para cableado eléctrico, construcción de cimentaciones de concreto reforzado con acero para torre de comunicación, para estructuras mayores y menores, montaje de estructuras mayores y menores de acero galvanizado, montaje de equipo mayor y menor, instalación de herrajes y cableado eléctrico en buses, instalación de cableado de comunicación, control y medición, instalación de red de tierra física, instalación de tableros y equipos de comunicación, control y medición, instalación de alumbrado interior y exterior, red de drenaje, instalación eléctrica e hidrosanitaria, instalación de sistema contra incendios.

A continuación, se incluyen las características de las etapas relativas al desarrollo del proceso constructivo según se indica.

Etapa	Actividad	Descripción
Preparación del sitio	Levantamiento topográfico	Se ubica físicamente en el terreno el perímetro del predio de la subestación colocando mojoneas en cada vértice localizado, también se recoge la información referente a los niveles existentes del terreno en todo el predio.
	Terracerías	Despalme. - El despalme consiste en retirar raíces y la capa vegetal (suelo y materia orgánica) en un espesor de 15 a 25 cm. Se incluye el retiro de carpeta asfáltica existente y guarniciones. Terracerías. - Consiste en cortes y/o rellenos compactados con material de banco de préstamo, conformación de taludes que eviten riesgos de inundación al terreno donde se construya la plataforma de la subestación eléctrica.
	Trazo y nivelación	Se realiza el trazo para ubicar las diferentes cimentaciones que se van a construir, así como la colocación de sus niveles de referencia.

Etapa	Actividad	Descripción
<b>Construcción (Obra civil)</b>	Excavaciones para cimentaciones	Comprende el trazo y excavaciones para la cimentación de estructuras metálicas, aisladores de soporte, transformadores, interruptores y cuchillas de potencia, equipo menor
	Habilitado de acero de refuerzo para concreto	Consiste en la elaboración del enrejado de acero que dará fuerza y confinamiento a las cimentaciones, se fabricará de acuerdo con las especificaciones del diseño y tipo de estructuras.
	Concreto de cimentaciones	Es la mezcla de materiales pétreos inertes (cemento, agua y aditivos) que se especifican en las proporciones adecuadas, que al endurecerse adquieren la resistencia y características requeridas.
	Caminos Interiores	Se refiere a las vialidades que se deben considerar en el interior del predio cuyo propósito es el tránsito para construcción, supervisión, mantenimiento y maniobras
	Pisos Terminados	Es la zona donde se localizará el equipo de la subestación se hará una preparación final después de haber nivelado el piso firme, asegurando un adecuado drenaje superficial
	Sistema de drenaje	Para el drenaje pluvial de la plataforma, consiste en una red de tuberías de concreto simple y registros que funcionen por gravedad, mismo que se debe conectar al existente, seleccionando como puntos de desfogue los costados del talud y siguiendo la secuencia del drenaje existente, de tal forma que se respeten los escurrimientos naturales del predio de la subestación y fuera de éste, garantizando que no exista erosión y/o deslaves del cauce natural.
	Instalación Hidrosanitaria	Es la instalación necesaria para los servicios hidrosanitarios con que contará la caseta
	Sistema contra incendio	Aplica para la prevención y control de incendios en las subestaciones eléctricas nuevas y ampliaciones. Entendiéndose por sistema contra incendio, al conjunto de elementos de protección preventiva y correctiva, activa o pasiva, manual o

Etapa	Actividad	Descripción
		automática, que ayudan a detectar y/o extinguir un incendio, así como limitar su propagación.
	Trincheras, ductos y registros	<p>Trincheras. - Para este proyecto se consideran charolas tipo trincheras de 12" y 24" para canalizar y proteger el cableado de protección, control, comunicaciones y fuerza de una subestación.</p> <p>Ductos. - Los ductos se utilizan para canalizar los cables de control y fuerza desde los registros del equipo primario hasta las trincheras se deben utilizar tuberías de PVC tipo hidráulico.</p> <p>Registros. - Cajas rectangulares, que facilitan la colocación, funcionamiento y/o mantenimiento del cableado de las instalaciones eléctricas, sistemas de tierras o cambios de trayectoria de drenajes.</p>
	Casetas y edificaciones	<p>Caseta para planta de generación diésel. - Se considera la construcción de una caseta para instalar dentro de un cuarto especial un tanque de almacenamiento de combustible diésel.</p> <p>Caseta de Vigilancia. - Es una estructura que tiene como finalidad el resguardo del personal de vigilancia, que estará a cargo del control de acceso y salida de la subestación eléctrica, como parte de la vigilancia y seguridad del inmueble.</p> <p>Caseta de Control. - Son estructuras que tienen como finalidad proteger de agentes ambientales a los equipos y tableros de una subestación eléctrica que requiera de instalación interior. El diseño de las casetas y edificios debe garantizar la estabilidad e integridad estructural ante sollicitaciones mecánicas o extremas.</p>
<b>Construcción (Obra Electromecánica)</b>	Montaje de estructuras mayores	Se entenderá por estructuras mayores, a las columnas y trabes que soportan los buses aéreos para su conexión con los diferentes equipos.



Etapa	Actividad	Descripción
	Montaje de buses	El montaje, tendido y conectado de buses, consta de los trabajos para instalar las cadenas de aisladores de suspensión y tensión, aisladores tipo columna, herrajes, accesorios, cables conductores, guarda, tubos conductores, que formen canalizaciones distintas áreas de voltaje, que componen la subestación.
	Montaje de equipo menor	<p>Montaje de interruptores de potencia. - El montaje se aplica a interruptores de potencia para servicio intemperie, autocontenidos, trifásicos para tensiones nominales de sistemas de 13.8 kV hasta 400 kV, para una frecuencia de nominal de 60 Hz, con medio de extinción en gas SF6, aceite o vacío.</p> <p>Montaje de cuchillas de potencia. - Se aplica a cuchillas de apertura vertical, horizontal y pantógrafo, para servicio intemperie, autosoportadas, trifásicas, con y sin puesta a tierra, para tensiones nominales de sistemas de 13.8 kV hasta 400 kV, para frecuencia nominal de 60 Hz.</p> <p>Se considera juego de cuchillas, al conjunto de tres unidades monopolares (con y sin puesta a tierra), que operarán en forma manual y/o motorizada en un sistema trifásico.</p> <p>Montaje de equipo menor. - Se considera el montaje y conexión de los apartarrayos, transformadores de corriente, transformadores de potencial, trampas de onda, tipo pedestal para servicio intemperie y tensiones nominales, desde 13.8 kV hasta 400 kV, para frecuencia nominal de 60 Hz.</p>
	Tendido y conectado de cables de control	El cable de control, son los conductores que unen los gabinetes de los equipos, que se montarán en la parte exterior de la subestación, con los instrumentos y aparatos que se localizan en los tableros de control, ubicados en la caseta de control.

Etapa	Actividad	Descripción
		<p>Las subestaciones de potencia tipo intemperie requieren de la instalación de cable de fuerza en baja tensión, que son cables en diferentes calibres que alimentan al alumbrado perimetral y de bahías, transformador de servicios propios, tableros de servicios propios, bancos y cargadores de baterías y así como las cargas que marquen los planos del proyecto.</p> <p>El cable de radiofrecuencia es el cable que lleva las señales desde la unidad de acoplamiento, al equipo de onda portadora por líneas de alta tensión, hasta la caseta de control, este cable puede alojarse en la trinchera y/o conducto de acuerdo a lo que se indique en el proyecto.</p>
	<p>Montaje de tableros de servicios propios de corriente alterna y corriente directa</p>	<p>Son los centros de carga para corriente alterna y para corriente directa, que se montarán dentro de la caseta de control. Estos centros de carga controlarán y distribuirán la energía a los circuitos que se requiera la subestación, para el equipo primario, alumbrado, fuerza y servicio de energía eléctrica en general.</p>
	<p>Tendido y conectado de cables de potencia</p>	<p>Se refiere a los cables para una tensión de servicio: media, alta y muy alta tensión; para la alimentación eléctrica de transformadores de servicios propios, tableros blindados, circuitos para distribución de energía eléctrica o líneas de transmisión subterráneas, interconexión con transformadores de potencia para alimentar al tablero metal-clad; los cuales podrán ser colocados en ductos ocultos, charolas, ménsulas, trincheras, fosa de cables, etc. con la finalidad de transportar la energía eléctrica a un punto determinado.</p>
	<p>Tendido y conectado de cable dieléctrico con fibras ópticas</p>	<p>Se refiere al conjunto de actividades para colocar dicho cable, en ductos, en trincheras y charolas, para interconectar el cable de guarda con fibras ópticas (cfgo), por medio de empalmes ópticos, al equipo terminal óptico (eto).</p>

Etapa	Actividad	Descripción
	Colocación del sistema de tierras	Consiste en una cuadrícula de conductores de cobre enterrados y conectados entre sí y las varillas Copperweld, así como electrodos, localizados en la periferia de la cuadrícula; las varillas Copperweld irán alojadas en registros que permitan hacer lecturas al ecosistema de tierras.
	Planta de emergencia	Instalación y puesta a punto de Planta de Generación Eléctrica, para instalarse dentro de un cuarto especial para la planta, con sus respectivos tableros de control, banco de baterías y tanque de almacenamiento de combustible diésel.
	Montaje de bancos y cargadores de baterías	En las subestaciones eléctricas se requieren fuentes de corriente directa, para satisfacer las necesidades de protección, medición y alumbrado de emergencia. De acuerdo con la capacidad y las características de la Subestación, se diseñan los bancos de batería, que pueden ser del tipo plomo-ácido o alcalino, y según las capacidades de los bancos de batería, se determinan los cargadores para mantener un voltaje adecuado.
	Sistema contra incendio	Aplica para la prevención y control de incendios en las subestaciones eléctricas nuevas y ampliaciones. Entendiéndose por sistema contra incendio, al conjunto de elementos de protección preventiva y correctiva, activa o pasiva, manual o automática, que ayudan a detectar y/o extinguir un incendio, así como limitar su propagación.
	Instalación de fuerza y alumbrado exterior	Las subestaciones de potencia son de tipo intemperie, por lo que se requieren instalaciones para alumbrado exterior e interior en subestaciones nuevas o para ampliaciones.
<b>Operación y mantenimiento</b>	Pruebas y puesta en servicio	Pruebas y verificaciones necesarias que se requieren efectuar, a los equipos para asegurar su montaje, correcto estado físico y disponibilidad, para la realización de las pruebas preoperativas.

Etapa	Actividad	Descripción
		Los equipos a los que se les realizarán las pruebas preoperativas en la subestación serán, interruptores, transformadores, reactores, transformadores de instrumento, apartarrayos, cuchillas de potencia, y tableros de protección, control y medición, equipo de comunicaciones, equipo de control supervisorio, cargadores y bancos de batería, para su correcto funcionamiento y energización.
	Operación y mantenimiento	La etapa operativa inicia desde el momento en que las instalaciones de la subestación eléctrica y línea de transmisión sea energizada. Su función será la de transmitir, la energía eléctrica generada. Para detectar cualquier falla en el sistema se cuenta con un equipo de seguridad automático que interrumpe el flujo eléctrico, el cual se restablece hasta que la causa de la falla ha sido eliminada totalmente por el equipo de supervisión.
<b>Etapa de desmantelamiento</b>	Desenergización y desconexión del Sistema Eléctrico Nacional.	Una vez desenergizado y desconectado del Sistema Eléctrico Nacional, se desmantelará y se retirarán todos elementos instalados.

d) Colocación de plantillas, acero de refuerzo y cimbra.

Para el caso de las cimentaciones superficiales, una vez realizado el afine del fondo de la cepa, se coloca una plantilla de concreto pobre  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  con la finalidad de tener la superficie limpia y sirva como base para el habilitado y colocación del acero de refuerzo. Posteriormente, se colocará la cimbra (metálica o de madera) la cual será construida de manera que los elementos de cimentación queden en sus dimensiones correctas, alineadas perfectamente y a su elevación exacta. Para el caso de las cimentaciones a base de micropilotes, una vez realizada la perforación se procederá a la colocación del acero de refuerzo habilitado y armado. Asimismo, se coloca el juego de anclas y la cimbra del cabezal, para las cimentaciones de las estructuras de los módulos.



**Figura II.30.-** Colocación de plantillas, acero de refuerzo, cimbra y colado de cimentaciones de estructuras para centrales fotovoltaicas.

e) Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos, edificación y subestación eléctrica.

Por la magnitud del proyecto, se empleará concreto premezclado que se utilizará de la planta de concreto más cercana al sitio de la obra que cumpla con los requerimientos solicitados y revoladora manual para volúmenes de concreto pequeños; una vez fabricado se vacía en las cimentaciones de acuerdo con las líneas de proyecto. Según sea el caso, se utilizarán vibradores, carretillas y herramientas menores para los colados y descimbrados.

f) Cerco perimetral.

Se construirá un cerco perimetral envolvente al predio de la central. Con el trazo, se inicia con los trabajos necesarios de excavación, para la construcción de las dalas de desplante dejando las preparaciones para colocar y ahogar los postes verticales y colocar los perfiles horizontales en la parte superior para la colocación de la malla (malla ciclónica) con sus respectivas espadas con sus tres hilos de púas o bien la colocación de cerca a base de reja metálica. Todos los materiales serán galvanizados para tener una mejor resistencia a la intemperie. En el caso de las subestaciones se instalará dentro de los polígonos principales una barda perimetral en cada una de ellas.



**Figura II.31.-** Tipo de Cercas Perimetrales.

g) Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).

Todos los elementos estructurales se deben suministrar a la obra con su respectivo recubrimiento (primario y acabado).

Armado. - Las piezas se van a unir con tornillos calibrados o tornillos de alta resistencia. Se colocará el número suficiente de tornillos de armado apretados fuertemente con llave manual, para asegurar la inmovilidad de las piezas armadas y el íntimo contacto entre las superficies de unión.

Las piezas que han de unirse con soldadura se fijarán entre sí con medios adecuados que garanticen, sin una excesiva coacción, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente, para conseguir exactitud en la posición y facilitar el trabajo de soldeo.

Como medio de fijación de las piezas entre sí, puede emplearse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas que van a unirse. El número y el tamaño de los puntos de soldadura será el mínimo necesario para asegurar la inmovilidad.

Con el armado se verifica que la disposición y la dimensión del elemento se ajuste a las indicadas en los planos de taller. Deberán rehacerse o rectificarse todas las piezas que no permitan el armado en las condiciones arriba indicadas. Finalizado el armado, y comprobada su exactitud, se procede a realizar la unión definitiva de las piezas que constituyen las partes que hayan de llevarse terminadas a la obra.

Montaje. - Sobre las cimentaciones previamente ejecutadas se apoyan los soportes. Estas bases se nivelan y se rellena dicho espacio con mortero. Las sujeciones provisionales de los elementos durante la fase de montaje se aseguran para resistir cualquier esfuerzo que se produzca durante los trabajos.

En el montaje se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller con las tolerancias establecidas. No se comenzará el atornillado definitivo o sujeción de las uniones de montaje, hasta haber comprobado que la posición de los elementos de cada unión coincida con la posición definitiva, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.



**Figura II.82.-** Soportes y estructuras metálicas para los módulos fotovoltaicos.

h) Centros de Interconexión.

Los Centros de Interconexión ocuparán un área rectangular de 15m x 30m, edificados mediante estructura de concreto y mampostería con una altura libre de 3.00 m. considerando además piso falso y falso plafón para instalaciones diversas.

i) Instalaciones operativas (Cuarto de Control, talleres y almacenes).

El arreglo dentro de esta área debe considerar en forma enunciativa más no limitativa con lo siguiente:

Edificio Administrativo construido con estructura de concreto y mampostería con ventanas, contará con aire acondicionado, el cual albergará todas las oficinas técnicas, administrativas y cuarto de control.

Caseta de vigilancia en el acceso construido también con estructura de concreto y mampostería, con servicios sanitarios incluidos

El cuarto de control será construido con estructura de concreto y mampostería con ventanas, contará con aire acondicionado y oficinas administrativas.

Los talleres y almacenes de estructuras metálicas a base de marcos rígidos con muros piñón y muretes perimetrales excepto en puertas y accesos, con techumbres y muros de lámina metálica y traslúcida en los cuales se guardará el equipo, herramienta, materiales y maquinaria necesaria que se ocupará durante la operación del Proyecto.

Almacén de sustancias y materiales peligrosos, así como almacén de residuos peligrosos, los cuales cumplirán con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Éstos serán de estructura metálica y laminas metálicas y traslúcida en techumbres y muros.

El taller y los almacenes serán a base de marcos de estructura metálica con muros y techos de multypanel, muros perimetrales de media altura o muros piñón, y lámina metálica y traslúcida en techumbres y muros con su debida ventilación.

Estás instalaciones se ubicarán en una plataforma de 100m x 200m en la cual también se instalará un vivero.

j) Ductos eléctricos y Sistema de tierras.

Ductos eléctricos. Con el trazo realizado, se ejecuta la excavación por medios mecánicos o manuales a una profundidad adecuada tanto para los ductos como los registros, siendo la profundidad de dichas excavaciones de acuerdo con el diseño del proyecto. Se afina el fondo y se colocan los ductos eléctricos de acuerdo con las líneas de proyecto, para la colocación de tubería de polietileno de alta densidad o tubería de PVC embebida en concreto o directamente enterrada. Posteriormente se rellena con material producto de la excavación. Para los registros estos pueden ser prefabricados o de mampostería debidamente aplanados con tapas de concreto y preparaciones adecuadas para remover con facilidad en trabajos de revisión y mantenimiento.

Sistema de tierras. El sistema de tierras consiste en tender sobre el suelo y a una profundidad determinada, alambre de cobre que se conectará a la base de la estructura de acero, de acuerdo con el diseño, con la finalidad de proteger al personal y las instalaciones.

k) Montaje de módulos fotovoltaicos.

Una vez completado el montaje de soportes y estructuras, los módulos serán transportados desde el área de almacén (donde serán resguardados hasta el momento de su colocación) hasta lugares estratégicos del sitio mediante un vehículo automotor a gasolina, para su posterior instalación manual en cada fila designada. Normalmente se ocupa de dos personas calificadas para el manejo de los módulos. El sistema de fijación de los módulos se realizará de forma manual mediante tornillería de acero galvanizado autorroscante y el empleo de herramienta menor. Se dejará un espacio mínimo entre columnas de módulos de 50 mm, para



disminuir la presión del viento a la vez que sirve como vertical de refrigeración para los módulos. No será necesaria ninguna manipulación sobre el perfil extruido en sitio, por razones de no-debililitación y de no-manipulación.

El mecanismo de seguimiento solar de los módulos permite tener la orientación necesaria de manera que reciban la mayor radiación durante todo el año, por lo que se procurará mantener una nivelación uniforme en las filas de módulos.



**Figura II.33.-** Montaje de módulos fotovoltaicos, instalación de cableado eléctrico y de equipos de medición.

l) Instalación de cableado eléctrico.

Para la interconexión eléctrica de módulos fotovoltaicos se requiere la formación de arreglos serie paralelo de los mismos. Para cada arreglo en serie se unen los conductores de cada módulo y posteriormente se canalizan los puntos finales de los arreglos a través de líneas de conducción subterráneas o canalizaciones visibles dedicadas, con la finalidad de recolectar la energía total de los arreglos en cajas de conexiones distribuidas a lo largo del parque. De dichas cajas de conexión, se interconectan mediante tubería subterránea, directamente

enterrados o en charolas visibles, según sea el caso, los conductores eléctricos que van hacia los inversores y equipos asociados.

m) Inversores y centros de transformación MT.

Una vez colectada la energía en Corriente Directa y enviada hacia los inversores, se pretende construir centros de transformación donde estén alojados los inversores, equipos eléctricos de protección y maniobra, así como un transformador elevador para integrar la red de los centros de transformación en Media Tensión (MT).

Dependiendo de la tecnología seleccionada, los inversores estarán instalados de forma distribuida en los centros de transformación o en soportes en el área de módulos. A estos equipos llega el cableado de corriente directa (CD) proveniente de las cajas de conexión instaladas a lo largo de las centrales, posteriormente se envía el cableado de corriente alterna (CA) a través de ductería hacia los transformadores de potencia que estarán localizados en centros de transformación. Además, las plataformas incluirán equipos de media tensión como celdas compactas en aire o en aislamiento SF6 para el enlace con el punto de interconexión.

n) Sistema de colección de energía en Media Tensión.

Para recolectar la energía producida y transformada en corriente alterna, se requieren ductos y cables en media tensión enterrados en zanjas, los cuales unirán eléctricamente cada centro de transformación y llegar a la subestación eléctrica de la central. Con la finalidad de reducir pérdidas eléctricas en la recolección de la energía, el voltaje a utilizar en este sistema será de 34.5 kV.

o) Instalación del equipo de control y comunicación.

El equipo de control y comunicación estará instalado en los centros de transformación centros de interconexión y/o edificio administrativo. Los diferentes equipos de control y comunicación contarán con un enlace redundante vía radiofrecuencia, conexión Wi-Fi y/o mediante fibra óptica, cuyo enlace se instalará a través de ductos subterráneos.

p) Sistema de Almacenamiento Eléctrico con Baterías (SAE).

Tal como se ha mencionado anteriormente en este documento, el proyecto debe considerar un sistema de almacenamiento eléctrico el cual se instalará en contenedores prefabricados para una fácil y rápida integración. Para este efecto se requiere realizar una plancha de concreto para la llegada de los cables y ductos requeridos, de acuerdo con las especificaciones particulares del proveedor.



**Figura II.94.-** Plancha de concreto y equipos de un equipo de almacenamiento Eléctrico.  
Fuente: visita CFE Aura Solar, BCS.

Este sistema debe integrarse por unidades de almacenamiento de energía del mismo modelo y tecnología, cumpliendo con las normas y certificaciones vigentes y aplicables, el cual tendrá que almacenar la energía generada por la Central Fotovoltaica. Es también alcance del Proyecto un arreglo que permita llevar la energía almacenada por el SAE, particularmente para el caso del banco de baterías localizado en la subestación en 115 kV, al circuito de media tensión (34.5 kV).

q) Interconexión eléctrica.

La interconexión del Proyecto se realizará llevando los conductores en corriente alterna en MT en ductos subterráneos hacia la subestación elevadora en los niveles de 400 kV y 115 kV, a ubicarse dentro del predio de la central fotovoltaica y de acuerdo con los bloques (Etapas I y II) de energía del Proyecto. La interconexión debe cumplir con los requerimientos finales del estudio de interconexión ante el CENACE.

r) Pruebas y puesta en servicio.

Las pruebas pre-operativas y de puesta en servicio de todos los sistemas que conformarán el Proyecto, serán realizadas con apego a la normatividad nacional e internacional aplicable. Las pruebas serán supervisadas por personal especializado de la CFE.

### II.2.6.3 Obras y actividades provisionales del Proyecto

Para las áreas provisionales se utilizará parte de las mismas áreas requeridas destinadas para la construcción del Proyecto en sus dos etapas, las cuales están conformadas por almacenes, talleres, comedores y oficinas de supervisión, etc.

a) Construcción de vías de acceso.

Como vías de acceso para el desarrollo de las actividades del Proyecto, se utilizarán los caminos existentes que conducen al Aeropuerto Internacional Mar de Cortes de Puerto Peñasco y a la Unidad de Manejo Ambiental (UMA).

b) Almacenes, bodegas y talleres.

Dentro del alcance del proyecto se tiene indicado tener un área destinada a bodegas, almacenes y talleres provisionales dentro del mismo predio disponible. Estas casetas se construirán de estructura metálica y de material multypanel en muros y techos. En los almacenes y bodegas se guardará el equipo, herramienta, materiales y maquinaria necesaria que se ocupará durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto; las cuales, al término de las obras se desmantelarán. Dentro de esta área también se ha considerado un almacén temporal de residuos peligrosos para la etapa de construcción, el cual deberá ser construido a base de estructura metálica, techo y muros de lámina, construido sobre piso de concreto. La construcción del almacén se realizará cumpliendo con las condiciones establecidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

c) Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.

Durante la construcción del proyecto no se considera la instalación de campamentos ni dormitorios, ya que la mayor parte de la mano de obra no calificada será contratada en los poblados cercanos a las obras del proyecto. El personal calificado utilizará la infraestructura que se tenga (hoteles, casas de huéspedes, etc.) en las localidades cercanas a las obras (Puerto Peñasco o Ejidos cercanos). Como oficinas de supervisión del contratista y personal de la CFE, se instalarán casetas temporales con capacidades necesarias, que incluya cocineta para la toma de alimentos del personal, la cual al término de las obras se tendrá que retirar. Es posible que, para la supervisión de los trabajos, el personal de la CFE habilite una residencia de obra en instalaciones cercanas existentes al proyecto. Cualquier instalación provisional debe quedar dentro de los polígonos del proyecto.

d) Instalaciones hidrosanitarias.

Las instalaciones provisionales, tendrán servicios hidrosanitarios y de energía adecuadamente acondicionados. En los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles. Para el manejo y disposición de los residuos sanitarios que se generen, se contratará a una empresa autorizada para prestar este servicio. Durante la construcción, la contratación de este servicio será responsabilidad del contratista.



Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120 + 300 MW)

19	Rio "El Faro"	0	Derecha	32.281667	-115.331944	Conglomerado	TPC	20	2.0	Sello	No requiere	NE	NR
20	Rio Guila	0	Derecha	32.296111	-115.329722	Conglomerado	TPC	100	2.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello	No requiere	NE	NR
21	Sin Nombre	0	Derecha	29.460378	-114.335011	Conglomerado	TTC	2,000	2.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	No requiere	NE	NR
22	Rio Hipólito Rentería	0	Derecha	32.432056	-115.378194	Conglomerado	NR	1,000	2.0	Terracerías	No requiere	NE	NR
23	Rio Chisum	0	Derecha	30.438889	-114.650833	Conglomerado	TTC	100	2.0	Base, Concreto asfáltico, Sello	No requiere	NE	NR
24	Rio San Tomás	0	Izquierda	31.538889	-116.369417	Conglomerado	TPC	1,000	1.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello, Mampostería	No requiere	NE	NR
25	Libramiento II	0	Izquierda	31.882418	-116.518405	Conglomerado	TPC	95	2.0	Base	No requiere	NE	NR
26	Libramiento I	0	Derecha	31.905758	-116.611930	Conglomerado	TPC	100	1.0	Base	No requiere	NE	NR
27	Sin Nombre	0	Derecha	31.649462	-114.964737	Conglomerado		1,000	2.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	No requiere	NE	NR
28	Rio "Yemé"	0	Derecha	30.261108	-114.671092	Conglomerado	TPC	200	2.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello	No requiere	NE	NR
29	Rio "El Faro"	0	Derecha	32.281667	-115.331944	Conglomerado	TPC	200	2.0	Sello	No requiere	NE	NR
30	Sin Nombre	0	Derecha	32.267678	-115.334748	Conglomerado	TPC	200	2.0	Sello	No requiere	NE	NR
31	Rio "El Machuca"	0	Izquierda	28.404167	-113.974444	Conglomerado	TPC	100	1.0	Concreto asfáltico	No requiere	NE	NR
32	Sin Nombre	0	Derecha	29.377354	-114.358992	Conglomerado	TTC	2,000	2.0	Base, Concreto asfáltico, Mesta asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	No requiere	NE	NR
33	Rio " Buenos Aires"	0	Derecha	29.952778	-115.153333	Conglomerado	TPC	2,000	1.0	Concreto asfáltico	No requiere	NE	NR
34	Rio Gallegos	0	Derecha	32.245174	-115.341682	Conglomerado	TTC	100	2.0	Concreto asfáltico, Sello	No requiere	NE	NR
35	Tecate - El Zúñiga, Km 27+900	0	Derecha	32.374611	-116.614129	Conglomerado	C	100	2.0	Sello, Concreto hidráulico	No requiere	NE	NR

**NOMENCLATURA Y ABBREVIATURAS UTILIZADAS**

TRATAMIENTO	TIPO DE PROPIEDAD	USO DE EXPLOSIVOS	USO PROBABLES	RESTRICCIONES ECOLÓGICAS
<b>NR</b> - NO REQUIERE	<b>FED</b> - FEDERAL	<b>EXPL</b> - EXPLOSIVOS	<b>1</b> - TERRACERÍAS	<b>NE</b> - NO EXISTEN
<b>D</b> - DISGREGACIÓN	<b>MPL</b> - MUNICIPAL	<b>NR</b> - NO REQUIERE	<b>2</b> - REVESTIMIENTO	<b>CONSIDER</b> - CONSIDERABLE
<b>C</b> - CRIBADO	<b>PART</b> - PARTICULAR	<b>SR</b> - SIN RESTRICCIONES	<b>3</b> - SUB-BASE	<b>ASPECTOS ECONÓMICOS</b>
<b>TP</b> - TRITURACIÓN PARCIAL	<b>EJID</b> - EJIDAL		<b>4</b> - SUB-BALASTO	<b>CONVE</b> - CONVENIENTE
<b>TT</b> - TRITURACIÓN TOTAL			<b>5</b> - BALASTO	<b>ACEP</b> - ACEPTABLE
<b>L</b> - LAVADO			<b>6</b> - BASE	<b>REC</b> - RECOMENDABLE
<b>TPC</b> - TRITURACIÓN PARCIAL Y CRIBADO			<b>7</b> - CONCRETO ASFÁLTICO	<b>NO REC</b> - NO RECOMENDABLE
			<b>8</b> - MEZCLA ASFÁLTICA EN EL LUGAR	
			<b>9</b> - SELLO	
			<b>10</b> - MAMPOSTERÍA	
			<b>11</b> - CONCRETO HIDRÁULICO	
			<b>12</b> - SUB-BALASTO	

INVENTARIO NACIONAL DE BANCOS DE MATERIALES EN EL ESTADO DE SONORA			
No.	NOMBRE DEL BANCO	TRATAMIENTO	UBICACIÓN
1	"BANCO CUCHUVERACHI"	Terracerías, Revestimiento, Subbase	CARR. AGUA - PRIETA BABIPE Km 22+720 DESVIZO 100 M
2	PREMEZCLADOS NOGALES S.A DE C.V.	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Mampostería, Concreto hidráulico	BLVD. LUIS DONALDO COLOSIO # 1156-A NOGALES, SONORA, MEXICO
3	"Sin Nombre"	Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar	Municipio de Pitiquito y Caborca
4	" Km 100+500 "	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	Carretera federal No. 2 Km 100+500 DesvDer 50 mts.
5	PC/PIEDRA GRAVA Y DERIVADOS	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	CARRTERA NOGALES AL SARIC KM 1.5
6	HORNOS	Mezcla asfáltica en el lugar, Sello	1200 MTS DE LA CARRETERA ESTATAL 117 LADO DERECHO
7	BANCO GODOY	Terracerías, Base	CALLE SIN NOMBRE, ENTRE CALLE FLORENTINO MOLINA Y CALLE CALIFORNIA
8	" BANCO Km 110+800 "	Terracerías	CARRTERA FEDERAL No. 2, TRAMO JANOS - AGUA PRIETA DEL KM 110+800 LIDER 300 M
9	"Sin Nombre"	Mezcla asfáltica en el lugar	BLVD QUIROGA ENTRE BLVD COLOSIO Y BLV BADO DEL RIO
10	CRIBA CASTILLO	Terracerías, Base	BLVD QUIROGA ENTRE BLVD COLOSIO Y BLV BADO DEL RIO
11	PLANTA CEMENTO ASFÁLTICO	Mezcla asfáltica en el lugar	ubicado en el km 1+900, con 1,400m de DID, de la carretera San Pedro El Sauzito - Ejido Zamora, Hermosillo, Sonora.
12	EBELCO - GODOY	Terracerías, Subbase, Base, Mezcla asfáltica en el lugar	CARRTERA INTERNACIONAL GUAYMAS - CD. OBEREGÓN, DESVIACION IZQUIERDA
13	KALISCH ACERO	Concreto asfáltico	CARRTERA FEDERAL No. 02, AGUA PRIETA - CANANEA KM 159+610 DESVIZO 10 M
14	COFIASA AGUA PRIETA	Concreto hidráulico	CARRTERA FEDERAL No. 02, AGUA PRIETA - CANANEA KM 157+270 DESVIZO 30 M
15	BANCO "EL AMIGO"	Subbase, Base	CAMINO SAN PEDRO - PESQUEIRA, LADO DERECHO CON 1500 MTS INTERIOR
16	BANCO VASQUEZ	Base	CARRTERA FEDERAL #15, KM 12.5, MARGEN DERECHA.
17	" ARROYO GUADALUPE "	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Mampostería, Concreto hidráulico	CARRTERA FEDERAL No. 2, TRAMO JANOS - AGUA PRIETA DEL KM 115+500
18	" ASCORE 181-2019 "	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Mampostería, Concreto hidráulico	CARRTERA FEDERAL No. 2, TRAMO JANOS - AGUA PRIETA DEL KM 115+500
19	" ASCORE 181 "	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico	CARRTERA FEDERAL No. 2, TRAMO JANOS - AGUA PRIETA KM 115+700
20	<b>BANCO EJIDO GUILLERMO PRIETO</b>	<b>Mezcla asfáltica en el lugar, Revestimiento, Subbase, Base, Concreto asfáltico, Sello</b>	<b>CARRTERA PUERTO LIBERTAD - DESEMBOQUE, KM. 73+000 LADO DERECHO A 2000 METROS</b>
21	FAJARDO	Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello	DESVIACION IZQUIERDA 1200 MTS
22	BANCO SANCHEZ	Base	CARRTERA 15 EN EL KM. 13+000 DESVIACION DERECHA 50 METROS
23	Materiales y Agregados RAMMAD SA de CV	Concreto hidráulico	Agua Prieta - Cananea Kilómetro 2.2, Centro, 84200 Agua Prieta, Son.
24	"LA MORITA"	Mezcla asfáltica en el lugar	CARR. FED. NO. 2
25	MATERIALES CLASIFICADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN (MACSA)	Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar	BLVD. ANTONIO QUIROGA, DESVIACION IZQUIERDA A 2.55 KM
26	Almacén de Trabis	Concreto hidráulico	Av. Ingeniero Rogelio Villanueva Varela 50, La Victoria Almacenes, 83304 Hermosillo, Son.
27	Almacén de Trabis	Concreto hidráulico	Av. Ingeniero Rogelio Villanueva Varela 50, La Victoria Almacenes, 83304 Hermosillo, Son.
28	"RANCHO EL DIESEL"	Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	CARR. FEDERAL No. 17, TRAMO NACCOZARI - AGUA PRIETA km 159+200 DESVIACION IZQUIERDA 2000 M
29	BANCO LOMA CAFE	Terracerías	CARRTERA FEDERAL No. 2, TRAMO JANOS - AGUA PRIETA DEL KM 109+300
30	"LA MORITA"	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Mampostería, Concreto hidráulico	CARR. FEDERAL NO. 02 KM 26+500 DESVIDER 500 M
31	"LA MESA MOCTEZUMA"	Subbase, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	CARR. FEDERAL No. 14, TRAMO: HERMOSILLO - MOCTEZUMA km 163+500 DESVIACION DERECHA 2100m.
32	HOMERO MENDIVIL	Subbase, Base, Concreto asfáltico, Sello	KM. 107+000 LADO IZQUIERDO A 8KM DE LA CARRETERA SANTA ANA SONOYTA.
33	PLANTA ING. JUAN ISLAS BELTRAN	Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar	CARR. FED. NO. 17 TRAMO MOCTEZUMA - AGUA PRIETA, km 192+700
34	"LA PERA"	Subbase, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Sello, Concreto hidráulico	TRAMO: MOCTEZUMA - AGUA PRIETA km 111+000
35	"RIVAS"		CARRTERA FEDERAL NO. 17, NACCOZARI - AGUA PRIETA KM 170+000
36	"LA CALERA"		<b>BANCO "LA CALERA" KM 4+000 D/D250M CARRETERA PUERTO LOBOS</b>
37	PLANTA PREMACO PEÑASCO		<b>CARRTERA FEDERAL N.8 ENTRONQUE CON SON 3</b>
38	"EL MECHUDO"	Terracerías	<b>CARRTERA COSTERA DE SONORA DESVIACION IZQUIERDA A 1+300KM</b>
39	ERAGON ASFALTOS MEXICO	Escolleras	PLANTA HERMOSILLO
40	PLANTA JJD INGENIEROS EN YECORA		CARRTERA YECORA
41	PLANTA "LA PALOMA"	Terracerías, Subbase	DESVIACION IZQUIERDA 2+500 MTS
42	PLANTA DE TRITURACION TECNO ASFALTOS		BLVD QUIROGA ENTRE BLVD COLOSIO Y BLV BADO DEL RIO
43	<b>EL FARO</b>	<b>Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Sello, Concreto hidráulico</b>	<b>KM 36+000 LADO DERECHO A 300 METROS DE LA CARRETERA MEXICALI - SAN FELIPE</b>
44	PLANTA DE ASFALTOS "LA AZTECA CONSTRUCCIONES Y URBANIZACIONES"		MARGEN DERECHA A 100 METROS
45	" Preecolados "	Mampostería, Concreto hidráulico	Carretera Federal No. 02 Tramo Janos - Agua Prieta km 156+300 Desvltqz. 50 m.
46	"Materiales y agregados RAMMAD S.A DE C.V."	Mampostería, Concreto hidráulico	Carretera Federal No. 02 Tramo Cananea - Agua Prieta Km 2+200 Desvltqz. 300 m.
47	" Loma Colorada "	Terracerías	Carretera Federal No. 02 Tramo Janos - Agua Prieta km 115+000 Desvltqz. 20 m.
48	" Banco el Llanito "	Terracerías	Carretera Federal No. 02 Tramo Cananea - Agua Prieta Km 22+900 Desvltqz. 200 m.
49	BANCO "OJO DE AGUA"	Concreto asfáltico	LADO IZQUIERDO CARRETERA AGUA PRIETA -IMURIS
50	LA MORITA II	Terracerías, Revestimiento	CARRTERA FEDERAL No. 02, TRAMO CANANEA - AGUA PRIETA KM 8+800 DESVIZO 270 M
51	BANCO RANCHO TIERRAS COLORADAS	Mezcla asfáltica en el lugar	CARRTERA YECORA
52	Banco "El Papalote"	Terracerías, Revestimiento, Subbase, Sub-balasto, Balasto, Base, Concreto hidráulico	Camino rural: Agua Prieta - Babispekm 22+700
53	<b>Banco "Agua Zarca"</b>	<b>Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Mampostería</b>	<b>Carretera Puerto Peñasco - La Y Griega Km. 18+000 Desviación Derecha A 80 M.</b>
54	Banco "San Isidro"	Balasto, Base, Mezcla asfáltica en el lugar, Mampostería	Carretera Agua Prieta - Colonia Morelos Km 10+900 Desviación Izquierda 500 Mts - Carretera Aguaprieta - Babispe km 10+500
55	Banco "Cabilona"	Balasto, Base, Concreto asfáltico	Carretera Agua Prieta - Moctezuma Km. 166+000, Desviación Izquierda A 100 Mts.
56	<b>Banco "Gamboa"</b>	<b>Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Mampostería</b>	<b>Carretera Federal No. 2, Caborca - Sonoyta, Km. 132+400, Desviación Derecha A 900 M.</b>
57	Banco "Mezquital Del Oro"	Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mampostería	Blvd Luis Donald Colosio #1156-A Nogales, Sonora.
58	Banco "Maycoba"	Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mampostería	Carretera Hermosillo - Límites Con Estados Sonora/Chihuahua Km. 331+000 Lado Derecha A 200 Mts.
59	Banco "Monarez"	Revestimiento, Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Mampostería	Carretera Federal No. 15 Km. 132+000 Lado Izquierdo A 20 Mts.
60	Banco "Estacion Corral"	Balasto, Base, Concreto asfáltico, Mezcla asfáltica en el lugar, Mampostería	Carretera Obregon-Navojas Km. 4+000 Desviación Derecha A 5000 M.

Notas:  
 1)  Los bancos señalados en amarillo son los siete más cercanos al sitio de la obra.  
 2) Fuente de Información: Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes - 2018.

g) Sitios de disposición de residuos.

La disposición final de los residuos sólidos urbanos se hará en sitios autorizados por el municipio de Puerto Peñasco. Para los residuos considerados como peligrosos se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio de confinamiento autorizado.

En la **Tabla II.5.** se presenta el programa preliminar de trabajo para la preparación del sitio y construcción del proyecto.

**Tabla II.5.-** Preparación del sitio y construcción.

Actividades	Programa general de trabajo																																				
	Año 1												Año 2												Año 3												
	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24			
<b>Etapas 120 MW</b>																																					
Preparación del sitio (Actividades para el CUSTF)																																					
Delimitación y señalización del terreno																																					
Identificación y marcado de árboles a demorar																																					
Desmonte (Derribo y troteo de árboles)																																					
Documentación y transporte de los tramos																																					
Manejo de desperdicios y aprovechamiento de la tierra																																					
Despejarse																																					
<b>Construcción</b>																																					
Obras civiles																																					
Obras electromecánicas																																					
Pruebas y puesta en servicio																																					
<b>Operación y mantenimiento</b>																																					
Operación de la central hidroeléctrica de 120 MW																																					
Mantenimiento preventivo y correctivo																																					
<b>Etapas 300 MW</b>																																					
Preparación del sitio (Actividades para el CUSTF)																																					
Delimitación y señalización del terreno																																					
Identificación y marcado de árboles a demorar																																					
Desmonte (Derribo y troteo de árboles)																																					
Documentación y transporte de los tramos																																					
Manejo de desperdicios y aprovechamiento de la tierra																																					
Despejarse																																					
<b>Construcción</b>																																					
Obras civiles																																					
Obras electromecánicas																																					
Pruebas y puesta en servicio																																					
<b>Operación y mantenimiento</b>																																					
Operación de la central hidroeléctrica de 300 MW																																					
Mantenimiento preventivo y correctivo																																					

**II.2.7 Estimación de volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo.**

**Metodología**

La metodología utilizada para la estimación del volumen por especie en el predio donde se construirá el proyecto se realizó en dos etapas, una comprendió en la consulta bibliográfica de listados florísticos y caracterizaciones de la vegetación desarrollados en la zona de interés, y la otra consistió en llevar a cabo los muestreos de la vegetación, elaborar las bases de datos para realizar los cálculos correspondientes.

En la primera etapa se realizó una búsqueda y consulta bibliográfica de la información disponible y relacionada con las asociaciones vegetales existentes en el SAR, para con ello tener un conocimiento de las especies que potencialmente estarían presentes en el Área del proyecto.



Simultáneamente y con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se elaboró cartografía teniendo como base la poligonal que delimita la superficie de la central fotovoltaica Puerto Peñasco Fase I 420 MW, así como las coberturas procedentes de la (Serie VI INEGI) de uso de suelo y vegetación. Con esto, nos dimos una idea de la complejidad ambiental del área en la que trabajaríamos y de la distribución de los principales tipos de vegetación, lo que nos ayudó a distribuir los puntos de muestreo. Derivado de lo anterior, se determinó que **la totalidad del polígono 813.52 ha del Área del proyecto corresponde a Vegetación de Desiertos Arenosos**, esto nos facilitó la distribución de los sitios de muestreo, así como su posterior análisis e interpretación.

### Descripción de la Vegetación de Desiertos Arenosos

**Esta comunidad vegetal está constituida principalmente por arbustos perennes**, cuyas raíces perforantes se anclan en la arena no consolidada y forman colonias por reproducción vegetativa. Se agrupan por “manchones” en desiertos sumamente áridos. Algunas de las especies que se pueden encontrar son: *Larrea tridentata* (Gobernadora, Hediondilla), *Prosopis spp.* (Mezquites), *Yucca spp.*, *Atriplex spp.*, (Saladillos), *Opuntia spp.* (Chollas, Nopales), *Ephedra trifurca* (Hitamo), *Ambrosia dumosa* (Hierba del burro), etc. Estas especies proceden de las áreas circunvecinas, generalmente con matorral desértico micrófilo, mezquital u otros tipos de vegetación. Este tipo de vegetación cubre amplias regiones, principalmente en las zonas áridas de Coahuila, Chihuahua, Sonora y Baja California, como sucede en buena parte del noroeste del país.<sup>2</sup>

### Tamaño de muestra

El muestreo estadístico es una herramienta indispensable en la mayoría de los inventarios forestales; debido a la extensión de la superficie del proyecto no es posible realizar un censo que nos permita medir la totalidad de la vegetación, resulta necesario tomar una muestra de esta y extrapolar los resultados a la superficie total. Esto nos proporciona información necesaria para cumplir con nuestros objetivos en menor tiempo con un costo mucho menor. El tamaño de muestra se refiere a la superficie de vegetación que es necesaria medir para poder hacer inferencias estadísticas reales de una población o comunidad vegetal. Se expresa generalmente en unidades de superficie (m<sup>2</sup> o ha), éstos a su vez se extrapolan a un número de sitios de acuerdo con la forma y tamaño de estos que se hayan elegido para realizar los muestreos. El tamaño de muestra necesario en cada proyecto depende de la precisión deseada, la cantidad de recursos disponibles (económicos, materiales, personal calificado, tiempo, etc), y de la diversidad de la vegetación por caracterizar. La precisión de la muestra se expresa generalmente haciendo referencia a un intervalo de confianza tomando como referencia la media de la población.

---

<sup>2</sup> Catálogo de Tipos de Vegetación Natural e Inducida de México

Para determinar el tamaño de muestra en el presente estudio, se realizó un pre-muestreo con la intención de calcular la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación de la vegetación. De acuerdo con el número de especies presentes en cada uno de los sitios, se tomó la información de siete sitios circulares de 1 000 m<sup>2</sup> distribuidos al azar en las 813.52 ha de superficie. A continuación, se presentan los resultados de estos cálculos:

**Varianza:**

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{1.7}{6} = \mathbf{0.3}$$

**Desviación estándar:**

$$\text{Desviación estándar} \quad S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.3} = \mathbf{0.53}$$

**Coefficiente de variación:**

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S^2}{x} \times 100 = \frac{0.3}{1.4} \times 100 = \mathbf{21}$$

Posterior al cálculo de la varianza se procede a determinar el tamaño de muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = t de Student

CV = coeficiente de variación

N = número de sitios de toda la población

E = error permitido

El valor de  $t$  se obtiene de la tabla de  $t$  de Student con un nivel de probabilidad de 95% y  $n - 1$  grados de libertad.  $E$  es el error permitido, se refiere al nivel de error que estamos dispuestos a aceptar dependiendo de la precisión que se requiera.  $N$  se determina dividiendo la superficie total de estudio entre la superficie de los sitios de muestreo. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos lo siguiente:

**Sustituyendo los valores en la fórmula**

$$n = \left( \frac{3.76}{100} \right) \left( \frac{441.00}{0.20} \right) = \frac{1659.75}{100.20} = 16.6$$

El tamaño de muestra se calculó basado en las especies presentes dentro de cada sitio de muestreo, como resultado del cálculo obtenemos que será necesario levantar información en 17 sitios de 1 000 m<sup>2</sup>, teniendo un error de muestreo permitido de 5% y un 95% de confiabilidad. Derivado de los pre-muestreos donde se pudo identificar una reducida riqueza de especies, ya que solo se identifican una especie para el estrato arbóreo tres especies para el estrato arbustivo y ningún registro para los estratos herbáceo ni para el de suculentas. Anexo II.1 Cálculo de tamaño de muestra vegetación en el AP y SAR.

Tabla II.6. Listado florístico derivado de los muestreos de vegetación realizados en el Área del Proyecto CFV Puerto Peñasco 420 MW					
Estrato Arbóreo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Mezquite	2	---	---
Estrato Arbustivo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zigophillaceae	Gobernadora	209	---	---
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Chamizo	265	---	---
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Ephedraceae	Cola de Zorra	22	---	---
Estrato Herbáceo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
Sin vegetación				---	---
Estrato Suculentas					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
Sin vegetación				---	---

De acuerdo con lo anterior, se determinó muestrear 23 sitios de 1 000 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo teniendo una superficie total muestreada de 23,000 m<sup>2</sup>, mientras para el estrato arbustivo igual son 23 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, teniendo una superficie total de 2,300 m<sup>2</sup>. en la siguiente tabla se presentan las superficies muestreadas por estrato.

Estrato	Superficie muestreada (m <sup>2</sup> )
Arbóreo	23,000
Arbustivo	2,300
Herbáceo	1,150
Suculentas	23,000

Lo anterior se puede reforzar con el listado general de especies registradas en el área de construcción del Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW, con la superficie muestreada en este inventario se considera que justifica la superficie calculada para el tamaño de muestra.

En la Tabla siguiente se presentan las coordenadas UTM de los sitios de muestreo y en la **Figura II.35** se georreferencian:

Tabla II.7. Coordenadas Sitios de Muestreo Área del Proyecto				
No. de Sitio	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y	Altura (msnm)	Tipo de vegetación
34	285,375	3,465,289	4	Vegetación de desiertos arenosos
35	284,711	3,465,571	7	Vegetación de desiertos arenosos
36	284,037	3,465,754	7	Vegetación de desiertos arenosos
39	284,622	3,466,083	8	Vegetación de desiertos arenosos
40	284,112	3,466,361	10	Vegetación de desiertos arenosos
41	285,567	3,466,334	17	Vegetación de desiertos arenosos
43	284,398	3,466,754	13	Vegetación de desiertos arenosos
44	283,873	3,467,123	12	Vegetación de desiertos arenosos
45	285,316	3,467,097	18	Vegetación de desiertos arenosos
46	284,692	3,467,307	18	Vegetación de desiertos arenosos
47	283,783	3,467,595	16	Vegetación de desiertos arenosos
48	284,585	3,467,669	18	Vegetación de desiertos arenosos
49	284,086	3,467,641	18	Vegetación de desiertos arenosos
51	283,405	3,465,987	11	Vegetación de desiertos arenosos
52	283,027	3,466,169	12	Vegetación de desiertos arenosos
53	282,656	3,466,236	14	Vegetación de desiertos arenosos
54	283,367	3,466,496	12	Vegetación de desiertos arenosos
55	282,971	3,466,500	16	Vegetación de desiertos arenosos
56	282,685	3,466,622	12	Vegetación de desiertos arenosos
57	283,167	3,466,966	12	Vegetación de desiertos arenosos
58	282,813	3,467,000	12	Vegetación de desiertos arenosos
59	282,845	3,467,624	12	Vegetación de desiertos arenosos
60	282,482	3,467,982	12	Vegetación de desiertos arenosos

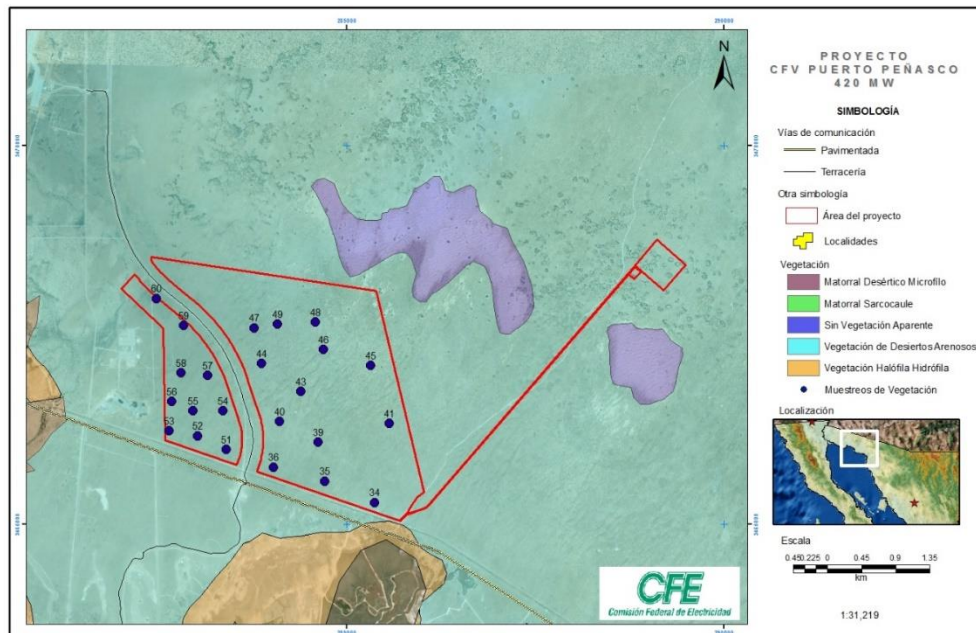


Figura II.35.- Sitios de muestreo dentro del área del proyecto.

## Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Comúnmente para inventarios forestales se han usado intensidades de muestreo en el orden de 1%, 0.5% y 0.1% dependiendo de los factores: superficie total, presupuesto disponible, precisión requerida. Vale la pena recordar que a mayor intensidad de muestreo aumentan los costos del inventario, pero también la precisión estadística de nuestros resultados. La intensidad de muestreo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

**IM** = Intensidad de muestreo en porcentaje  
**n** = Número de unidades de la muestra  
**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, observamos que dentro de nuestra superficie total de 813.52 ha puede contener hasta 8,135 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>. Mientras que se muestrearon 23 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>. De esta manera, la intensidad de muestreo como resultado del inventario es de un 0.28%, una intensidad de muestreo aceptable.

## Diseño de muestreo

La forma de los sitios de muestreo se determina considerando los problemas prácticos que se puedan presentar al delimitarlos directamente en el campo, las diferentes formas factibles de uso, los objetivos del inventario, el tipo de vegetación, etc. Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las condiciones y el tiempo disponible. Así podemos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, irregulares, etc. El uso de los sitios circulares tiene la ventaja de que se delimitan con relativa facilidad en campo. Por el contrario, resulta más complicado delimitar los sitios cuadrados de longitudes considerables, puesto que es necesario trazar los transectos con un cierto ángulo y en terrenos accidentados cuesta trabajo cerrar los vértices.

Para el presente estudio el sistema de muestreo seleccionado fue aleatorio, este muestreo requiere que todas las posibles combinaciones de las n (tamaño de muestra), unidades muestrales tengan una probabilidad igual de ser elegidas entre la población N (tamaño de la población). La unidad de muestreo usada en este inventario fueron los sitios de área fija de forma circular con un área de 1,000 m<sup>2</sup> de manera aleatoria por toda la superficie el área del proyecto.

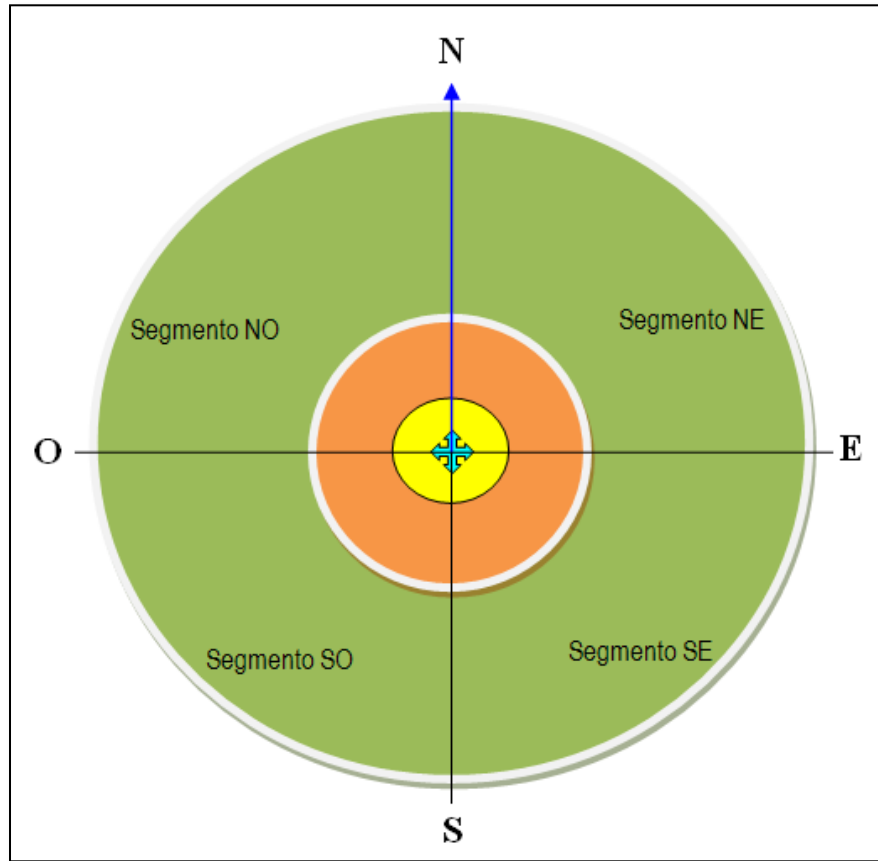
## Trabajo de campo

En la segunda etapa de la metodología se llevó a cabo la colecta de la información forestal en campo de la forma siguiente: primero se identificó el centro de cada uno de los sitios seleccionados, registrando sus coordenadas.

Se realizó con el criterio de delimitar un sitio circular a diferentes distancias de radio, considerando el cambio de pendiente en el terreno donde se ubica el sitio.

En el sitio de muestreo se estableció un punto central, el cual fue estacado y georreferenciado con coordenadas UTM. A partir de este punto central se delimitó un círculo, de **1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para el muestreo del estrato arbóreo y de plantas suculentas**, en este estrato se identificaron los individuos de especies arbóreas con un DAP mayor a tres cm y especies correspondientes a la categoría de suculentas, **para el muestreo del estrato arbustivo**, donde se incluyen todos los individuos de especies arbustivas presentes. Con la finalidad de dividir este círculo en cuatro segmentos y facilitar su muestreo, se tomó como referencia los puntos cardinales: N, S, E y O, como se muestra en la Figura siguiente, a cada uno de estos puntos se despliega una cuerda que ayuda a delimitarlo.

A cada uno de los individuos muestreados, independientemente de su especie y el estrato al que pertenezca, se le medirá su altura total y cobertura de copa visto desde arriba en forma de cruz, es decir un diámetro mayor y uno menor para calcular una superficie en metros cuadrados.



	<p>Sitio de 1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para los <b>estratos Arbóreo y de suculentas</b> se incluyeron todos aquellos individuos de árboles y arbustos con una altura a partir de 3.01 m.</p>
--	--

**Figura II.36.-** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto.

**Estrato Arbóreo y estrato para suculentas**, con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m). En este estrato se mide y se registran el arbolado con altura mayor a 3 m sobre la superficie del suelo, en este estrato se incluyen individuos arbóreos y de ser el caso individuos arbustivos.

**Estrato Arbustivo**, con un área de 100 m<sup>2</sup>, (radio = 5.64). En este estrato se mide y registran que tengan entre 1.01 y 3.00 m de altura, las cuales comprenden por lo general las plantas arbustivas y aquellos árboles en etapas tempranas de su desarrollo.

Al no existir una tabla de volumen específica para las especies identificadas en esta región con vegetación de desértico arenosa, se tomó el modelo utilizado para estimar el volumen, presentado en la tesis de maestría en ciencias forestales en la Universidad Autónoma de Nuevo León



“Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipeco del noroeste de México”.

La base de datos con la memoria de cálculo donde se determina el volumen está disponible en formato Excel en el Anexo II.2. estimación de volumen 420 MW. Para cuantificar los volúmenes de la vegetación con potencial maderable existente en el Predio Sujeto a CUSTF del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW, se empleó el siguiente modelo matemático.

$$\text{Volumen m}^3 = 0.003057 + 0.691899 * (\text{Diámetro de copa}/100) * (\text{Diámetro de copa}/100) * \text{Altura}$$

Como se puede ver, los tipos de vegetación identificados en el predio para la construcción del proyecto, característicos de ecosistemas desérticos compuestos por un reducido número de especies con individuos dispersos, en las tablas siguientes se presentan los cálculos volumétricos para los individuos que componen el estrato arbóreo y arbustivo, y el número de individuos por especie y sitio para los estratos de herbáceas y suculentas.

Tabla II.8. Cálculo de volumen para el Estrato Arbóreo

Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	No. de individuos en 2.3 ha	No. de individuos en 813.52 ha	Diam. Copa 1 (m)	Diam. Copa 2 (m)	Diam. Copa (m2)	Altura (m)	Diam. Tronco (cm)	Volumen (m³ V.T.A.) en 2.3 ha			Volumen (m³ V.T.A.) en 813.52 ha	% de volumen por sitio
												Por individuo	Por grupo	Por especie		
Prosopis glandulosa	Fabaceae	Árbol	Mezquite dulce	48	1	354	2	2	4	4.5	45	0.00804	0.0080	0.069	24.408	9.893
					1	354	5	3	15	3.72	20	0.06097	0.0610			
				49	1	354	6.26	4.86	30.4236	2.1	30	0.13754	0.1375	0.1375	48.650	19.719
				52	1	354	0.94	0.92	0.8648	0.9	4	0.00310	0.0031	0.0031	1.098	0.445
				60	1	354	7.2	6.4	46.08	3.3	35	0.48788	0.4879	0.4879	172.565	69.943
Subtotal				5	1769								0.698	246.721	100	

Se tiene entonces que para el estrato arbóreo se calcula un volumen total de **246.72 m³**, todos aportados por la especie *Prosopis glandulosa* y el sitio No. 60 es el sitio que más volumen con potencial maderable aporta, es una especie muy común en los desiertos de Norteamérica, desde el Bajío, en México, hasta la parte más septentrional del desierto de Chihuahua, así como en grandes extensiones en la Península de Baja California.

En la siguiente tabla se presenta el cálculo de volumen para el estrato de arbusto, es importante mencionar que este estrato no presenta características maderables, las especies que dominan en este estrato y en general el paisaje de la región son *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill y *Atriplex canescens*.

**Tabla 16. Cálculo de volumen para el Estrato Arbustivo**

Especie	Familia	Forma biológica	Número común	No. de sitios	No. de individuos por sitio	Estr. Clase 1 (cm)	Estr. Clase 2 (cm)	Estr. Clase 3 (cm)	Estr. Clase 4 (cm)	Altura (m)	Estr. Fracción (cm)	Volumen (m³ V.T.A.)			Volumen (m³) en 0.15.00 ha	% de volumen por sitio	
												Por individuo	Por grupo	Por especie			
<i>Larrea tridentata (Sessé &amp; Moc. ex DC.) Covill</i>	<i>Sphaeranthaceae</i>	Arbustivo	Desértico-arbustivo	38	1	3537	2.1	1.8	3.78	1	6	0.00008	0.00008	0.00079	3.448	33.34%	
				38	1	3537	0.9	1.3	1.17	6	6	0.00015	0.00015	0.00014	1.464		
				38	1	3537	1.5	1.7	3.25	1.8	6	0.00038	0.00038	0.00033	1.188		
				38	1	3537	3.2	3.2	10.24	1.7	6	0.00129	0.00129	0.00114	4.448		
				38	1	3537	0.48	0.38	0.17	0.3	6	0.00008	0.00008	0.00002	2.183		
				41	1	3537	1.38	0.3	0.67	1.4	4	0.00017	0.00017	0.00014	1.177		
				41	1	3537	1	1	1.00	1.2	3	0.00014	0.00014	0.00011	1.177		
				41	1	3537	0.36	0.3	0.36	1.88	4	0.00078	0.00078	0.00078	2.742		
				44	1	3537	3.1	3.33	10.33	2.7	4	0.00286	0.00286	0.00231	11.412		
				44	1	3537	2.8	3.1	7.44	1.83	3	0.00030	0.00030	0.00030	1.000		
				44	1	3537	1.48	0.88	0.76	1.80	2.1	0.00043	0.00043	0.00044	1.107		
				44	1	3537	1.18	0.72	0.85	1.88	1.9	0.00013	0.00013	0.00011	1.107		
				47	1	3537	3	3	9.00	1.8	7	0.01114	0.01114	0.01111	4.448		
				47	1	3537	1.61	1.68	0.76	1.1	3	0.00008	0.00008	0.00008	0.278		
				47	1	3537	1.1	1.4	1.52	1.34	3.0	0.00038	0.00038	0.00038	4.898		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.72	1.1	2	0.00010	0.00010	0.00010	0.100		
				47	1	3537	0.17	0.11	0.03	0.38	1.0	0.00006	0.00006	0.00006	0.000		
				47	1	3537	1.88	1.2	1.88	1.4	3	0.00021	0.00021	0.00021	4.831		
				47	1	3537	1.9	1.2	1.80	1.1	1	0.00004	0.00004	0.00004	0.000		
				47	1	3537	2.3	2.4	0.52	1.7	6	0.00054	0.00054	0.00054	2.778		
				47	1	3537	0.88	0.88	0.72	0.8	6	0.00004	0.00004	0.00004	0.000		
				47	1	3537	0.7	0.88	0.17	0.7	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.000		
				47	1	3537	2.8	2.12	0.18	1.7	2	0.00780	0.00780	0.00780	3.738		
				47	1	3537	2.4	3	10.20	1.8	4	0.00001	0.00001	0.00001	0.000		
				47	1	3537	0.3	0.3	0.09	0.83	1	0.00006	0.00006	0.00011	1.081		
				47	1	3537	2.7	2.82	7.81	1.8	1.0	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.72	0.4	6	0.00000	0.00000	0.00000	0.000		
				47	1	3537	0.2	0.2	0.04	0.21	2	0.00001	0.00001	0.00000	0.000		
				47	1	3537	2.2	2.3	0.80	1.1	2	0.00001	0.00001	0.00000	0.000		
				47	1	3537	2.2	1.8	3.62	1.8	2	0.00043	0.00043	0.00043	0.000		
				47	1	3537	1.0	1.0	1.00	1.0	2	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				47	1	3537	1.1	0.8	0.68	0.4	6	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				47	1	3537	0.7	0.8	0.28	0.4	6	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.64	0.3	3	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.64	0.3	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.64	0.4	1	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.64	0.4	1	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				47	1	3537	1.1	0.8	0.68	0.6	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	1.8	1.4	2.88	1.8	2	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	1.1	1.17	1.08	0.8	2	0.00018	0.00018	0.00018	0.000		
				47	1	3537	0.8	0.8	0.64	1.08	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				47	1	3537	1.3	1.8	2.34	0.8	3	0.00034	0.00034	0.00034	0.000		
				47	1	3537	1.38	1.74	2.34	0.8	3	0.00034	0.00034	0.00034	0.000		
				47	1	3537	1.1	1.2	1.74	0.8	3	0.00021	0.00021	0.00021	0.000		
				47	1	3537	1.1	1.2	1.74	0.8	3	0.00021	0.00021	0.00021	0.000		
47	1	3537	0.8	0.8	0.64	1.07	4	0.00007	0.00007	0.00007	0.000						
47	1	3537	0.7	0.8	0.56	0.8	4	0.00007	0.00007	0.00007	0.000						
47	1	3537	1.83	1.7	2.88	1.8	2	0.00076	0.00076	0.00076	0.000						
Subtotal			28	144774									62.408	18.664%			
<i>Ephedra trifida</i>	<i>Ephedraceae</i>	Arbustivo	Ciclo de tierra	41	1	3537	1.67	1.3	2.38	0.6	10	0.00007	0.00007	0.00007	1.238	2.31%	
				41	1	3537	2.7	1.83	2.70	1.24	10	0.00008	0.00008	0.00007	1.202		
				41	1	3537	0.46	0.46	0.16	0.26	6	0.00000	0.00000	0.00001	1.000		
				47	1	3537	1.8	0.48	0.81	0.74	6	0.00008	0.00008	0.00011	1.000		
				47	1	3537	0.9	0.9	0.81	0.6	6	0.00008	0.00008	0.00008	1.000		
Subtotal			5	17286								0.000	0.000				
<i>Atriplex canescens</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Arbustivo	Chamiso	38	1	3537	1.84	1.3	1.97	1.4	6	0.00043	0.00043	0.00043	1.000	64.43%	
				38	1	3537	1.18	1.18	1.61	0.82	1	0.00010	0.00010	0.00010	0.000		
				38	1	3537	1.2	1.1	1.32	0.84	1.8	0.00011	0.00011	0.00011	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.88	0.88	0.88	1.8	0.00009	0.00009	0.00009	0.000		
				38	1	3537	1.3	1.3	1.68	0.88	1.8	0.00023	0.00023	0.00023	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.81	0.72	0.82	1	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				38	1	3537	0.88	0.8	0.80	0.8	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				38	1	3537	1.3	1.22	1.58	0.87	1	0.00016	0.00016	0.00016	0.000		
				38	1	3537	0.88	0.8	0.72	0.83	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				38	1	3537	1.13	0.88	1.02	0.81	1	0.00010	0.00010	0.00010	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.84	0.67	0.8	1	0.00013	0.00013	0.00013	0.000		
				38	1	3537	1.67	1.23	1.83	0.83	2.0	0.00022	0.00022	0.00022	0.000		
				38	1	3537	1.8	1.83	2.88	0.75	2.0	0.00027	0.00027	0.00027	0.000		
				38	1	3537	1.74	1.83	2.88	0.83	2	0.00032	0.00032	0.00032	0.000		
				38	1	3537	2	1.8	3.20	0.84	3	0.00041	0.00041	0.00041	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.81	0.67	0.83	2.0	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				38	1	3537	1.48	0.83	1.88	0.88	2.0	0.00013	0.00013	0.00013	0.000		
				38	1	3537	1.37	1.23	1.68	0.84	2.0	0.00018	0.00018	0.00018	0.000		
				38	1	3537	1.3	1.38	1.74	0.83	3	0.00017	0.00017	0.00017	0.000		
				38	1	3537	0.88	0.88	0.72	0.8	1	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				38	1	3537	2	1.2	2.00	0.89	2	0.00033	0.00033	0.00033	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.7	0.56	0.38	2.0	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				38	1	3537	1	1.1	1.10	0.8	2	0.00011	0.00011	0.00011	0.000		
				38	1	3537	0.7	1.1	0.77	0.8	2	0.00009	0.00009	0.00009	0.000		
				38	1	3537	0.9	0.8	0.72	0.8	2	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				38	1	3537	1.1	1	1.10	0.8	2	0.00013	0.00013	0.00013	0.000		
				38	1	3537	0.8	0.8	0.64	0.8	1	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				38	1	3537	1.0	0.8	1.00	0.8	2	0.00013	0.00013	0.00013	0.000		
				41	1	3537	1.43	1	1.43	0.83	2	0.00010	0.00010	0.00010	0.000		
				41	1	3537	1.88	1.13	1.61	1.07	2.0	0.00028	0.00028	0.00028	0.000		
				41	1	3537	0.82	0.38	0.38	0.88	0.82	3.0	0.00008	0.00008	0.00008		0.000
				41	1	3537	2	2.8	8.00	1	6	0.00078	0.00078	0.00078	0.000		
				41	1	3537	1.8	1.72	2.87	1.1	10	0.00007	0.00007	0.00007	0.000		
				41	1	3537	1.3	1.4	1.88	0.84	4	0.00008	0.00008	0.00008	0.000		
				41	1	3537	1.8	0.8	1.82	0.7	7	0.00018	0.00018	0.00018	0.000		
				41	1	3537	1.8	1.8	2.88	0.8	8	0.00030	0.00030	0.00030	0.000		
				41	1	3537	1.1	0.88	0.72	0.88	2	0.00008	0.00008	0.00008			

los desiertos mexicanos. Pero, también habita sitios perturbados y muchos potreros de estas zonas áridas, están ampliamente distribuidas en los siguientes estados de México Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas.<sup>3</sup>

Es importante mencionar que para los estratos de Suculentas y herbáceos no se registró presencia en el muestreo por eso no se calcula el volumen para estos. En total se estima un volumen de **507.44 m<sup>3</sup>**

Finalmente se presenta a continuación una tabla resumen con los volúmenes estimados por estrato para el área del proyecto y en las imágenes siguientes se puede observar las características y condiciones actuales del área del proyecto.

Tabla II.10. Resumen de Volumen por estrato y especie en el área del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW					
Estrato Arboreo					
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) en 183.52 ha	% de volumen por especie
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Árbol	Mezquite dulce	246.72	100.000
Estrato Arbustivo					
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) en 183.52 ha	% de volumen por especie
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zygophyllaceae	Arbusto	Gobernadora	86.94	33.34
<i>Ephedra trifurca</i>	Ephedraceae	Arbusto	Cola de zorra	5.78	2.21
<i>Atriplex canescens</i>	Amaranthaceae	Arbusto	Chamizo	168.00	64.43
Total				<b>507.44</b>	

<sup>3</sup> Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

En las imágenes siguientes se presentan características actuales de la vegetación en el predio, donde se puede evidenciar la escasa presencia de especies arbóreas.



**Figura II.37.-** Características de la vegetación en el área del Proyecto.

### **II.2.8. Estimación económica de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo.**

Para calcular el valor económico de los recursos maderables que se verán afectados con el CUSTF, se cuantificó el volumen por especie considerando la altura del pecho (DAP), altura y diámetro de copa. Una vez con los volúmenes calculados se investigó el precio del metro cúbico RTA (rollo total árbol) para la madera de la especie *Prosopis sp.* ya que el volumen de madera aprovechada anualmente en esta región no favorece a la industria de transformación y comercialización de este recurso, por lo que no se logró identificar un comercializador que proporcione el valor actual de m<sup>3</sup>, por lo que se optó usar un precio de referencia tomado de para la madera de pino en el mercado nacional.

Para el presente estudio y con el fin de calcular el valor económico de los recursos biológicos forestales del área sujeta al cambio de uso de suelo, se llevaron a cabo entrevistas con los

pobladores del área de estudio, en donde se utilizó la metodología de entrevistas directas con las cuales se obtuvo la siguiente información:

- a) Estado.
- b) Localidad.
- c) Usos tradicionales de la vegetación de la región.
- d) Plantas de uso medicinal.
- e) Plantas de uso maderable.
- f) Plantas para la construcción y cercado de predios.
- g) Tiempo aproximado de colecta.
- h) Valor aproximado de m<sup>3</sup> de madera en rollo.
- i) Otros.

Precios de referencia, considerando que el volumen de madera extraído pudiera ser aprovechado para la industria del aserrío.

<b>Tabla II.11. Precios aproximados de la madera según su uso</b>	
<b>Uso principal</b>	<b>\$/m<sup>3</sup> (precio en el mercado local)<sup>4</sup></b>
Madera de pino (tablas, vigas, muebles, polines y postes).	\$ 600.00
Madera de encino (vigas, postes muebles y carbón).	\$ 350.00
Leña	\$ 150.00
Postes	\$ 300.00

A continuación, se presenta la tabla con el cálculo de volumen total de árbol a remover en el área del proyecto:

<sup>4</sup> Precios obtenidos en trabajo de campo

Tabla II.12. Volumen por estrato y especie en el área del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW			
Estrato Arboreo			
Especie	Familia	Nombre común	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) en 813.52 ha
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Mezquite dulce	246.72

Estrato Arbustivo			
Especie	Familia	Nombre común	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) en 813.52 ha
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zygophyllaceae	Gobernadora	86.94
<i>Ephedra trifurca</i>	Ephedraceae	Cola de zorra	5.78
<i>Atriplex canescens</i>	Amaranthaceae	Chamizo	168.00

La estimación económica de los recursos maderables dentro del predio sujeto a CUSTF, se realizó multiplicando el volumen de madera en rollo para cada categoría de uso con los precios investigados.

Tabla II.13. Valor aproximado del volumen de madera de mezquite en el AP según sus usos potenciales		
Uso principal	\$/m <sup>3</sup> (precio en el mercado local)	Por 246.72 m <sup>3</sup> de volumén estimado en el predio sujeto a CUSTF
Madera de pino (tablas, vigas, muebles, polines y postes).	600	\$148,032.00
Madera de encino (vigas, postes muebles y carbón).	350	\$86,352.00
Leña	150	\$37,008.00
Postes	300	\$74,016.00

Tabla II.14. Valor aproximado del volumen de madera para especies arbustivas en el AP según sus usos potenciales		
Uso principal	\$/m <sup>3</sup> (precio en el mercado local)	Por 260.72 m <sup>3</sup> de volumen estimado en el predio sujeto a CUSTF
Leña	150	\$39,108.00

Es importante mencionar el mezquite es la única especie que presenta características maderables, para hacer esta estimación vamos a considerar el total de m<sup>3</sup>, entonces en el supuesto de que los metros cúbicos calculados fueran todos en buenas condiciones para muebles polines y postes tendrían un precio de \$ 600.00 por m<sup>3</sup> y valor calculado de \$ **148,032.00**, sabiendo que no toda la madera extraída tiene el potencial para ser usada como madera aserrada.

Para el grupo de las especies arbustivas se calculó un volumen total de 260.72 m<sup>3</sup>, esta madera de acuerdo con sus dimensiones y características solo puede ser aprovechada como leña la cual tiene un valor de \$150.00 pesos por metro cubico, se tendría entonces un valor aproximado de \$ **39,108.00 pesos**.

### Estimación del valor económico de los recursos no maderables

El aprovechamiento de los recursos forestales no maderables enfrenta limitaciones significativas, su distribución natural heterogénea dificulta el aprovechamiento intensivo de estos recursos. La mayoría de estos productos son obtenidos mediante la recolección y aunado a un conocimiento limitado sobre su identificación o caracterización, las técnicas de producción, manejo, aprovechamiento, comercialización, etc. En caso de requerirse por lo que lo hacen poco rentables económicamente. En la actualidad su comercialización se hace principalmente de manera informal, irregular y temporal, sirviendo sólo como un complemento estacional al ingreso económico de las familias que aprovechan estos recursos.

Es importante considerar lo anterior para poder hacer una estimación económica de los recursos no maderables existentes en el predio sujeto a CUSTF. Se identificaron arbustos dominantes de las especies *Larrea tridentata* (*Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Atriplex canescens* y *Ephedra trifurca*. Especies que no se consideran por la población local con algún interés etnobotánico comercial. Así mismo, se registran como hierbas típicas en la región, además, se consideran como especies nativas de México

donde están registradas como abundantes por distribuirse ampliamente en las regiones áridas del país. (Rzedowski y Calderón, 1998<sup>5</sup>).

Por lo anterior, valorando el uso limitado y su amplia distribución geográfica, podemos mencionar que las especies identificadas en el predio sujeto a cambio de uso de suelo no representan actualmente algún valor científico, biotecnológico o económico para los poseedores de estos recursos en la siguiente tabla., se realizó un ejercicio para tratar de asignarle un valor económico a este recurso.

---

2 Rzedowski, J., y G. Calderón, 1988. "Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el Centro de México y su interés fitogeográfico". *Acta Botánica Mexicana*,

3 Burrows, G.E. and R.J. Tyrl. 2006. *Handbook of Toxic Plants of North America*. Blackwell Publishing, Ames, Iowa.



Tabla II.15 Estrato Arbustivo								
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de individuos 0.23 ha	No. de individuos 813.52 ha	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) Por individuo	Volumen (m <sup>3</sup> V.T.A.) en 813.52 ha	Precio (\$)
Larrea tridentata (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zygophyllaceae	Arbusto	Gobernadora	1	3537	0.004	2.546	0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.004		1.464
				1	3537	0.003	1.184	0.00
				1	3537	0.015	6.525	0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.006	2.183	0.00
				1	3537	0.003	1.111	0.00
				1	3537	0.008	2.742	0.00
				1	3537	0.023	11.412	0.00
				1	3537	0.009		0.00
				1	3537	0.004	1.566	0.00
				1	3537	0.003	1.107	0.00
				1	3537	0.013	4.649	0.00
				1	3537	0.004	4.596	0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003	4.631	0.00
				1	3537	0.007		0.00
				1	3537	0.006	2.278	0.00
				1	3537	0.003	3.738	0.00
				1	3537	0.008		0.00
				1	3537	0.016	5.664	0.00
				1	3537	0.003	1.081	0.00
				1	3537	0.003	9.154	0.00
				1	3537	0.010		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.005		0.00
				1	3537	0.004	10.022	0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003	9.295	0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003		0.00
				1	3537	0.003	86.949	0.00
				1	3537	0.004		0.00
				1	3537	0.003		1.226
1	3537	0.004	1.303	0.00				
1	3537	0.003	1.082	0.00				
1	3537	0.003	1.093	0.00				
1	3537	0.003	1.081	0.00				
<b>Subtotal</b>				<b>48</b>	<b>169,778.09</b>		<b>86.949</b>	<b>0.00</b>
Ephedra trifurca	Ephedraceae	Arbusto	Cola de zorra	1	3537	0.003	1.226	0.00
				1	3537	0.004	1.303	0.00
				1	3537	0.003	1.082	0.00
				1	3537	0.003	1.093	0.00
				1	3537	0.003	1.081	0.00
<b>Subtotal</b>				<b>5</b>	<b>17,685.22</b>		<b>5.785</b>	<b>0.00</b>



No obstante, en muchas de las regiones áridas y semiáridas del país, algunas de las plantas registradas en el predio del proyecto pueden tener algún uso comestible, medicinal o para forraje; entre las cuales se encuentran las siguientes:

**Mezquite.** - De este se puede obtener madera, el follaje y frutos se usan como forraje. Además, cuenta con uso en la medicina tradicional por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, por lo que se usa como remedio de desórdenes digestivos, tratamiento de la conjuntivitis y curación de heridas (Henciya, S. et al., 2016<sup>6</sup>).

**Gobernadora.** Los frutos son comestibles curados en aceite, las hojas en infusión se aplican en baños para aliviar el reumatismo y contra el mal olor de pies; tiene propiedades antisépticas por lo que se aplica en heridas y golpes.

La infusión tomada se cree que es útil para curar trastornos gástricos, enfermedades venéreas y como estimulante del riñón. La infusión en alcohol calma dolores y reumas.

### **Estimación del valor económico de los servicios ambientales**

Los servicios ambientales son beneficios intangibles, aquellos que sabemos que existen, pero cuya cuantificación y valoración resultan complicadas. A diferencia de los bienes o productos ambientales, como es el caso de la madera, los frutos y plantas medicinales de las cuales nos beneficiamos directamente; los servicios ambientales no se utilizan o aprovechan de manera directa, sin embargo, nos otorgan beneficios, como tener un clima agradable, evitan la erosión, aire limpio o simplemente un paisaje atractivo.

La evaluación de los servicios ambientales que ofrecen los bosques conlleva una serie de dificultades y limitaciones, derivadas de asignar un precio o valor a la naturaleza, regularmente estos servicios ambientales son gratuitos para la gente que disfruta de ellos. Mientras que los dueños y poseedores de los terrenos forestales que los proveen no son compensados en forma alguna por conservarlos o mantenerlos.

Como parte de la estrategia para la promoción de mecanismos de pago por servicios ambientales en México, el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional Forestal a partir del año 2003 emprendió dos iniciativas:

- El Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y el Programa para la Conservación de la biodiversidad. Actualmente la CONAFOR subsidia aproximadamente con \$1,100.00 pesos/ha/año por el PSA en varias modalidades (Para ser beneficiario de

---

<sup>6</sup> Henciya, S., Seturaman, P., Rathinam-James, A., Tsai, Y.H., Nikam, R., Wu, Y.C., Dahms, H.U., Chang, F.R. 2016. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25 (1): 187-196.

dicho subsidio, es importante revisar las reglas de operación donde se emiten las áreas elegibles, los montos, y conceptos de apoyo).<sup>7</sup>

El objetivo del pago de servicios ambientales es Fomentar la conservación activa de los ecosistemas forestales mediante incentivos económicos a personas propietarias o poseedoras de terrenos forestales, que de manera voluntaria deciden incorporar áreas al pago por servicios ambientales, así como fomentar la concurrencia de recursos económicos y operativos entre la CONAFOR y las personas usuarias de los servicios ambientales, con el objeto de incorporar prácticas de buen manejo para promover la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas, y fomentar la provisión en el largo plazo de los servicios ambientales, tales como la captación de agua, el mantenimiento de la biodiversidad, la captura y conservación del carbono, mismos que benefician a centros de población y el desarrollo de actividades productivas (DOF, 2016).

De acuerdo con las reglas de operación del Programa Apoyos para el desarrollo Forestal sustentable 2020 (DOF,2021) la población objetivo se refiere a: Personas propietarias o poseedoras de terrenos forestales definidos como elegibles, cuyos predios mantienen una cobertura forestal en buen estado de conservación, incluyendo a los que tienen manejo y aprovechamiento forestal autorizado por la SEMARNAT. Las personas físicas y morales, incluyendo los tres órdenes de gobierno, que sean usuarias de servicios ambientales, interesadas en participar en la creación o fortalecimiento de mecanismos locales de pago por servicios ambientales, mediante la aportación de recursos económicos, humanos y operativos.

\$1,100.00 pesos/ha/año pago por servicios ambientales	813.52 ha superficie proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I 420 MW
--	--

El Predio destinado para la construcción del proyecto es de 813.52 ha, no recibe apoyo de este subsidio, pero en caso de que el predio estuviera en este programa el predio estaría percibiendo una cantidad aproximada de \$ 894,872.00 pesos por año.

## CAPTURA DE CARBONO

El ciclo del carbono tiene una gran importancia para los procesos biológicos, cuando el carbono se encuentra en el aire, se encuentra en forma de CO<sup>2</sup>, el cual es absorbido por las plantas en el proceso de fotosíntesis y forma parte de sus tejidos, que también son el alimento de la fauna silvestre. El carbono en el aire se ha incrementado de manera significativa en los siglos recientes, lo cual ha ocasionado efectos negativos sobre el clima global, una de las causas del incremento del carbono atmosférico es la deforestación, por

<sup>7</sup> CONAFOR 2017DOF. Reglas de operación del programa de apoyo para el desarrollo forestal sustentable 2021.

lo cual toda acción tendiente a capturar y almacenarlo será benéfica; éste precisamente es un servicio ambiental que prestan los bosques y las selvas, y en general las plantas y algas, además de los organismos marinos capaces de fotosintetizar.

Estimación del carbono almacenado en las áreas sujetas al cambio de uso del suelo.

La estimación del carbono capturado por la vegetación objeto de cambio de uso de suelo forestal está basado en la cantidad de biomasa contenida. El carbono capturado en el suelo es mucho más complejo, debido a que se requieren técnicas más complejas y costosas, así como muestreo por especie y tipo de suelo además de no tener factores estadísticos aplicables.

El contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea (volumen del árbol en m<sup>3</sup>) por comunidad vegetal y total, se calculó utilizando el principio metodológico propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994; citado por Fragoso, 2003). El método antes descrito utiliza el procedimiento y los factores señalados en la siguiente tabla, con las respectivas modificaciones aplicables al proyecto en particular.

Metodología para estimar el carbono almacenado en la vegetación forestal del área sujeta a cambio de uso de suelo.

**Tabla II.16.** Metodología de estimación de carbono almacenado en la vegetación.

COLUMNA	CONCEPTO Y/O DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
1	Clasificación de la superficie total por comunidades vegetales
2	Estimación de la superficie total (ha) ocupada por comunidad vegetal
3	Cálculo del volumen en metros cúbicos rollo por hectárea, para cada comunidad vegetal
4	Factor de densidad 0.60 para latifoliadas (toneladas de materia seca /m <sup>3</sup> )
5	Factor de contenido de carbono 0.45 (toneladas de Carbono / toneladas de materia seca)
6	Cálculo de biomasa (tonelada de Carbono /ha)
7	Bs Factor de expansión correspondiente al crecimiento de raíces (1.3 toneladas de Carbono /ha)
8	Toneladas de Carbono por hectárea utilizando el Factor de expansión Bs
9	Carbono almacenado

Fuente: Fragoso, 2003.

Siguiendo el procedimiento anterior, se muestra la memoria de cálculo y los valores obtenidos para la vegetación presente en el área sujeta al cambio de uso del suelo.

Cuantificación del servicio ambiental: captura de carbono

Comunidad Vegetal	Vegetación de desiertos arenosos
Superficie del proyecto (ha)	813.52
Volumen (m <sup>3</sup> vta/ha)	507.45
Densidad (TMS/m <sup>3</sup> )	0.7
Factor de contenido de carbono (TC/TMS)	0.45
Biomasa (TC/ha)	159.85
BS (TC/ha)	1.3
Carbono almacenado (TC/ha)	207.80
Carbono total (TC/ha)*	169,050.09

Derivado de la aplicación de esta metodología se estimó que la vegetación presente en el área sujeta al cambio de uso del suelo contiene 169,050.09 toneladas de carbono.

En lo que respecta al carbono almacenado en el suelo, los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra contenido en la vegetación y dos veces más que el que se encuentra en la atmósfera (FAO, 2004). Este “secuestro” de carbono en el suelo reduce su liberación a la atmósfera como CO<sup>2</sup>, uno de los principales gases de efecto invernadero. Sin embargo, es importante señalar que solo se removerá el carbono que se encuentra en la parte aérea de la vegetación, conservando los reservorios de carbono almacenados en el suelo y que seguirían siendo los mismos.

Estimación económica del servicio ambiental Captura de carbono.

Tomando como referencia los costos por el pago de servicios ambientales señalados en el programa PROARBOL en ejercicios anteriores, se considera un costo promedio por hectárea de carbono capturado de \$363.67. Teniendo entonces que para la superficie para la cual se solicita el cambio de uso del suelo (813.52 ha) se pagarían \$295,852.81; si consideramos que en un periodo de 25 años aproximadamente se lograría llevar al ecosistema a la situación actual y prestaría los mismos servicios ambientales, se dejarían de percibir la cantidad de \$7,396,320.25.

Por último, en la siguiente Tabla se presenta a manera de resumen el valor total de las estimaciones realizadas a los recursos forestales existentes en el área para la construcción del proyecto. Siendo una superficie de 813.52 ha tenemos un monto estimado para el total

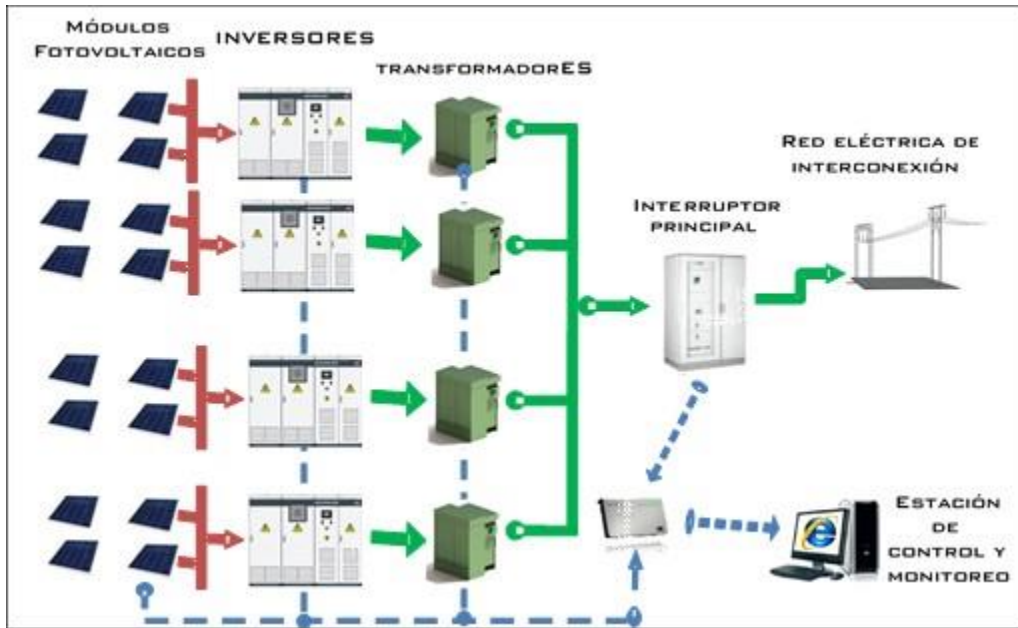
de recursos forestales maderables y no maderables que se perderán al hacer el CUSTF, de \$ 1,251,062.09.

<b>Tabla II.17. Resumen de la estimación económica de los recursos forestales</b>		
<b>Tipo de recurso</b>	<b>Nombre</b>	<b>Estimación económica (\$) en el Predio sujeto a CUSTF</b>
Maderable	Madera aserrada (246.72 m <sup>3</sup> )	148,032.00
	Uso de leña (260.73 m <sup>3</sup> )	39,108.00
No maderable	Vegetación arbustiva, herbácea y suculentas.	0.00
	Recursos faunísticos	0.00
	Servicios ambientales	894,872.00
	Por captura de carbono	169,050.09
<b>TOTAL</b>		<b>1,251,062.09</b>

Los cálculos de estimación de valor para los recursos forestales se encuentran en el Anexo II.3 Estimación de valor económico.

### **II.2.8. Operación y mantenimiento**

Como se mencionó anteriormente, la tecnología solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar para generar energía eléctrica, utilizando módulos fotovoltaicos de material de silicio, instalados en estructuras soporte con seguimiento o fijas, conectados eléctricamente mediante arreglos en serie y paralelo, que van conectados al inversor para convertir y adaptar la energía en CD a CA, posteriormente se colecta y se eleva el voltaje mediante un transformador para su interconexión con la red eléctrica. En la **Figura II.38** se representa en forma esquemática una central fotovoltaica conectada a la red eléctrica.



**Figura II.108.-** Representación esquemática de una central fotovoltaica.

Las centrales solares con tecnología fotovoltaica son instalaciones generalmente desatendidas, es decir, su operación se realiza de manera automática con equipos tecnológicamente probados y disponibles comercialmente en la industria, por lo que la atención durante su operación es mínima.

El mantenimiento de este tipo de centrales se enfoca principalmente a la limpieza de la cubierta de los módulos fotovoltaicos, mantenimiento a los sistemas de seguimiento, ajustes y revisión de conexiones eléctricas y mecánicas. No existen partes móviles significativas por lo que esto también simplifica su operatividad y atención.

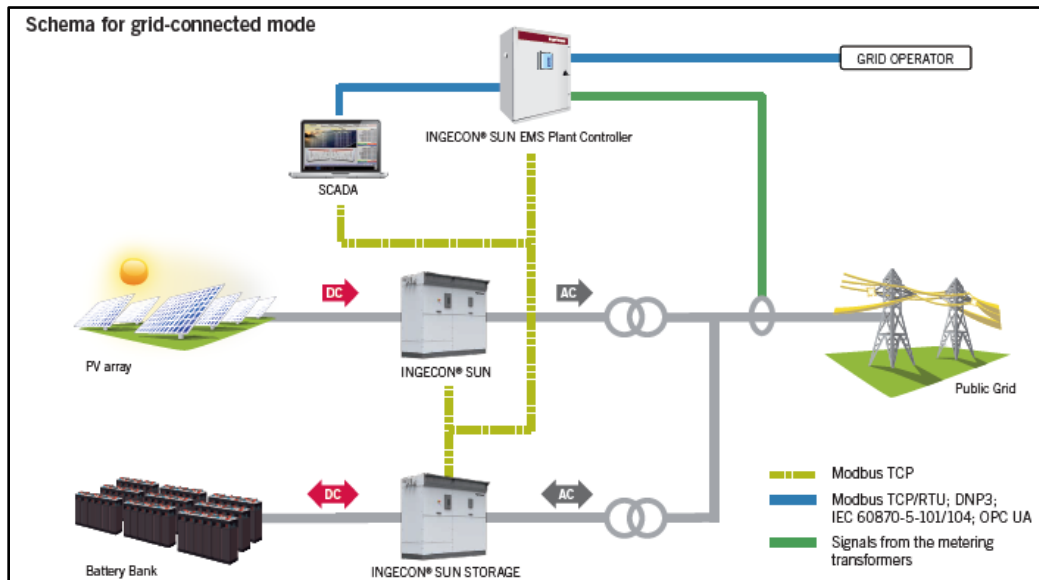
Respecto a los sistemas de almacenamiento SAE, la operación es principalmente automática mediante el software de gestión dedicado y mediante la integración del monitoreo y control local y remoto, de acuerdo con el propósito de utilización de este (**Figura II.39**).

En cuanto al mantenimiento, las baterías de litio-ion, son prácticamente libres de mantenimiento por lo que, durante su vida útil entre 5 y 10 años para este tipo (dependiendo de los ciclos de carga descarga, de los perfiles operativos entre otros factores), se requiere una supervisión y registro del sistema.

Generalmente para este tipo de sistemas, se requiere de un Servicio de Mantenimiento de Largo Plazo por parte del tecnólogo, de acuerdo con los parámetros operativos del SAE, para mantener funcionando correctamente, de forma óptima y segura, incluyendo el mantenimiento

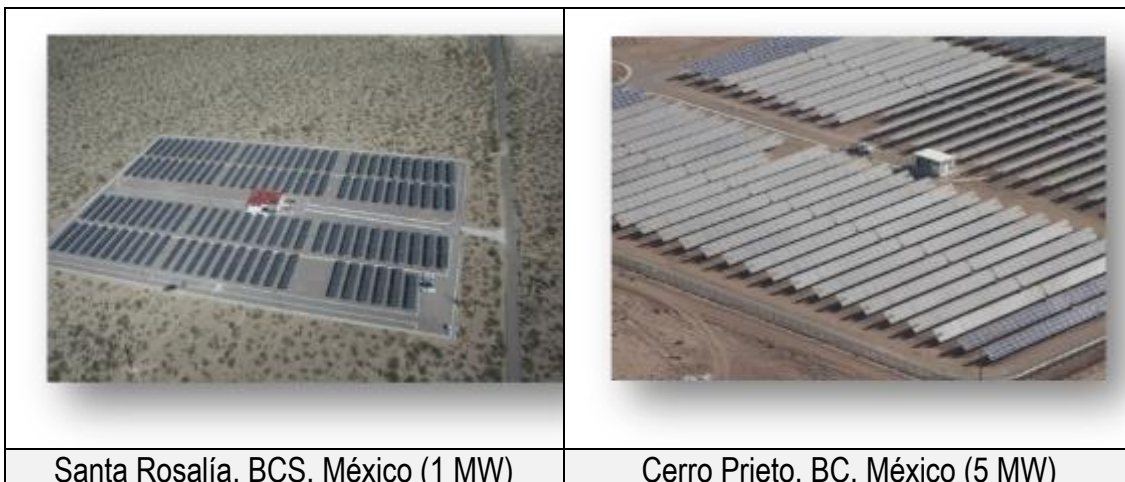


preventivo, partes de repuesto y remplazo de las baterías y reparación de emergencia. Al final de la vida útil de las baterías, el tecnólogo dispondrá de las mismas, para su remoción, empacamiento y envío hacia los centros de reciclaje que designe.



**Figura II.39.-** Esquema conceptual base para un sistema de almacenamiento SAE. Fuente: INGETEAM datasheet.

Actualmente con las tecnologías de información y componentes inteligentes, es posible recolectar una cantidad de datos importante para que se pueda monitorear, analizar y prevenir fallos en los componentes principales del sistema fotovoltaico, tales como los inversores, seguidores y SAE. Algunos ejemplos de centrales fotovoltaicas en México se ilustran en las fotografías de la **Figura II.**



	
Hermosillo, Sonora, México (100 MW)	San Luis de la Paz, Gto., México (225 MW)
	
Agua Prieta, Sonora, México (317.5 MW)	Coahuila, México (800 MW)

**Figura II.40.-** Centrales fotovoltaicas en escala comercial.

A continuación, se describen las características principales de los equipos que podrían instalarse en el proyecto, ya que las características finales serán determinadas de acuerdo con el diseño final que se obtenga del contratista correspondiente.

Tabla II.18. Características principales de los equipos			
Módulos Fotovoltaicos			
Capacidad nominal	465 W	500 W	540 W
Eficiencia	20 % (mínimo)		
Material celda	Silicio policristalino (mínimo)		
Certificación tipo	UL, IEC, ISO		
Material marco del módulo	Aluminio		
Cantidad total	Aprox. 2.5 millones		
Peso por módulo	24.5 kg	26.3 kg	28.5 kg
Vida útil	30 años (mínimo)		
Voltaie Máximo sistema Vcd	1500 Vcd		
Estructura soporte con seguimiento 1-eje			

Tabla II.18. Características principales de los equipos	
Tipo	Múltiple fila o filas independientes
Material	Aluminio/acero galvanizado/acero inoxidable
Orientación 1 eje	Este-oeste
Inclinación	Variable ( $\pm 45^\circ$ )
Vida útil	30 años
Equipo acondicionamiento de potencia (Inversores)	
Capacidad nominal	2.000 a 5000 kW (inversor central)
relación CD/AC	1.20 a 1.5 según fabricante
Tipo	Trifásico
Cantidad	70 a 175
Certificación tipo	UL, IEC, IEEE
Voltaie nominal CD	1000 a 1.500 V
Voltaie nominal CA	200 – 1100 V
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	$\geq 0.9$
Medición	kW, kWh, VCD, VCA, factor de potencia, DHT
Protecciones eléctricas	Sobrecorriente, sobrevoltaje, frecuencia, falla a tierra y modo
Protección al medio	Intempérie, mínimo NEMA 3R (IP 65)
Integración en la central	Parte de los centros de transformación.
Equipos eléctricos, control e instrumentación	
Caja de conexiones arreglo fotovoltaico	Intemperie NEMA 3R o 4X (IP 65), incluye protecciones, seccionamiento y medición, listadas para sistemas solares.
Interruptores y	Termomagnéticos Lado CD y CA, listados para sistemas
Conductores eléctricos	THHW 90°C 600V-1000V tipificado solar
Sensores	Velocidad de viento, irradiación solar, temperatura ambiente
Sistemas de colección de energía MT	Típicamente 34.5 KV
Punto de interconexión	400 kV y 115 kV
Tipo de configuración	Baterías modulares en contenedores
Modo de operación	Control de rampa configurable, control de frecuencia y
Tipo de baterías	Ciclo Profundo Litio ION

### II.2.9. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

Se considera que la vida útil de las Centrales es de por lo menos 30 años. Transcurrido este periodo se contempla el siguiente programa de abandono de estas, el cual es tentativo y estará sujeto a modificaciones (**Tabla II.19**).

Tabla II.19. Programa de actividades para el abandono del proyecto							
Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
2 Desmantelamiento de Infraestructura eléctrica							
3 Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno							
4 Demolición de obra civil							
5 Limpieza del sitio							
6 Restauración del sitio							

Dentro del programa se consideran como actividades principales las siguientes:

- Retiro y disposición de módulos
- Retiro de equipo eléctrico (inversores, baterías, transformadores, mediciones, protecciones)
- Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento
- Demolición o rehabilitación
- Limpieza del sitio
- Restauración del sitio

Durante la limpieza del sitio, se deberá dejar el terreno libre de escombros y libre de áreas con depresiones topográficas que pudiesen afectar los patrones de escurrimiento sobre el terreno, de igual manera se deberán remover componentes superficiales.

### II.2.10. Residuos.

- Generación de residuos peligrosos.

Se deben identificar y caracterizar los residuos peligrosos que se generen durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, las cuales se muestran en la **Tabla II.20**.

**Tabla II.20. Generación de residuos peligrosos: etapas de preparación del sitio y construcción**

Tipo de Residuo	Tipo de residuo	Cantidad
Residuos Peligrosos	Residuos de aceites, pinturas, combustibles y/o solventes, así como sus contenedores, empaques o envases.	5,000-15,000 300 MW 15,000 a 50,000 x3 25,000 a 75,000 lt x5
	Materiales absorbentes impregnados con cualquier residuo antes mencionado.	5000-10,000 kg

Todos los residuos peligrosos se almacenarán previamente a su disposición final: a granel o envasado y la ubicación del área de almacenamiento temporal será dentro del predio, cuyo diseño cumpla con lo establecido en el artículo 49 Fracc. VIII, inciso h del Reglamento de la LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos), deben:

- 1.- Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- 2.- Estar ubicados en zonas donde se reduzcan los riesgos de emisiones, incendios, explosiones e inundaciones;
- 3.- Contar con muros de contención para materiales inflamables y fosas de retención para la captación de residuos o lixiviados;
- 4.- Los pisos contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con una capacidad mínima de la quinta parte de lo almacenado;
- 5.- Contar con sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm<sup>2</sup> durante 15 minutos;
- 6.- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles;
- 7.- Los frentes de los almacenes contar con malla ciclónica para mantener una adecuada ventilación y restringir el acceso;
- 8.- Tener pasillos amplios para las maniobras y atención de posibles incendios y dispondrán de extintores tipo ABC y espuma.
- 9.- Contar con charolas recolectoras de derrames de líquidos peligrosos (aceites y solventes usados, gasolinas).

Asimismo, cabe señalar que durante la operación del proyecto se estima que se generarán cantidades mínimas de residuos peligrosos como: solventes y grasas usados, textiles contaminados (trapos), guantes impregnados de grasas entre otros, que se generarán durante los mantenimientos (**Tabla II.21**). Los residuos generados serán trasladados a un almacén temporal de residuos peligrosos, responsabilidad de la CFE, posteriormente serán transportados por una empresa autorizada a un sitio de confinamiento.

Tabla II. 21. Residuos peligrosos: etapas de preparación del sitio y construcción		
Tipo de Residuo	Tipo de residuo	Cantidad
Residuos Peligrosos	Residuos de aceites, pinturas, combustibles y/o solventes, así como sus contenedores, empaques o envases.	1000 kg
	Materiales absorbentes impregnados con cualquier residuo antes mencionado.	500 kg

Todos los residuos que se clasifiquen como peligrosos (aceites y grasas, solventes usados y todo el material que resulte impregnado de los mismos), se manejarán de acuerdo con lo dispuesto en la LGPGIR, su Reglamento y las normas respectivas, para posteriormente contratar los servicios de una empresa debidamente registrada que preste el servicio de manejo y disposición final.

Todos los residuos peligrosos se almacenarán temporalmente dentro de las instalaciones de la obra, serán transportados a un sitio de confinamiento por una empresa autorizada por la SEMARNAT.

- Generación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, se generarán residuos sólidos urbanos y de manejo especial, como:

- Residuos orgánicos provenientes del desmonte y despalme.
- Empaques, cajas, y embalajes en general
- Restos de alimentos
- Restos de metales, cables y sobrantes de concreto
- Aguas residuales sanitarias
- Madera
- Cartón

## Manejo de residuos sólidos urbanos, manejo especial y peligrosos

El manejo integral de los residuos generados en todas las etapas del proyecto se realizará de acuerdo con el Programa de Manejo Integral de los Residuos propuesto como una medida de prevención/mitigación en el capítulo VII de este documento.

Generación, manejo y control de emisiones a la atmósfera.

### *Etapas de preparación del sitio y construcción.*

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, solo se tendrán vehículos y maquinaria (fuentes móviles) que usarán gasolina o diésel como combustible. Con la finalidad de mantener un nivel de emisiones dentro de los límites permitidos por la normatividad, los equipos se someterán, al igual que la maquinaria, a un programa de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Dado que el nivel de emisiones a la atmósfera es no significativo debido a que es un impacto temporal y local, no se considera necesario llevar a cabo un estudio de dispersión de contaminantes a la atmósfera.

### **II.2.11. Generación de gases efecto invernadero.**

Ya que las centrales estarán diseñadas para aumentar la generación de electricidad utilizando la tecnología de celdas fotovoltaicas y el recurso solar como combustible primario, no generarán durante su operación gases de efecto invernadero, permitiendo una mayor penetración de las energías renovables en la zona, además se reducirían las emisiones de gases de CO<sub>2</sub> en aproximadamente 2,733,825 toneladas por año debido a la energía eléctrica generada por el proyecto.

---

### III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

En cumplimiento a los artículos 35 de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y 13 de su Reglamento, a continuación, se presenta la vinculación del proyecto con las diferentes disposiciones jurídicas ambientales e instrumentos de planeación urbana y ordenamientos ecológicos del territorio, declaratorias de áreas naturales protegidas y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables al **proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)**.

#### III.1. Ordenamientos jurídicos federales.

##### III.1.1. Leyes y Reglamentos.

#### **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento y Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.**

Con fundamento en los artículos 28, fracciones II, VII y XI y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (**LGEEPA**) y 9 de su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, así como 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (**LGDFS**) y 141 de su Reglamento, así como lo indicado en el ACUERDO por el que se expiden los lineamientos y procedimientos para solicitar en un trámite único ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales las autorizaciones en materia de impacto ambiental y en materia forestal que se indican y se asignan las atribuciones correspondientes en los servidores públicos que se señalan, emitida por SEMARNAT el 22 de diciembre de 2010, se presenta a evaluación y dictaminación de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental el presente Documento Técnico Unificado (DTU) Modalidad B del **Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)**.

Lo anterior, en virtud de que el proyecto actualiza los siguientes supuestos:

I. Las obras y/o actividades del proyecto corresponden a la Industria eléctrica (Artículo 28, fracción II de la LGEEPA)

II. Se requiere el cambio de uso de suelo de áreas forestales en zonas áridas, esto debido a que la vegetación predominante en el sitio seleccionados para el desarrollo de las diferentes obras y/o actividades del proyecto es **vegetación de desiertos arenosos** (Artículos 28, fracción VII de la LGEEPA y 93 de la LGDFS).

Así mismo, cabe señalar que el proyecto no involucrará el manejo de sustancias consideradas como altamente riesgosas en términos de las cantidades de reporte previstas en el Primer



Listado de Actividades Altamente Riesgosas, enfocado a sustancias tóxicas, publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el 28 de marzo de 1990, y del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas publicado en el D.O.F. el 4 de mayo de 1992, enfocado a sustancias inflamables y explosivas; en consecuencia, no se requiere de la presentación del estudio de riesgo que prevé el segundo párrafo del Artículo 30 de la LGEEPA, con relación a lo previsto en los artículos 17y 18 de su REIA.

En virtud de lo antes expuesto queda de manifiesto que la presentación del **DTU** que se presenta a consideración de esa unidad administrativa cumple con las formalidades previstas en la LGEEPA y en la LGDFS, así como sus reglamentos correspondientes.

En materia de contaminación a la atmósfera, en el artículo 110 se establece que:

Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Las emisiones a la atmosfera que se generarán en su mayoría serán durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, por el uso de maquinaria, equipos y vehículos, sin embargo, este impacto será temporal, y se cumplirá en todo momento con los límites máximos permisibles establecidos en las NOM's en la materia.

En materia de Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los ecosistemas acuáticos; el proyecto generará descargas sanitarias durante las etapas de preparación del sitio -construcción y operación -mantenimiento, las cuales serán manejadas por una empresa contratista que cumpla con todos los requerimientos por parte de la autoridad ambiental para su manejo y disposición final.

Así mismo, las emisiones de ruido serán en su mayoría en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto y potencialmente durante la etapa de abandono del sitio, lo anterior por el uso de maquinaria y equipo. Se cumplirá con los límites máximos permisibles establecidos en las NOM's en la materia.

### **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), y su Reglamento.**

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo

especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Esta Ley es de observancia obligatoria en las diferentes etapas del proyecto, ya que, durante cada una de las etapas de este, se generarán en mayor o menor proporción residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.

Para el caso de los residuos sólidos urbanos estos se subclasificarán por lo menos en orgánicos e inorgánicos, de conformidad con lo que se establezca en el municipio de Puerto Peñasco.

Los Residuos de manejo especial los cuales se generarán en la etapa de construcción, se manejarán de acuerdo con lo establecido en la Ley y su Reglamento.

Para el caso de los residuos peligrosos se acatará a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las NOM's y demás ordenamientos aplicables. Entre otras cosas se hará lo siguiente:

- I. Se identificarán y clasificarán los residuos peligrosos que generen;
- II. Se Manejarán separadamente los residuos peligrosos y no se mezclarán aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;
- III. Se envasarán los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes;
- IV. Se marcarán o etiquetarán los envases que contengan residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables;
- V. Se almacenará adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley;
- VI. Se transportarán los residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la Normatividad aplicable;

**VII.** Se Llevará a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley, en este Reglamento y las normas oficiales mexicanas correspondientes;

Por lo anterior, se concluye que el proyecto es vinculante con esta Ley, ya que se debe cumplir cabalmente con las disposiciones establecidas en ella.

### **Ley General de Cambio Climático.**

La presente Ley, cuya última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación fue el 06 de noviembre de 2020, establece el marco normativo para enfrentar los efectos adversos del cambio climático.

Esta Ley tiene por objeto entre otras las siguientes disposiciones:

I.- Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;

VIII. Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

En su artículo 34 se establece que:

Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:

I. Reducción de emisiones en la generación y uso de energía.

**e) Fomentar la utilización de energías renovables para la generación de electricidad, de conformidad con la legislación aplicable en la materia.**

**Vinculación:** Por lo antes expuesto, se puede identificar la compatibilidad que existe entre el desarrollo del proyecto y lo establecido por esta Ley, ya que éste, representa una alternativa para la generación de energía eléctrica de manera limpia y sustentable, representando una fuente de energía sin emisiones contaminantes atmosféricas.

Como bien se sabe, la industria eléctrica aporta un porcentaje elevado de emisiones de gases de efecto invernadero ya que la mayoría de la matriz energética del país aún es a través de fuentes convencionales; sin embargo, el proyecto que se pretende llevar a cabo es un proyecto de energía limpia y renovable, y sin generación de emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

Por lo anterior, se establece que el proyecto se alinea a las disposiciones de esta Ley.

### **Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora.**

La presente Ley es de orden público e interés social, es de observancia general en todo el estado de Sonora y su fin es establecer las disposiciones para lograr la adaptación al cambio climático y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

El desarrollo del proyecto se encuentra vinculado directamente con la presente Ley, ya que con éste se sumará a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético.

La ley establece entre otras lo siguiente:

### **Sección III “Mitigación”**

**Artículo 19.-** Con base en la política nacional de mitigación del cambio climático, en sus objetivos y en el principio de gradualidad establecido en la Ley General, la Administración Pública Estatal y los ayuntamientos, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones de mitigación para reducir emisiones en los sectores correspondientes considerando las siguientes disposiciones:

1.- Para la reducción de emisiones en el sector energético, considerando la Ley de Fomento de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Estado de Sonora:

- a) Fomentar prácticas de eficiencia energética y **promover el uso de fuentes renovables de energía**; así como la transferencia de tecnología de bajas en emisiones de carbono;
- b) Desarrollar y aplicar incentivos a la inversión tanto pública como privada en **la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables** y tecnologías de cogeneración eficiente. Pudiendo apoyarse en los incentivos incluidos en la Estrategia Nacional y en las disposiciones en materia energética;

e) **Fomentar la utilización de energías renovables para la generación de electricidad**, de conformidad con la legislación aplicable en la materia;

Por lo antes expuesto el proyecto se alinea y suma a las disposiciones en materia de mitigación de la Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora.

### **Ley de Transición Energética.**

Para lograr los objetivos planteados en la Ley General de Cambio Climático la Ley de Transición Energética prevé que para el año 2024 al menos el 35% de la generación eléctrica debe provenir de fuentes renovables.

El objeto de esta Ley es regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Entre otros comprende lo siguiente:

- I. Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica*** con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones;
- II. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética*** establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable;
- III. Incorporar las externalidades en la evaluación de los costos asociados a la operación y expansión de la Industria Eléctrica, incluidos aquellos sobre la salud y el medio ambiente;***
- IV. Determinar las obligaciones en materia de aprovechamiento sustentable de la energía y Eficiencia Energética;***
- V. Establecer mecanismos de promoción de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes;***
- VI. Reducir, bajo condiciones de viabilidad económica, la generación de emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica;***
- VII. Apoyar el objetivo de la Ley General de Cambio Climático, relacionado con las metas de reducción de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero y de generación de electricidad provenientes de fuentes de energía limpia;***
- VIII. Promover el aprovechamiento sustentable de la energía en el consumo final y los procesos de transformación de la energía;***
- IX. Promover el aprovechamiento energético de recursos renovables y de los residuos, y***

X. Las obligaciones establecidas en el artículo anterior deberán ser homologadas a los productos consumidos en el territorio nacional, independientemente de su origen.

En su Artículo 3 se define como a las energías renovables como:

**Energías Renovables:** Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes. Se consideran fuentes de Energías Renovables las que se enumeran a continuación:

- a) El viento;
- b) La radiación solar, en todas sus formas;
- c) El movimiento del agua en cauces naturales o en aquellos artificiales con embalses ya existentes, con sistemas de generación de capacidad menor o igual a 30 MW o una densidad de potencia, definida como la relación entre capacidad de generación y superficie del embalse, superior a 10 watts/m<sup>2</sup>;
- d) La energía oceánica en sus distintas formas, a saber: de las mareas, del gradiente térmico marino, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;
- e) El calor de los yacimientos geotérmicos, y
- f) Los bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos

El Consejo Consultivo para la Transición Energética elaboró la Estrategia de Transición para promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, que constituye el instrumento rector de la política nacional, en la cual se establecen las políticas y acciones de mediano (15 años) y largo plazos (30 años). En este documento, publicado el 2 de diciembre de 2016 en el Diario Oficial de la Federación, se establecen las siguientes metas de generación de energías limpias: 35% al 2024, 37.7% al 2030 y 50% al 2050.

El proyecto cumple y se vincula directamente con el cumplimiento de los objetivos de la presente Ley, lo anterior debido a que con el desarrollo del presente proyecto se sumara para alcanzar las metas establecidas por el gobierno federal de aumentar la generación de la matriz energética con energías limpias y renovables.

Así mismo, el proyecto durante su operación no emitirá ningún tipo de gases de efecto invernadero, por lo que se apoya a los objetivos de la Ley de Cambio Climático en la disminución de emisión de gases de efecto invernadero.

### **Ley de Fomento de Energías Renovables y Eficiencia Energética del estado de Sonora.**

Esta Ley tiene como objeto lo siguiente:

I. Fomentar en el Estado, el aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia energética de manera compatible con el entorno social y ambiental para el impulso del desarrollo energético sostenible; y

II. Establecer los mecanismos e instrumentos mediante los cuales el Estado y los ayuntamientos apoyarán la investigación, desarrollo, innovación técnica y tecnológica para la aplicación generalizada de las energías renovables y la eficiencia energética en la Entidad.

En su Capítulo V, la Ley establece lo siguiente:

#### DEL ACCESO A LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA

Artículo 22.- El aprovechamiento de la energía solar, del viento, de los cuerpos de agua y demás recursos renovables para la producción de energía, se sujetará a las disposiciones legales aplicables en la materia.

Para favorecer el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y fomentar a través de ellas la protección al ambiente, el Gobierno del Estado y los gobiernos municipales, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán concurrir y coordinar esfuerzos, suscribir convenios, desarrollar programas o políticas, para que:

- I. Se puedan reservar aquellas zonas con un alto potencial de explotación de energía renovable para este fin y para los usos del suelo que sean compatibles;
- II. El uso del suelo, se garantice un acceso equitativo al recurso energético entre los distintos propietarios de terrenos; y
- III. Se pueda garantizar un acceso equitativo de energía solar, sin obstrucción de las construcciones.

**Vinculación:** El aprovechamiento del recurso solar para el desarrollo del proyecto se llevará a cabo cumpliendo con todas las disposiciones legales establecidos para el estado de Sonora, la zona donde se pretende realizar el proyecto está catalogada como zona de alto potencial del recurso renovable a explotar.

#### **Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento.**

La Ley de la Industria Eléctrica publicada el 11 de agosto de 2014 y su última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 marzo de 2021, tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Las disposiciones de esta Ley son de interés social y orden público.

La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista.

Su Reglamento se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, tiene por objeto establecer las disposiciones que regulan la planeación y control operativo del Sistema Eléctrico Nacional, así como las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la industria eléctrica; procurar el cumplimiento de las obligaciones de Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y de servicio universal que propicien la operación continua, eficiente y segura de la Industria Eléctrica.

Esta Ley tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y además de la Ley, el Reglamento establece disposiciones que regulan su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de **Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes**.

Lo anterior, a fin de lograr el cabal cumplimiento de los objetivos establecidos de la Ley. Son consideradas obligaciones de servicio público y universal entre otras, las siguientes:

II. Ofrecer y prestar el Suministro Eléctrico a todo aquél que lo solicite, cuando ello sea técnicamente factible, en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad;

Entendiéndose por:

- Calidad: Grado en el que las características y condiciones del Suministro Eléctrico cumplen con los requerimientos técnicos determinados por la CRE con el fin de asegurar el correcto desempeño e integridad de los equipos y dispositivos de los Usuarios Finales.
- Confiabilidad: Habilidad del Sistema Eléctrico Nacional para satisfacer la demanda eléctrica de los Usuarios Finales bajo condiciones de suficiencia y Seguridad de Despacho, conforme a los criterios respectivos que emita la CRE.
- Continuidad: Satisfacción de la demanda eléctrica de los Usuarios Finales con una frecuencia y duración de interrupciones menor a lo establecido en los criterios respectivos que emita la CRE.



**V. Cumplir con las obligaciones en materia de Energías Limpias y reducción de emisiones contaminantes que al efecto se establezcan en las disposiciones aplicables.**

Por lo que una vez que el Proyecto entre en operación, abonará al cumplimiento y metas establecidas en materia de generación mediante energías limpias. Así mismo en la operación del proyecto no se generarán emisiones de gases contaminantes a la atmosfera.

**III.2. Programas de ordenamiento ecológico del territorio (POET).**

**III.2.1. Programa de Ordenamiento General del Territorio (POEGT).**

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Es de observancia obligatoria para la Administración Pública Federal y tiene el propósito de establecer las bases para que las dependencias y entidades de la APF formulen e instrumenten sus programas sectoriales con base en la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural. Todo ello, analizado y visualizado como un sistema, en el cual se reconozca que la acción humana tiene que estar armonizada con los procesos naturales.

El acuerdo se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012. Este documento es el instrumento de planificación ecológica del territorio que por la escala que maneja es inductivo y no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso de suelo para el desarrollo de actividades de los diferentes sectores económicos.

El POEGT se constituye por 80 regiones ecológicas dentro de las cuales se distribuyen 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), a las cuales les fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas. En el estado de Sonora, se ubican 12 UAB: 7,90,102,10,9,106,18,6,107,103,104 y 8.

Específicamente, el sitio donde se desarrollará el proyecto incide en su totalidad dentro de la **Unidad Ambiental Biofísica 6 (UAB 6) denominada “Desierto de Altar” (Figura III.1)**, la cual presenta las siguientes características:

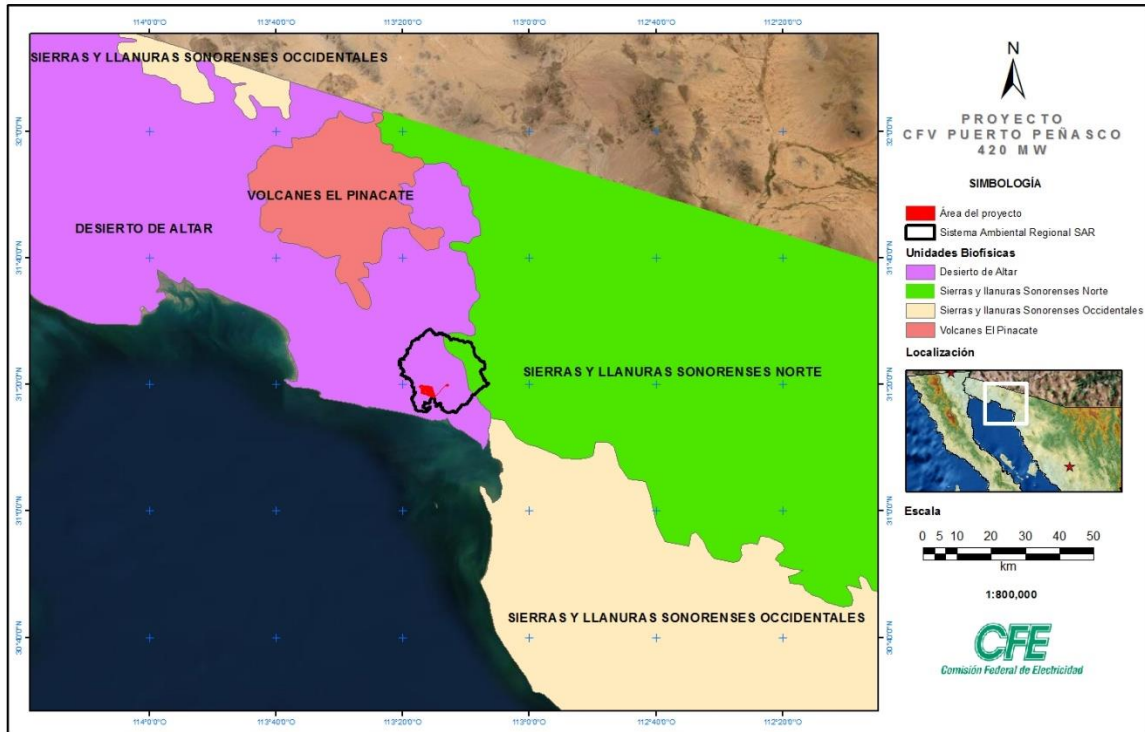


Figura III.1. Unidad Biofísica Desierto de Altar donde incide el Proyecto.

De acuerdo con lo indicado anteriormente el área del proyecto se ubica en la Unidad Ambiental Biofísica 6, cuyas políticas ambientales aplicables son de; Preservación, protección y aprovechamiento sustentable. Para la operación del proyecto se aprovechará el excelente recurso solar que hay en la zona. Además de que con el desarrollo del proyecto no se pondrá en riesgo la continuidad del funcionamiento del ecosistema, permite que las obras y actividades que conforman el proyecto sean congruentes con las políticas ambientales.

Por lo anterior, se concluye que el proyecto es congruente y no contraviene a las estrategias establecidas para la UBA 6 en particular aquellas dirigidas a lograr la sustentabilidad del territorio.

<b>REGIÓN ECOLÓGICA: 3.34</b>					
<b>Unidad Ambiental Biofísica que la compone: 6. Desierto de Altar (Baja California)</b>					
<b>Localización:</b> Extremo noroeste del estado de Sonora y parte del extremo noreste de Baja California					
<b>Superficie en km2:</b> 21,265.89 km2		<b>Población Total:</b> 1,172,249 hab.		<b>Población Indígena:</b> Sin presencia	
<b>Política Ambiental:</b>			<b>Preservación, Protección y Aprovechamiento Sustentable</b>		
<b>Prioridad de Atención:</b>			<b>Baja</b>		
<b>UAB</b>	<b>Rectores del desarrollo</b>	<b>Coadyuvantes del desarrollo</b>	<b>Asociados del desarrollo</b>	<b>Otros sectores de interés</b>	<b>Estrategias sectoriales</b>
6	Turismo	Forestal	Preservación de Flora y Fauna	Agricultura -Minería	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 28, 29, 31, 33, 36, 37, 42, 44

Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.	
Estrategias ecológicas	Vinculación
<b>I. Dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del Territorio:</b>	
<b>A. Dirigidas a la Preservación</b>	
Estrategia 1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	El desarrollo del proyecto no contraviene con las acciones dirigidas a la conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad, ya que la superficie que ocupará la construcción y operación del proyecto Central Fotovoltaica Puerto Peñasco, se encuentra fuera de áreas naturales protegidas, no es considerada como un corredor biológico y no existen cuerpos de agua superficiales que pudieran ser afectados por el desarrollo del proyecto.
Estrategia 2. Recuperación de especies en riesgo.	Las acciones para dar cumplimiento a la presente estrategia, están encaminadas a las instancias encargadas de promover la recuperación de poblaciones de especies amenazadas o en peligro de extinción listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; así como de diseñar planes y programas estratégicos para la restauración de áreas naturales protegidas, formular programas de atención para especies exóticas y erradicación de las mismas que afecten a los ecosistemas naturales de México e Instrumentar Programas de conservación de especies en riesgo. El proyecto no contraviene con las acciones dirigidas a la recuperación de especies en riesgo, ya que si bien dentro del área donde se llevará a cabo el proyecto no se encontraron especies de flora en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, si se encontraron especies de fauna en alguna categoría de riesgo, sin embargo tal y como se establece en los siguientes capítulos de este documento estas especies se encuentran distribuidas en todo el SAR delimitado para el proyecto, así mismo, en el capítulo VII de este documento se presenta un programa de ahuyentamiento y rescate de especies de flora y fauna presentes en el sitio del proyecto, por lo que no se pondrá en riesgo a dichas especies.

<b>Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.</b>	
<b>Estrategias ecológicas</b>	<b>Vinculación</b>
Estrategia 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Con el desarrollo del proyecto no se contravienen las acciones dirigidas al conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad, ya que están encaminadas a promover el desarrollo científico de las instituciones de educación superior e investigación en el conocimiento de los ecosistemas y su biodiversidad, a formular estrategias de apropiación y manejo de la biodiversidad en los diferentes escenarios tanto ambientales como culturales, monitorear ecosistemas amenazados, monitorear especies silvestres para su conservación y aprovechamiento, monitorear especies exóticas o invasoras y a realizar esfuerzos de modelaje e investigación científica orientada a evaluar el efecto del cambio climático en las áreas naturales protegidas y ecosistemas naturales.
<b>B. Dirigidas al Aprovechamiento Sustentable</b>	
Estrategia 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales.	El proyecto no contraviene, se relaciona o influye sobre las acciones dirigidas al aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales; toda vez que estas están encaminadas a fomentar el uso legal de los recursos genéticos y la distribución equitativa de su uso, operar el fondo para el fomento al uso sustentable de la biodiversidad, realizar la evaluación del consumo o uso de los productos transgénicos y organismos genéticamente modificados e impulsar el conocimiento y la regulación del acceso a los recursos genéticos y sus usos.
Estrategia 5: Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	No se contravienen las acciones dirigidas al aprovechamiento sustentable de los recursos agrícolas y ganaderos, ya que el proyecto se desarrollará fuera de áreas agrícolas y ganaderas. El proyecto no contraviene con el desarrollo de programas para impulsar la ganadería diversificada, ni con el impulso de la reconversión productiva y tecnológica de cultivos con menor requerimiento hídrico; tampoco tiene relación alguna con los programas de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN), de Usos Sustentable de Recursos Naturales.

<b>Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.</b>	
<b>Estrategias ecológicas</b>	<b>Vinculación</b>
Estrategia 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	El proyecto no se relaciona ni contraviene las acciones para la modernización de infraestructura hidroagrícola, por tratarse de un proyecto de generación de energía eléctrica aprovechando el excelente recurso solar de la región.
Estrategia 7: Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	Para el desarrollo del proyecto se requiere llevar a cabo el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, sin embargo el desarrollo del mismo no contraviene a las acciones dirigidas al cumplimiento de la presente estrategia, toda vez que estas están dirigidas al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, entre otras a impulsar proyectos de aprovechamiento forestal sustentable en zonas rurales y/o indígenas, instrumentar consejos regionales forestales en las unidades de manejo forestal e incrementar la cobertura del diagnóstico fitosanitario en ecosistemas forestales.
Estrategia 8: Valoración de los servicios ambientales.	El proyecto no contraviene con las estrategias dirigidas a la valoración de los servicios ambientales toda vez que estas están dirigidas a las instancias encaminadas a realizar estudios y análisis en torno a los servicios ambientales que prestan los ecosistemas, impulsar el mercado de pago de servicios así mismo el proyecto se encuentra fuera de áreas naturales protegidas. Debido a que el proyecto requerirá del cambio de uso de suelo en terrenos forestales se propondrán las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para disminuir la significancia de los impactos provocados por el proyecto.
<b>C. Dirigidas a la Protección de los recursos naturales</b>	

**Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.**

Estrategias ecológicas	Vinculación
Estrategia 9: Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	<p>Las acciones van encaminadas a reconocer, reforzar y fortalecer los Comités Técnicos de Aguas en la gestión de cuencas y acuíferos, los Consejos de Cuenca y órganos auxiliares.</p> <p>El agua que requerirá el proyecto en sus etapas de preparación del sitio y construcción se adquirirá de empresas autorizadas para tal fin, por lo que por su desarrollo no se afectarán los acuíferos superficiales, ni se requerirá de nuevas concesiones para el aprovechamiento de agua, por lo que no se contravienen las estrategias para la protección de los recursos hídricos.</p>
Estrategia 10: Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección.	Estas estrategias están dirigidas a la autoridad en materia de administración y uso del agua, quien es responsable de reglamentar el uso de agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección, por lo que el proyecto no se relaciona ni contraviene dichas estrategias.
Estrategia 11: Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	Estas acciones están dirigidas a la autoridad en materia de administración y uso del agua, quien es responsable de asegurarse del mantenimiento a la infraestructura en las presas e infraestructura hidráulica y asegurar que los volúmenes concesionados sean acordes con la disponibilidad del recurso, por lo que el proyecto no se relaciona ni contraviene dicha estrategia.
Estrategia 12: Protección de los ecosistemas.	<p>El proyecto no contraviene lo dispuesto en la estrategia de protección a ecosistemas, en virtud de que no se relaciona ni afectará los proyectos y programas de conservación de los suelos, mejoramiento de pastizales y agostaderos, preservación y ordenamiento forestal, regulación de la expansión agrícola y ganadera y de Lucha contra la Desertificación.</p> <p>Sin embargo, lo anterior, debido a los impactos que generará el proyecto se propondrán medidas de mitigación y/o compensación que ayudarán a la protección de ecosistemas (Cap. VII).</p>

Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.	
Estrategias ecológicas	Vinculación
Estrategia 13: Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	Estas acciones van encaminadas al sector agrícola principalmente, por lo que no son aplicables a ningún aspecto relacionado con el desarrollo del proyecto.
<b>D. Dirigidas a la Restauración</b>	
Estrategia 14: Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.	El proyecto requerirá del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el tipo de vegetación a desmontar y que se encuentra en el sitio del proyecto según la carta de INEGI serie VI es vegetación de desiertos arenosos. Con la intención de mitigar el impacto causado se propondrán programas de reforestación y conservación de suelos los cuales se describen en el capítulo VII del presente documento, así mismo se realizará el pago por compensación forestal correspondiente con lo cual se realizarán acciones de restauración de suelos y reforestaciones en otras áreas de la cuenca forestal.
<b>E. Dirigidas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.</b>	
Estrategia 15: Aplicación de los productos de la investigación en el sector minero al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	Las acciones de la presente estrategia están dirigidas a la actividad minera, así como a generar conocimiento en el sector y de esta manera promover la inversión en el mismo. El proyecto no contraviene a la presente estrategia ya que este corresponde al sector energético (generación de energía eléctrica), por lo que estas estrategias no son aplicables al mismo.
Estrategia 15Bis: Coordinación entre los sectores minero y ambiental.	



Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.	
Estrategias ecológicas	Vinculación
Estrategia 21: Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	Las acciones de estas estrategias están dirigidas a las instancias de la SECTUR, FONATUR, Consejo de Promoción Turística de México (CPTM) y Centro de Estudios Superiores en Turismo (CESTUR). El proyecto se desarrollará en el municipio de Puerto Peñasco, donde las políticas de desarrollo urbano y ordenamiento territorial definen una política general de impulso al turismo, así como a orientar inversiones, apoyos y obras hacia los centros de atracción turística como es el caso de Puerto Peñasco. Con la operación del proyecto se podrá coadyuvar al crecimiento del sector turístico en el municipio ya que esto garantizará un incremento en el servicio eléctrico en el mismo.
Estrategia 22: Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	
Estrategia 23: Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	
Estrategia 28: Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	Estas acciones están dirigidas a la autoridad que administra el uso del agua en los tres órdenes de gobierno para fortalecer el proceso de la formulación seguimiento y evaluación de los programas hídricos por región hidrológica orientados a la sustentabilidad hídrica, lo anterior es muy importante debido a que el municipio de Puerto Peñasco (municipio donde se desarrollará el proyecto) debido a su clima

<b>Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.</b>	
<b>Estrategias ecológicas</b>	<b>Vinculación</b>
Estrategia 29: Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	desértico y a la baja precipitación pluvial está pasando por un serio problema de escases de agua. En este sentido, es importante mencionar que el proyecto no requerirá el uso de agua como insumo durante su operación, así mismo, el agua requerida para servicios sanitarios se abastecerá de una empresa autorizada en la zona que se dedique a la prestación de este. Durante la etapa constructiva el agua requerida también se abastecerá con la compra de pipas; por lo que no se requerirá de nuevas concesiones de agua para el desarrollo del proyecto.
<b>G. Infraestructura y equipamiento urbano y regional.</b>	
Estrategia 31: Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	Las acciones de esta estrategia están dirigidas a las instancias estatales y municipales responsables del desarrollo urbano, no son aplicables a ningún aspecto relacionado con el desarrollo del proyecto, sin embargo, el contar con energía eléctrica disponible en la zona coadyuva a que se cumplan y fortalezcan estas estrategias.
<b>H. Desarrollo social.</b>	
Estrategia 33: Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a	Estas acciones no son aplicables a ningún aspecto relacionado con el desarrollo del proyecto; sin embargo, el contar con energía eléctrica fomenta la actividad económica y la generación de empleos, lo cual se traduce en reducir la pobreza, así como mejorar la calidad de vida de las comunidades.

<b>Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.</b>	
<b>Estrategias ecológicas</b>	<b>Vinculación</b>
incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	
Estrategia 36: Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	El proyecto no contraviene lo establecido en esta estrategia, cuyas acciones están dirigidas a las instancias responsables de la reconversión agrícola, producción orgánica, acuacultura rural, producción de bioenergéticos, aprovechamiento de sustentablemente de la diversidad genética, programas de apoyo alimentario.
Estrategia 37: Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	El proyecto no contraviene esta estrategia, cuyas acciones están dirigidas a las instancias responsables de atender grupos rurales prioritarios, comunidades con presencia indígena, mujeres indígenas y habitantes de los ejidos. El área donde se llevará a cabo el desarrollo del proyecto no incide sobre comunidades indígenas por lo que no se afectará derechos colectivos de poblaciones indígenas.
<b>I. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.</b>	

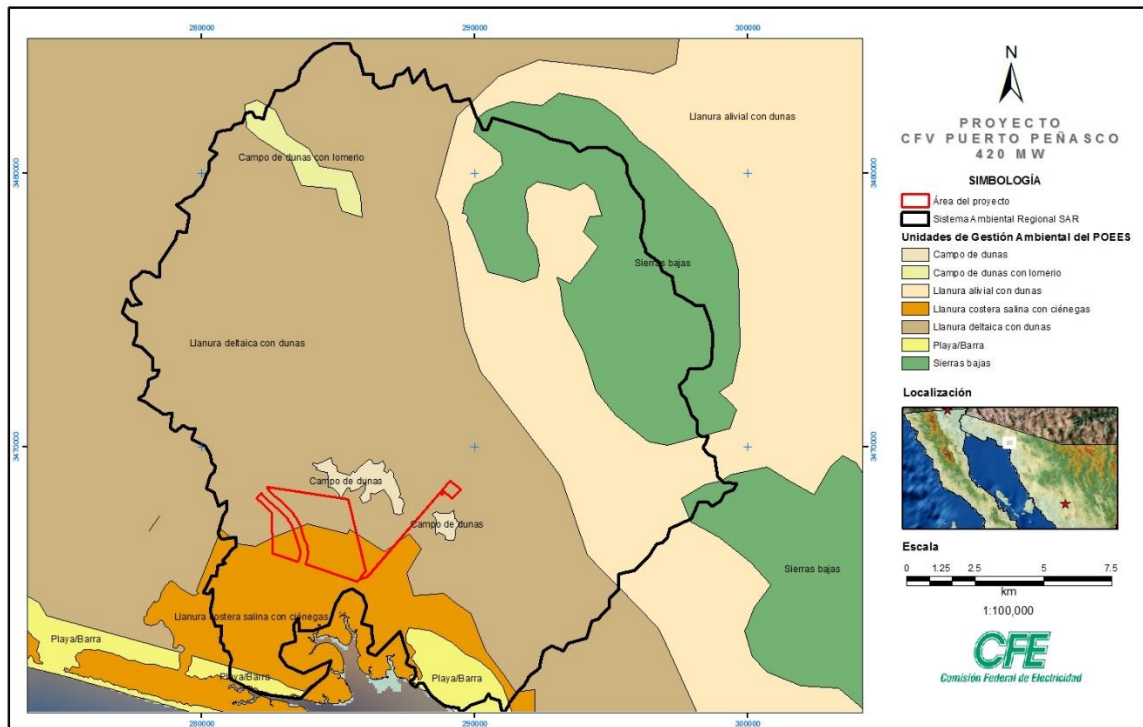
Tabla. III.1. Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el POEGT para las UAB 6.	
Estrategias ecológicas	Vinculación
Estrategia 42: Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El proyecto no contraviene las acciones de esta estrategia, las cuales están dirigidas a las instancias que procuran los derechos de los sujetos agrarios y promueven programas de ordenamiento de la propiedad rural.
Estrategia 44: Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	El proyecto no contraviene estas acciones no son aplicables al desarrollo del proyecto; la estrategia está dirigida a las instancias de los tres órdenes de gobierno para impulsar el desarrollo social, planeación regional y ordenamientos territorial y ecológico.

### III.2.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora.

Este Ordenamiento fue publicado en el Periódico Oficial del estado de Sonora el 21 de mayo de 2015. El POET es un documento que contiene los objetivos, prioridades y acciones que regulan o inducen el uso del suelo y las actividades productivas cuyo propósito es *“la protección ambiental, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales”*. Su meta u objetivo final es que *“los diferentes sectores, en el desarrollo de sus actividades, realicen un aprovechamiento sustentable que permita la conservación, preservación y protección de los recursos naturales de una región.”* Este documento incluye tanto el Modelo de Ordenamiento Ecológico, que es la regionalización del área y la asignación de lineamientos ecológicos aplicables a cada región, como las estrategias ecológicas, que *“integra[n] objetivos, acciones y proyectos, [y asignan a] los responsables de realizarlos.*

El ordenamiento contempla 25 Unidades de Gestión Ambiental, y para cada una se definen políticas ambientales, lineamientos ecológicos, criterios de regulación y estrategias ecológicas.

Como se puede observar en la **Figura III.2**, el área seleccionada para el desarrollo del proyecto incide sobre las UGA's: **UGA 508-0/02 Llanura Deltaica con Dunas y UGA 521-4/04 Llanura Costera Salina con Ciénegas.**



**Figura III.2.** UGA's del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora, sobre las que incide el proyecto.

### **UGA 508-0/02 Llanura Deltaica con Dunas.**

La Llanura deltaica con dunas es una formación en la cual se encuentran “terrenos con montículos de arena acumulada por el viento” en una llanura deltaica (INEGI 2000). Esta también es una situación especial de la **Subprovincia 06 Desierto de Altar** de la **Provincia II Llanura Sonorense**, donde se encuentra la UGA en 112,545 ha. Son terrenos con pendientes suaves, suelos dominados por suelos con textura gruesa, en el delta del Río Sonoyta. El clima es caliente y seco.

### **UGA 521-4/04 Llanura Costera Salina con Ciénegas.**

La Llanura costera salina con ciénegas es un sistema de topofomas de “áreas sin elevaciones o depresiones prominentes” en la zona costera, “que bordea en la orilla del continente con el mar” con suelos con “alto contenido de sales” y con vegetación adaptada a condiciones de salinidad, que puede ser vegetación halófitas, manglares y otra vegetación similar (INEGI 2000). Estos son los humedales costeros y están distribuidos en toda la costa sonorense, desde la **Subprovincia 06 Desierto de Altar**, con 14,082 ha, la **Subprovincia 08 Sierras y Llanuras sonorenses**, con 9,688 ha, de la **Provincia II Llanura Sonorense**, hasta la

**Subprovincia 32 Llanura costera y deltas de Sonora y Sinaloa de la Provincia VII Llanura costera del Pacífico**, con 80,660 ha. Son terrenos con pendientes suaves, suelos con textura variable y alto contenido de sales, en la zona de inundación marina. El clima es caliente y seco. Entre los elementos biológicos asociados predominan los humedales costeros, especialmente los manglares en el centro y sur del estado, así como aves migratorias. En esta UGA se tiene una propuesta en los humedales costeros más grandes del estado, en Lobos, dentro del territorio Yaqui. Entre las actividades posibles dentro de esta UGA están el turismo alternativo de aventura compatible con la conservación; es decir el ecoturismo ya que los humedales costeros están protegidos por las leyes mexicanas. Con relación a conflictos, los desarrollos turísticos de playa se han hecho sobre los humedales costeros, pero con las leyes vigentes esto se ha reducido si no se ha detenido totalmente. Esto también está relacionado con el mal manejo de los residuos sólidos y líquidos de las unidades de gestión vecinas.

A continuación, se presenta la matriz de lineamientos, criterios y estrategias aplicables a cada una de las UGA´s en las que incide el proyecto:

UGA	APTITUD	LINEAMIENTO ECOLÓGICO	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	ESTRATEGIA ECOLÓGICA
508-0/02	C2, C5, D4, T3	Aprovechamiento sustentable de la cacería de especies de desierto (aves residentes y mamíferos menores), su conservación y el turismo de aventura.	CRE-08, CRE-19, CRE-11, CRE-12	CX; D4; T3
521-4/04	C1, C2, D5, T3	Aprovechamiento sustentable de la cacería de especies de desierto, su conservación y el turismo de aventura.	CRE-08, CRE-19, CRE-11, CRE-12	CX; D4; T3

A continuación, se presentan los lineamientos ecológicos aplicables a cada una de las UGA´s por sector y la vinculación con el proyecto.

Sector/ Subsector	UGA's		Lineamiento Ecológico	Vinculación con el proyecto
	508-0/02	521-4/04		
C1			Fomentar el manejo adaptativo del aprovechamiento de cada especie de interés cinegético basado en el entendimiento del aprovechamiento actual, el conocimiento de su biología, sus parámetros poblacionales, los objetivos y las metas poblacionales regionalmente y su interrelación con los factores ambientales.	Este lineamiento está dirigido a las instancias encargadas del manejo y aprovechamiento de especies cinegéticas. Por lo que el proyecto al tratarse de un proyecto de generación de energía eléctrica no contraviene a lo dispuesto en el presente lineamiento ecológico.
C2				
C5	✓			
D4	✓		Conservación de 1'821,545 ha de ecosistema de desierto para la protección de las especies de flora y fauna asociadas a este ecosistema, así como la protección de 12 especies de mamíferos y reptiles nativos del desierto sonorense para el 2030.	Este lineamiento está dirigido a las autoridades ambientales encargadas de destinar áreas para la conservación de especies. El sitio donde se desarrollará el proyecto no está catalogado como área de conservación para la protección de especies de flora y fauna por lo que el proyecto no contraviene con lo dispuesto en el presente lineamiento.
D5			Protección de 41,800 ha de humedales prioritarios para mantener los servicios ambientales que proveen a las pesquerías y la actividad cinegética para el 2030.	El proyecto no incide en espacios de humedales prioritarios. Por lo que la ejecución del proyecto no contraviene con lo dispuesto en el presente lineamiento.
T3		✓	Incrementar la contribución del sector en un 15% del Producto Interno Bruto Estatal a través del	El proyecto aprovechará de manera sustentable los recursos naturales con que

Sector/ Subsector	UGA's		Lineamiento Ecológico	Vinculación con el proyecto
	508-0/02	521-4/04		
			aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y culturales del estado para el 2030.	cuenta el sitio (alta radiación solar).

En la siguiente tabla se presentan los Criterios de Regulación Ecológica (CRE) para las UGA's en la que incide el proyecto y los cuales norman los diversos usos del suelo en el área del Ordenamiento Ecológico, y cuyo objetivo es proteger, preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales. Previendo o minimizando los posibles impactos ambientales de las obras o actividades.

Criterio Ecológico	UGA's		Descripción del Criterio Ecológico	Vinculación con el proyecto
	508-0/02	521-4/04		
CRE-08			Regulación sobre la remoción, cacería o aprovechamiento de especies protegidas sin el permiso correspondiente.	El proyecto no contraviene con lo dispuesto en este CRE toda vez que es específico para la actividad cinegética. Sin embargo, debido a que el proyecto incluye el CUSTF, esta actividad no se realizará hasta contar con las autorizaciones correspondientes, así mismo en el Cap. VII se establecen las medidas preventivas y de mitigación necesarias para disminuir el impacto asociado a la pérdida de cobertura vegetal forestal e impactos a la fauna silvestre como la pérdida de hábitat.
CRE-11			Regulación de los niveles de perturbación por ruido de vehículos	Durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto es donde se prevé el mayor incremento en el nivel de ruido por el uso de maquinaria, equipo y vehículos (impacto temporal), sin embargo, no se rebasarán los



Criterio Ecológico	UGA's		Descripción del Criterio Ecológico	Vinculación con el proyecto
	508-0/02	521-4/04		
				límites máximos permisibles en las NOM's en la materia.
CRE-12	✓		Reducción y/o eliminación de los impactos debido al vertimiento de residuos sólidos y líquidos	Durante las diferentes etapas del proyecto, se generarán residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, todos ellos tendrán un manejo integral y disposición en total apego a la Ley y su Reglamento en la materia.
CRE-19	✓		Cumplir con la normatividad vigente en materia de aprovechamiento cinegético	El proyecto no contraviene a lo dispuesto en el presente CRE dado que este es de aplicación específica al aprovechamiento cinegético.

Por último, se realizó un análisis en relación con las “**estrategias ecológicas**”, cabe mencionar que de acuerdo con la “matriz de lineamientos, criterios y estrategias aplicables, las estrategias aplicables son las mismas para cada una de las UGA's en las que incide el proyecto.

Para el caso del “**Aprovechamiento Sustentable de la Actividad Cinegética (CX)**” la estrategia planteada está relacionada con el incremento de las poblaciones de fauna de interés cinegético y a la difusión y concientización sobre la necesidad de organización y acuerdos para convertir a la cacería en una fuente de ingresos económicos. Esta estrategia está enfocada en las siguientes tres acciones:

**CX-04-022. Incremento de la población de especies cinegéticas.**

**CX-05-031. Programa de difusión y concientización de la actividad cinegética.**

**CX-04-091 Programa de coordinación institucional para la conservación de ecosistemas.**

**Vinculación:** El desarrollo del proyecto no contraviene con esta estrategia ni sus acciones, toda vez que estas están dirigidas a las entidades responsables del manejo de la vida silvestre como SAGARHPA, CEDES, SAGARPA y SEMARNAT para instrumentar los programas para

la sistematización de la información y monitoreo de la actividad cinegética, así como los programas de difusión y concientización establecidos.

Para la **“Protección, Conservación y Restauración de Ecosistemas (D4 y D5)”** la estrategia está enfocada a reducir las principales amenazas a las especies de flora y fauna del desierto sonorense. Los principales agentes de la degradación de los ecosistemas desérticos han sido la agricultura, la ganadería, la minería y el desarrollo urbano.

Las acciones son las siguientes:

**D4-03-011. Elaboración de una estrategia para la conservación de 1'822,000 ha de ecosistemas desérticos.**

**D4-02-013. Implementación de esquemas de protección legal.**

**D4-04-081. Establecer programas específicos de protección y recuperación de especies prioritarias.**

**D4-03-021. Inventario y selección de sitios importantes para la conservación de cirio y cactáceas columnares.**

**D4-05-011. Desarrollo e implementación de un programa de educación, concientización y difusión del valor de las cactáceas y cirios.**

**Vinculación:** El proyecto no contraviene a las acciones encaminadas a la conservación de ecosistemas desérticos ya que dichas acciones están encaminadas a la conservación de especies como cirios y cactáceas columnares que se encuentren en buen estado de conservación, además las acciones incluyen estrategias tipo legal como la declaratoria de áreas naturales protegidas, así como la difusión de información por parte de las autoridades ambientales respecto a las áreas involucradas en el cuidado de los recursos naturales. El área seleccionada para el proyecto se encuentra fuera de áreas naturales protegidas, el tipo de vegetación donde incide el proyecto es “vegetación de desiertos arenosos”; en el área que será afectada por el proyecto no se encontraron especies de cirios ni cactáceas columnares que pudieran ser afectados por el desarrollo de este.

En el área que se llevará a cabo el proyecto, no se encontró vegetación en estatus de protección de acuerdo con La NOM-59-SEMARNAT-2010, para el caso de la fauna silvestre si se encontraron especies en estatus de riesgo

Para el caso de la **“Protección de humedales Prioritarios”** (D5), la estrategia es la aplicación de las políticas de protección para humedales, las cuales están definidas en la normativa ambiental vigente. El proyecto no contraviene lo dispuesto en las acciones establecidas para este fin, ya que el proyecto no incide sobre ningún tipo de humedal.

El humedal más cercano se encuentra al suroeste del sitio del área del proyecto, por sus características de vegetación y suelo, corresponde al tipo de humedal palustre.

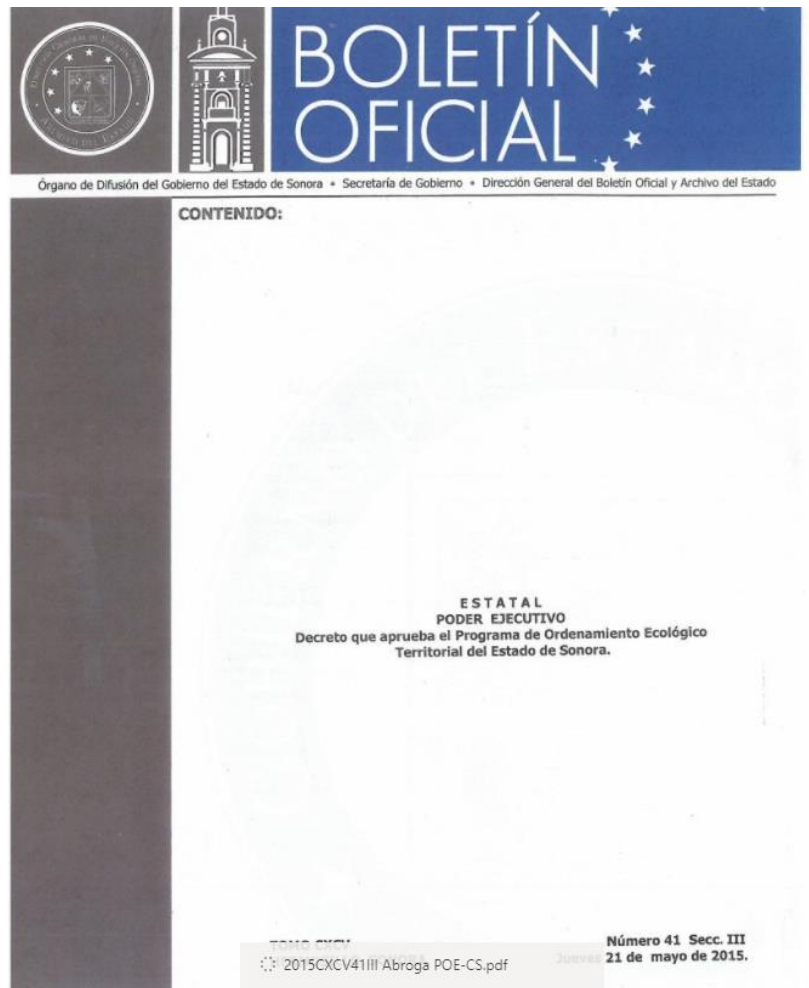
Las estrategias del “**Turismo alternativo**” (T3), están encaminadas a elaborar un plan rector para el 2030 que incremente el PIB del sector turismo a un 15%, a través del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del estado. Y están dirigidas a las organizaciones privadas, prestadores de servicios, guías especializados en actividades de aventura en conjunto con la Comisión de Fomento Estatal del Turismo (COFETUR).

El sitio donde se desarrollará el proyecto no es una zona declarada como prioritaria para el desarrollo del turismo alternativo, y en todo caso la operación de este coadyuva al desarrollo de este al contar con servicios e infraestructura básica como lo es el contar con energía eléctrica suficiente para satisfacer la demanda en el municipio.

**Conclusiones:** El desarrollo del proyecto se ajusta lineamientos ecológicos, criterios de regulación ecológica y/o estrategias ecológicas establecidas para las UGA's donde incide el proyecto; por lo que no contraviene con lo dispuesto en **Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora**.

### **III.2.3. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Costa de Sonora.**

De acuerdo con el artículo segundo transitorio del decreto por el que se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Sonora, el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Costa de Sonora se abroga.



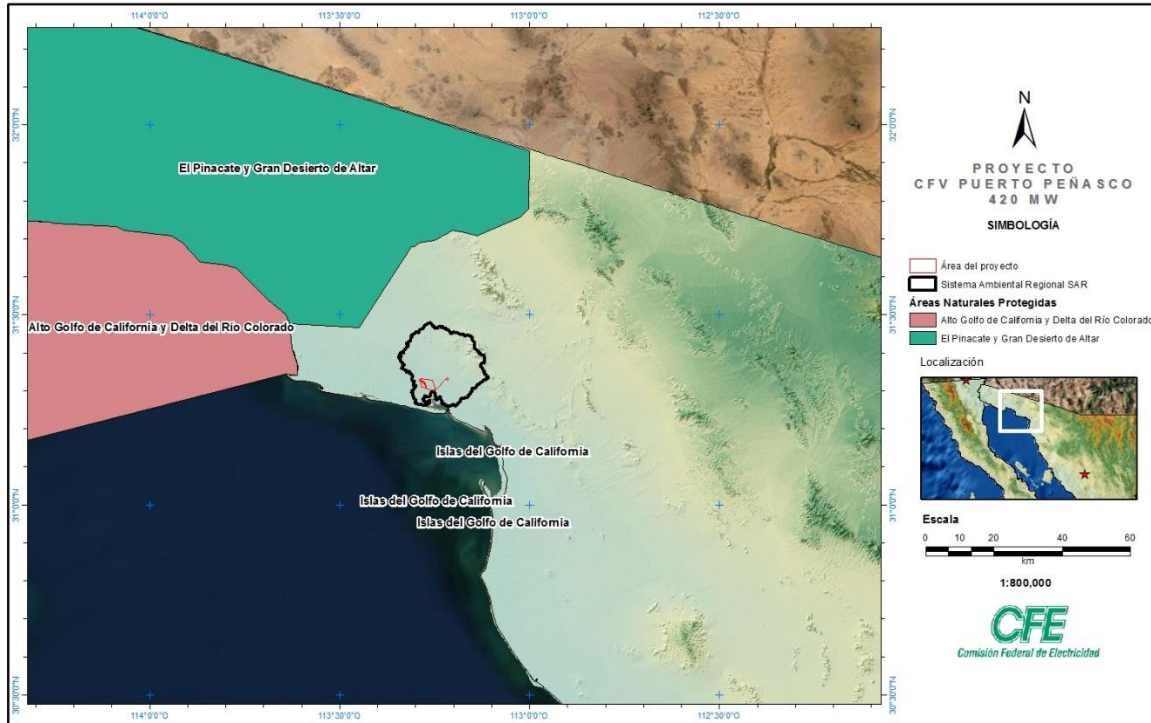
**Figura III.3.** Boletín Oficial.



### III.3. Decretos y programas de conservación y manejo de Áreas Naturales Protegidas.

El área donde se desarrollará el proyecto no incide en espacios territoriales de ningún área natural protegida federal ni estatal. Las áreas naturales protegidas más cercanas al sitio del proyecto se encuentran a 31 km al oeste del sitio del proyecto (Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado) y a 22 km al noroeste de este (El Pinacate y

Gran Desierto de Altar). En la **Figura III.4** se presenta la ubicación del proyecto con respecto a dichas áreas naturales protegidas.



**Figura III.4.** Ubicación del proyecto con respecto a las Áreas Naturales Protegidas.

En el ámbito Estatal, las Áreas Naturales Protegidas del estado de Sonora, son El Sistema de Presas “Abelardo Rodríguez Luján-El Molinito” y Arecechi Cerro “Las Conchas”, de las cuales el proyecto no incide en sus espacios territoriales.

### III.4. Normas Oficiales Mexicanas.

La CFE acatará y cumplirá con todas y cada una de las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de: emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales, emisión de ruido, residuos tanto peligrosos como no peligrosos, incluyendo a aquellas específicas en materia de biodiversidad (especies de flora y fauna en algún estatus de protección legal), que apliquen y regulen las actividades del proyecto, entre las que se encuentran las siguientes:

<b>Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto</b>	
<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Vinculación</b>
NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	La CFE se asegurará que los vehículos automotores que usen gasolina como combustible cumplan cabalmente con los límites máximos permisibles de las emisiones de gases contaminantes. Para lo cual se realizará la verificación correspondiente a todos los vehículos utilizados en las diferentes etapas del proyecto.
NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	La CFE se asegurará que los vehículos automotores que usen diésel como combustible cumplan cabalmente con los límites máximos permisibles de opacidad de humo. Para lo cual se realizará la verificación correspondiente a los vehículos utilizados en específico en la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto.
NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Es posible que, durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, se generen residuos que por sus características puedan ser considerados como peligrosos, por lo que en caso necesario se consultarán los listados y límites establecidos en la presente norma.
NOM-054-SEMARNAT-2005. Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM- 052-SEMARNAT-2005.	Se identificarán los residuos entre los grupos reactivos en los anexos 1 y 2 de la norma y con base en la incompatibilidad se determinará al grupo de residuos a los que pertenecen. Se tendrá especial cuidado en no mezclar residuos peligrosos incompatibles.
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.	El área donde se llevará a cabo el proyecto requiere del CUSTF. Dentro del predio donde se llevará a cabo el proyecto no se encontraron especies de vegetación en alguna categoría de riesgo de acuerdo con esta Norma, sin embargo, para el caso de la fauna si se encontraron especies faunísticas las cuales están bien representadas y distribuidas en el SAR del proyecto. Para el caso de la fauna, se

Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto	
Norma Oficial Mexicana	Vinculación
	realizará previamente un programa de ahuyentamiento y rescate antes del inicio de las actividades de preparación del sitio (desmonte y despalme) y construcción y algunas otras medidas de mitigación. (Capítulo VII).
NOM-080-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	La CFE se asegurará que los vehículos utilizados en las diferentes etapas del proyecto cumplan con los límites máximos permisibles de emisión de ruido, por lo que estos se someterán al método de medición indicado en la presente norma.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	En caso de que por algún incidente y/o accidente, hubiera algún tipo de derrame de hidrocarburos, específicamente por alguna fuga de estos en los vehículos, maquinaria y/o equipo utilizado durante las diferentes etapas del proyecto, se procederá inmediatamente a cumplir con lo establecido en la presente norma para la remediación del suelo contaminado.

### III.5. Planes o Programas de Desarrollo Urbano (PDU).

#### III.5.1. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

El PND se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019, es un instrumento que enuncia los problemas nacionales y enumera las soluciones en una proyección sexenal, un modelo viable de desarrollo económico, ordenamiento político y convivencia entre los sectores sociales.

Establece lineamientos y principios rectores (12), que en su conjunto son los puntos centrales del nuevo consenso nacional, el cual tiene como centro la convicción de que el quehacer nacional en su conjunto el económico, el político, el social, el cultural. Se estructura en cuatro ejes generales:

1. Política y Gobierno
2. Política Social
3. Economía
4. Epílogo: Visión de 2024



En el Eje 3 Economía, se plantea *Detonar el crecimiento y Rescate del Sector Energético*, en dicho sentido, el propósito de la importancia estratégica para la presente administración es el rescate de Pemex y la CFE, para que vuelvan a operar como palancas del desarrollo nacional. En ese espíritu, resulta prioritario la construcción y operación de centrales de generación de electricidad propiedad del Estado.

*Se superarán mediante el diálogo los conflictos con poblaciones y comunidades generados por instalaciones de Pemex y la CFE, así como las inconformidades sociales por altas tarifas.*

La construcción del Proyecto de generación se vincula con el Eje 3 Economía, ya que coadyuvará a homologar las condiciones de suministro de energía eléctrica en el norte del país, y como se establece en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019 – 2033, en los puntos 11 y 17, cumplir con los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico y Garantizar el acceso al servicio eléctrico universal, eficiente, de calidad y confiable a todos los mexicanos.

### **III.5.2. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021.**

El Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2016-2021 engloba cuatro ejes estratégicos y dos ejes transversales que en esencia proponen hacer de México una sociedad en la cual todas las personas tengan acceso efectivo a los derechos que otorga la Constitución.

Los ejes estratégicos del PED marcan la pauta para un desarrollo del estado con una amplia participación ciudadana y una visión municipalista que procura la transversalidad en todos los ejes, para conformar un gobierno eficiente, innovador, transparente y con sentido social, asimismo promueve el respeto a los derechos humanos y la igualdad de género.

Los ejes estratégicos y transversales que propone el PED son los siguientes:

#### **Ejes estratégicos:**

1. Sonora en paz y tranquilidad
2. Sonora y colonias con calidad de vida
3. Economía con futuro
4. Todos los sonorenses todas las oportunidades

#### **Ejes Transversales:**

1. Gobierno eficiente, innovador transparente y con sensibilidad social
2. Gobierno promotor de los derechos humanos y la igualdad de género

Así mismo, el PED tiene definidos sus principios sobre los que se desarrollara, siendo la Sustentabilidad uno de ellos y donde se vincula el proyecto ya que se establece entre otras cosas, actuar con la firme convicción de respetar, proteger y preservar el medio ambiente y el

patrimonio histórico y cultural del estado, privilegiando la responsabilidad social, el orden en el desarrollo urbano, la obra verde, la arquitectura sostenible, **el uso de energías alternativas**, la reducción, la reutilización y el reciclaje. El proyecto generará energía limpia y renovable con lo que se puede garantizar el uso de energías alternativas.

Por otra parte, El proyecto se vincula y coadyuva al cumplimiento del eje estratégico **2. Sonora y ciudades con calidad de vida**; ya que se establece que Sonora tiene alto potencial de fuentes renovables de energía, el cual se estima en 2,600 GWh/a, lo equivalente al 8.39% del potencial nacional. La energía solar ofrece las mayores posibilidades al estado, pues una quinta parte del potencial nacional se encuentra en aquí, al recibir hasta un 45% más irradiación solar que el promedio nacional, especialmente en el norte del estado.

Por lo anterior se plantea el impulso de las energías renovables que permitan la creación de nuevos empleos, la innovación, el ahorro y la disminución de las emisiones al medio ambiente. Dentro de la estrategia 2, se establecen una serie de retos, el proyecto se vincula directamente con el Reto 11 en su estrategia 11.1

**Reto 11. Establecer políticas públicas que contribuyan a la adaptación de Sonora al cambio climático.**

*Estrategia 11.1. Promover el ahorro de energía y el uso de energías limpias, mediante la actualización de la normatividad estatal, **la gestión de redes fotovoltaicas** y la reconversión de los sistemas de alumbrado.*

Acción: 11.1.2 Gestionar el uso piloto de redes fotovoltaicas demostrativas, **con escalamiento comercial**, como fuentes alternativas de energía.

Por lo antes expuesto el Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW) no contraviene a lo dispuesto en el Plan de Desarrollo del Estado de Sonora, ya que con el desarrollo de este se coadyuva al cumplimiento de las estrategias en él establecidas.

**III.5.3. Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021 Puerto Peñasco.**

El Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021 de Puerto Peñasco, está fundamentado en necesidades, planteamientos y compromisos reales, emanados de la propia comunidad y cumple con los señalamientos del Artículo 115 Constitucional, de la Constitución Local y de la Ley de Planeación del Estado de Sonora, que responsabilizan a los gobiernos locales a ser los conductores de su propio desarrollo, bajo un sistema de planeación democrática, participativa, responsable y transparente.

El objetivo general del Plan es: Mejorar la calidad de vida de su población y propiciar un desarrollo económico, político y social que le permita consolidar los esfuerzos para que Puerto Peñasco se convierta en el principal polo de desarrollo regional y el mejor destino turístico del noroeste del país.

Para el logro del objetivo el Plan Municipal integra cinco ejes rectores denominados:

- 1.- Gobierno plural e incluyente
- 2.- Peñasco competitivo y productivo
- 3.- Peñasco seguro y en paz social
- 4.- Gobierno impulsor del desarrollo regional
- 5.- Gobierno ordenado y de resultados

## 1.- Gobierno Plural e incluyente

### 1.4.- Desarrollo Urbano

Problemática:

Puerto Peñasco, ha sido históricamente una ciudad con gran potencial de desarrollo turístico, sin embargo durante la época del desarrollo inmobiliario esta actividad se realizó sin control ni orden en los usos de suelo, lo que generó grandes problemas de urbanismo, que dificultan hoy en día las políticas y los esfuerzos por regularizar y ordenar, siendo estos los de mayor preocupación el de la dispersión urbana o el crecimiento urbano descontrolado, siendo este el que nos trae todo un conjunto de problemáticas urbanísticas.

Esta situación derivó en problemas financieros a la inversión municipal, e incrementó la capacidad técnica y económica para garantizar el abastecimiento de la infraestructura, equipamiento urbano y servicios públicos.

Para atender esta problemática se presenta el siguiente objetivo, estrategias y metas.

**El objetivo:** Promover la planeación urbana, el ordenamiento territorial y el uso eficiente del suelo urbano **incentivando el crecimiento y la consolidación de entornos urbanos productivos, competitivos, incluyentes y sustentables**, que favorezcan la mejora de la calidad de vida de los habitantes y sean instrumentos generadores de inversión en equipamiento y servicios.

**Estrategias:** Consolidar la operación del IMPLAN como eje central del diseño de la integración de los programas y directrices que orientan las políticas públicas en materia de

asentamientos humanos hacia un diseño de ciudad ordenada, competitiva y a la vez alentadora de los flujos de inversión en materia de **infraestructura** y servicios.

**Metas:**

- I.- Operar de manera eficiente y con sustento jurídico y reglamentario el instituto de Planeación Urbana.
- II.- Aplicar las disposiciones normativas en materia de urbanismo a través de la Dirección de Desarrollo Urbano.
- III.- Definir usos y destinos de suelo en apego a las políticas de imagen urbana.
- IV.- Establecer un sistema de transporte urbano suficiente y ordenado.

**Acciones:**

- I.- Establecer un modelo de imagen urbana zonificado con usos de suelo bien definidos.
- II.- Reglamentar los usos y destinos del suelo urbano, mediante una zonificación adecuada.
- III.- Crear un sistema de ordenamiento vial integral que incluya nomenclaturas, señalizaciones, parquímetros, el correcto uso de espacios públicos y la movilidad de personas con discapacidad.
- IV.- Actualizar el Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Centro de Población.
- V.- Rediseñar los mecanismos para la autorización de licencias de funcionamiento, congruencias de uso de suelo y construcción de espacios habitacionales y comerciales.
- VI.- Crear un mecanismo de imagen urbana mediante la homologación de fachadas, paletas de colores en determinadas zonas de la ciudad.
- VII.- Intervenir en la regularización de asentamientos humanos.
- VIII.- Convenir la incorporación de suelo urbano al patrimonio municipal para uso y destino habitacional, turístico y comercial.
- IX.- Analizar y dictaminar sobre opciones de suelo para el establecimiento de obras de infraestructura para el saneamiento y tratamiento de aguas residuales y la disposición final de residuos sólidos.

**Vinculación:** El proyecto no contraviene a lo establecido en el Plan Municipal de Desarrollo ya que dentro de su objetivo se encuentra entre otros el promover el uso de suelo para proyectos sustentables que favorezcan el nivel de calidad de vida de los habitantes del municipio, el proyecto es un proyecto sustentable de generación de energía limpia que aprovechara los recursos naturales de la zona (radiación solar), con generación de impactos ambientales poco significativos y cuya operación incide de forma positiva sobre el cambio climático por no emitir emisiones de gases de efecto invernadero, ruido y descargas.

Además de que, con el desarrollo de este, se propondrán medidas de prevención, mitigación y/o compensación para disminuir los impactos ocasionados por el mismo.

### III.5.4. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Puerto Peñasco.

El "Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Puerto Peñasco" pretende obtener una visión clara del desarrollo del Centro de Población de Puerto Peñasco en tanto proceso dinámico desplegado y articulado al conjunto de la entidad, acotando y detectando su jerarquía en el Sistema Urbano Estatal, analizando y explorando sus características más importantes, las interrelaciones más destacadas y sus componentes dominantes; así como elaborar propuestas factibles orientadas a la promoción de inversiones productivas, al ordenamiento de las actividades urbano - turísticas, a la atención de los servicios y equipamientos requeridos por la comunidad y atendiendo en particular al equilibrio ambiental. El centro de población está integrado por las áreas urbana, urbanizable y no urbanizable, contenidas dentro de un polígono cuyos vértices que conforman el área normativa del presente programa se muestra en la siguiente figura:

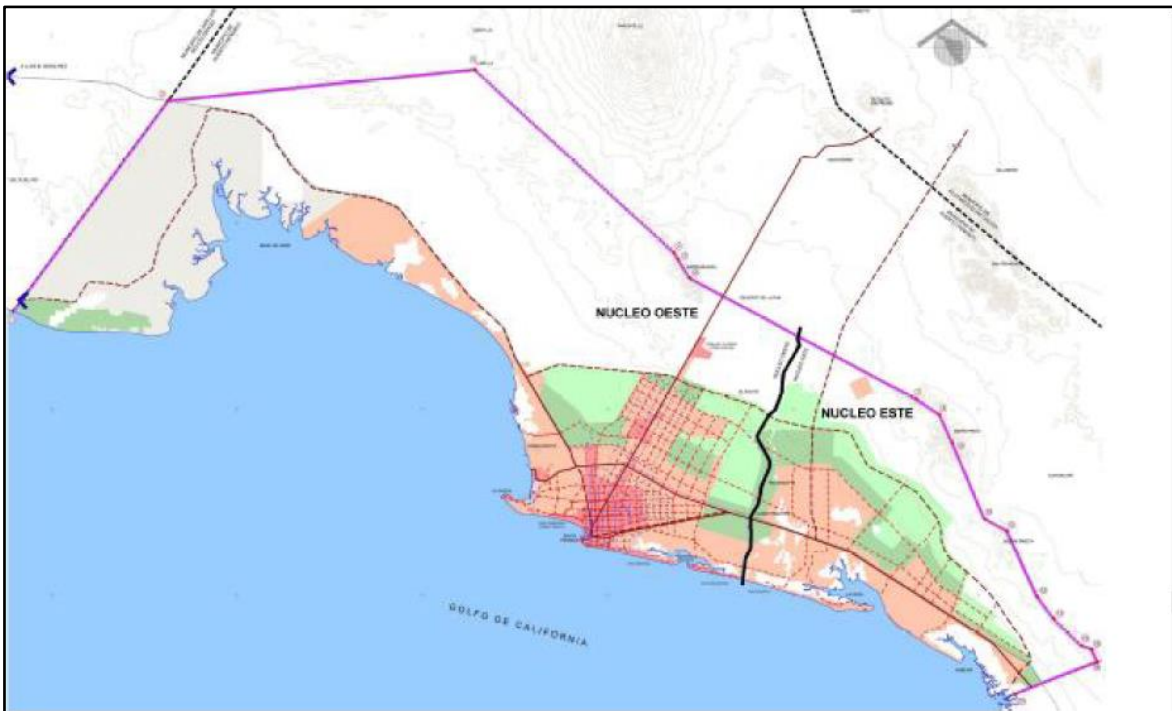


**Figura III.5.** Límite del centro de población.

El centro de población se extiende a lo largo de todo el litoral del municipio y debido a la extensión territorial que abarca se ha dividido en dos núcleos principales: un Núcleo Oeste que abarca desde el límite noroeste del territorio municipal que colinda con el municipio de San Luis Río Colorado a la altura de Bahía de Adair hasta la parte sureste de la boca del Estero Morúa; un Núcleo Este comprendido desde la parte sureste de la boca del Estero Morúa hasta el límite sur del territorio del municipio que colinda con el municipio de Caborca a la altura del estero Las Almejas, el área del proyecto se encuentra ubicada en el **núcleo este**.

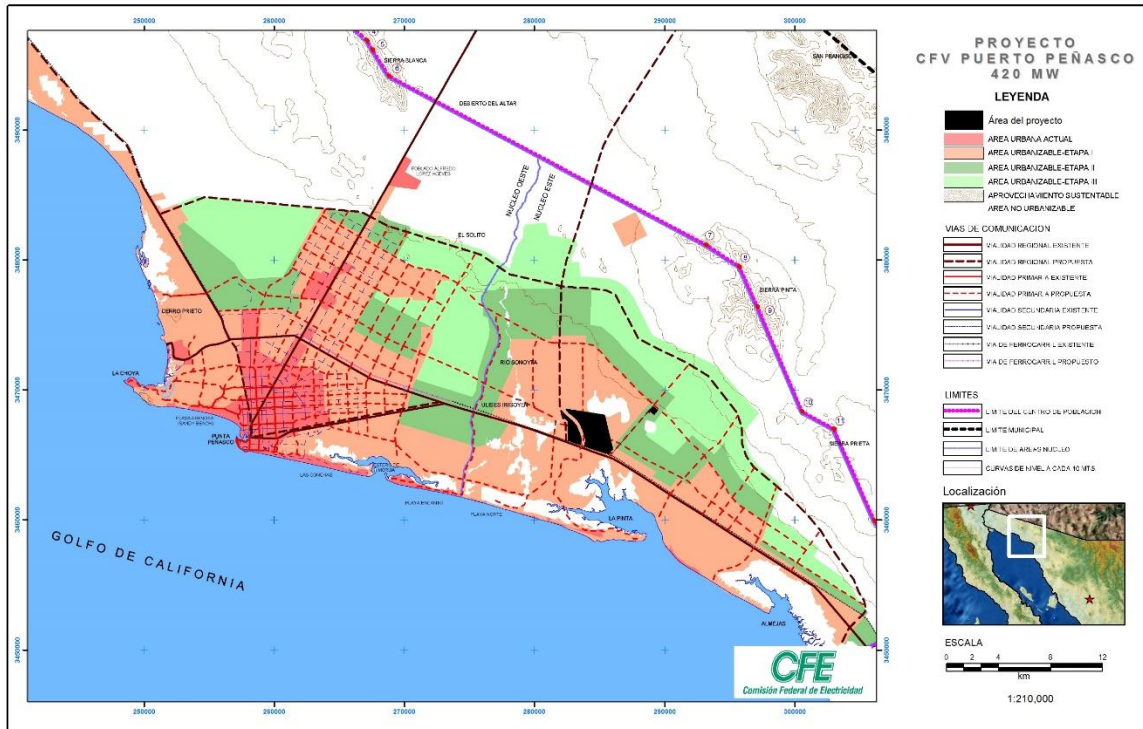
Este núcleo contendrá el desarrollo de nuevas áreas tanto de crecimiento turístico como aquel núcleo de población urbana necesaria para dar servicio a las áreas turísticas a lo largo del litoral entre los esteros Morúa, la Pinta y las Almejas.

En este núcleo se establecerán también equipamientos especiales como el nuevo aeropuerto internacional de largo alcance, así como la construcción de un eje regional que conecte a las áreas de desarrollo turístico de manera más directa desde la carretera federal 2, con la carretera costera precisamente a la altura del estero La Pinta.



**Figura III.6.** Núcleos principales del municipio.

A partir de la red de vialidades regionales el territorio se divide en tres zonas o **zonificación primaria** que contiene el área urbana actual, el área urbanizable, el área no urbanizable, así como aquellas áreas sujetas a conservación o protección.



**Figura III.7. Zonificación Primaria.**

Como se puede observar en la figura anterior el área del proyecto se encuentra dentro de las áreas urbanizable etapa I y urbanizable etapa II. Fuera de áreas de protección y conservación.

**Zonificación secundaria:**

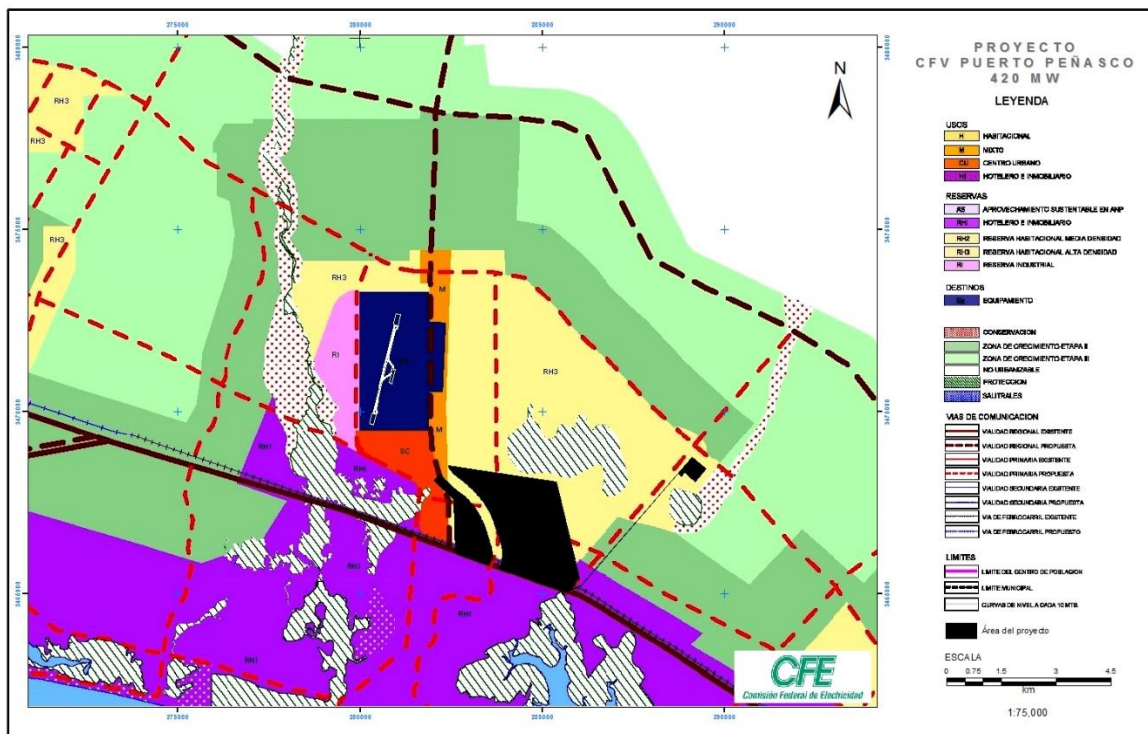
La zonificación secundaria detalla de manera más precisa el tipo de uso que se le puede dar al suelo urbanizable, así como precisa con mayor detalle aquellas áreas que de alguna manera estarán sujetas a cierto tipo de política tanto de protección como de conservación, mejoramiento o crecimiento en su caso.

Dentro de esta zonificación secundaria encontramos: Las áreas de reserva para el crecimiento tanto urbano, como turístico donde se establecerán los distintos usos permitidos de acuerdo con la tabla de compatibilidad.

Las áreas de reserva que se dedicarán a la futura expansión de la estructura urbana, o turística permitirán el establecimiento de usos habitacionales, industriales, comerciales, de servicios de equipamiento urbano, así como de vialidades tanto regionales como urbanas que darán conectividad a las distintas áreas de desarrollo.

La zonificación secundaria en el Centro de Población de Puerto Peñasco contiene:

- Zonas habitacionales
- Reservas habitacionales
- Zonas mixtas
- Reserva industrial
- Zonas hotelero – inmobiliaria
- Reserva hotelero – inmobiliaria
- Zonas de protección, conservación y salvaguarda
- Zonas de equipamientos
- Áreas verdes y deportivas
- Zonas de uso especial, **infraestructura** y estacionamientos.



**Figura III.8.** Reservas y Usos de Suelo.

De acuerdo con la tabla de compatibilidad el área donde se desarrolla el proyecto tiene la siguiente compatibilidad de usos de suelo.



TABLA DE COMPATIBILIDAD DE USOS DE SUELO

TIPO DE COMPATIBILIDAD DE USO

Uso Permitted  
 Uso Prohibido  
 C Uso condicionado

ABREVIATURAS EN LA TABLA

CAD Condicionado a Donación  
 SNE Sujeto a Norma de Equipamiento  
 NA No Aplica  
 NP No Permitted  
 SAC Sujeto a Aprobación de Plan de Conjunto  
 SAD Sujeto a Destino

USOS PREDOMINANTES	AREA URBANA														AREA URBANIZABLE							AREA NO URBANIZABLE			
	USOS														RESERVAS							DESTINOS		PROTECCION	
	HABITACIONAL DENSIDAD BAJA	HABITACIONAL DENSIDAD MEDIA	HABITACIONAL DENSIDAD ALTA	INDUSTRIA	HOTELERO E INMOBILIARIO	CENTRO URBANO	CORREDOR MIXTO TIPO A	CORREDOR MIXTO TIPO B	CORREDOR MIXTO TIPO C	CORREDOR MIXTO TIPO D	EQUIPAMIENTO URBANO	CENTRO BASICO DE EQUIPAMIENTO	HABITACIONAL DENSIDAD BAJA	HABITACIONAL DENSIDAD MEDIA	HABITACIONAL DENSIDAD ALTA	HOTELERO E INMOBILIARIO	INDUSTRIA	CONSERVACION	EQUIPAMIENTO URBANO	CENTRO BASICO DE EQUIPAMIENTO	P	CV			
HT	H2	H3	I	HI	CU	CMA	CMB	CMC	CMD	EQ	CEQ	RH1	RH2	RH3	RHI	RI	CAU	DEQ	DCEQ	P	CV				
USOS Y DESTINOS ESPECIFICOS																									
VELATORIOS Y FUNERALES PUBLICOS	C	C	C									C	C	C	C	C									
<b>INFRAESTRUCTURA</b>																									
<b>HIDRAULICA</b>																									
ACUEDUCTOS	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
ESTACIONES DE BOMBEO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
PLANTAS FOTABILIZADORAS Y CAPTACION DEL ACUIFERO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
PRESAS Y REPRESOS				C																					
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA				C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
<b>SANITARIA</b>																									
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COBERTURA ORAL					C					C															
PLANTAS PEQUEÑAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	C	C	C		C					C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
<b>ELECTRICIDAD</b>																									
PLANTAS GENERADORAS DE ELECTRICIDAD					C																				
SUBESTACIONES ELECTRICAS	C	C	C		C					C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
<b>GAS NATURAL</b>																									
ESTACION DE RECEPCION Y DISTRIBUCION																									
ESTACION DE REGULACION																									
GASODUCTOS DE DISTRIBUCION	C	C	C			C	C	C	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
PLANTA REGASIFICADORA																									
<b>TELECOMUNICACIONES</b>																									
ANTENAS DE TELEFONIA CELULAR					C	C					C				C		C	C	C	C	C	C			
ANTENAS Y REPETIDORAS					C	C					C				C		C	C	C	C	C	C			
MINICENTRALES TELEFONICAS					C	C					C				C		C	C	C	C	C	C			

Figura III.9. Tabla de compatibilidad de usos de suelo.

**Vinculación:** De acuerdo con lo establecido en el mapa de zonificación, el proyecto incide sobre áreas destinadas a urbanización (etapas I y II), así mismo al analizar la tabla de compatibilidad podemos observar que en estas áreas resultaría incompatible la instalación de infraestructura eléctrica. No obstante, lo anterior, consideramos que el desarrollo del proyecto si pudiese convivir con la planeación y el desarrollo del centro de población de Puerto Peñasco considerando los siguientes puntos:

- El proyecto aprovechará un recurso renovable para el abastecimiento de energía eléctrica limpia en la región, sin que se considere a este proyecto como un impedimento para el desarrollo habitacional.
- El programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Peñasco no ha sido actualizado (2008), y en la realidad el crecimiento poblacional y de desarrollo urbano no ha sido conforme a lo proyectado en este Plan, lo que se debe en gran medida a la falta de desarrollo de infraestructura y de servicios que potencialicen el desarrollo económico del centro de población.
- Se llevó a cabo la consulta con la Dirección de Desarrollo Urbano del Ayuntamiento de Puerto Peñasco respecto a la convivencia del proyecto con el desarrollo futuro del centro de población, como resultado de estas consultas se obtuvo la Licencia del Uso de Suelo para la construcción del proyecto en el área seleccionada para éste, **Anexo III.1.**

### III.6. Otros Instrumentos Normativos.

#### III.6.1. Áreas de Importancia.

##### Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's).

Existen diversas AICA's en la región Norte del país, sin embargo, el proyecto no se ubica en alguna de ellas, por lo que no existe vinculación con los criterios establecidos para estas áreas respecto al desarrollo del proyecto. Las más próximas son: Bahía e Islas de San Jorge que se localiza en el Golfo de California, al sureste del sitio en el que se ubicará el proyecto, a una distancia aproximada de 27 kilómetros. Las islas albergan a 98 especies de aves. El sitio contiene una población de una especie considerada como globalmente amenazada, en peligro o vulnerable.

Reserva El Pinacate y Gran Desierto de Altar, que se localiza aproximadamente a 41 km al noroeste del sitio del proyecto. El área alberga 193 especies de aves.

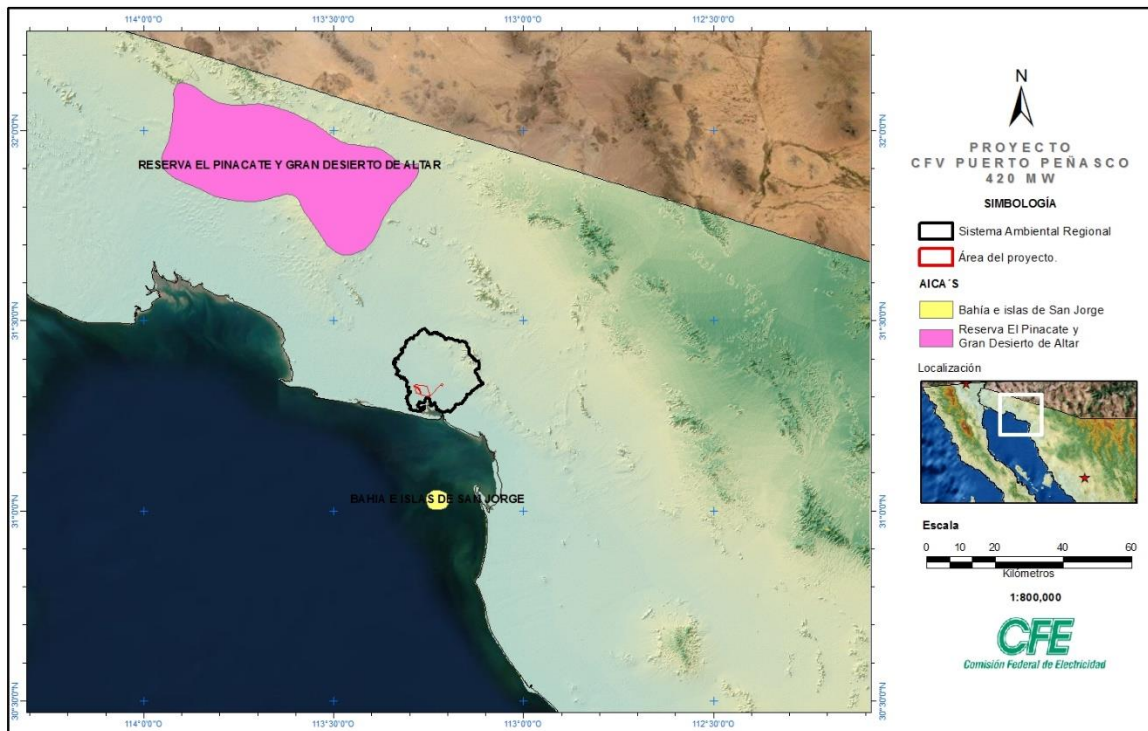


Figura III.10. Ubicación del Proyecto con respecto a las AICA's.

---

## Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's).

El proyecto no incide dentro de los espacios territoriales de ninguna de las Regiones Terrestres Prioritarias por lo que no existe vinculación con los criterios establecidos para estas áreas respecto al desarrollo del proyecto. Las RTP más cercanas al sitio del proyecto son:

**Bahía de San Jorge RTP-15:** que se encuentra al sureste del sitio del proyecto, dentro del estado de Sonora y en los municipios de Caborca y Puerto Peñasco. Esta región fue considerada prioritaria en función a su importancia como hábitat de aves, principalmente *Sterna antillarum* del Alto Golfo e importantes colonias de *Sula leucogaster* y aves anidantes del Alto Golfo como *Myotis vivesi*. Adicionalmente, es importante para *Zalophus californianus*. Debido a su ubicación geográfica (latitud, situación con relación al continente) y a su topografía (parte de la llanura costera de Sonora), la altimetría no incide en la diferenciación de los ecosistemas, mientras que la influencia marítima tiene en cambio una relevancia fundamental en cuanto al aporte de humedad atmosférica, así como por lo somero del manto freático bajo un sustrato básicamente arenoso. Lo anterior deriva en vegetación ligada íntimamente a tales condiciones ambientales y que contrasta con la adyacente al este (propia de desiertos arenosos). Esta región, por tanto, comprende exclusivamente ambientes derivados de vegetación halófila, de dunas costeras, así como de carácter estuarino, que condicionan la existencia de las comunidades faunísticas mencionadas anteriormente.

**Gran Desierto de Altar El Pinacate RTP-14:** Se encuentra al noroeste del sitio del proyecto, en el estado de Sonora y en los municipios de Plutarco Elías Calles, Puerto Peñasco y San Luis Rio Colorado. Esta RTP derivada de la presencia de un escudo volcánico, así como por las extensas zonas de dunas activas que lo rodean. Corresponde a un ANP manejada por el INE y decretada en 1993. La gran variedad de asociaciones vegetales en las dunas y en los derrames de lava, presentan características especiales y un valor ecológico único. Contiene flora y ecosistemas propios de los desiertos, entre ellos, 560 especies de plantas vasculares divididas en 315 géneros y 85 familias, sobresaliendo las compuestas, las gramíneas, las leguminosas, las euforbiáceas, las quenopodiáceas y las cactáceas. Respecto a la fauna, se encuentran 53 especies de mamíferos, 222 de aves, 43 de reptiles y 5 de anfibios. La vegetación comprende matorrales xerófilos, chaparrales, mezquitales y matorrales arborescentes, aunque genéricamente los tipos más representativos de acuerdo con su distribución en la RTP son la vegetación de desiertos arenosos y el matorral desértico micrófilo.

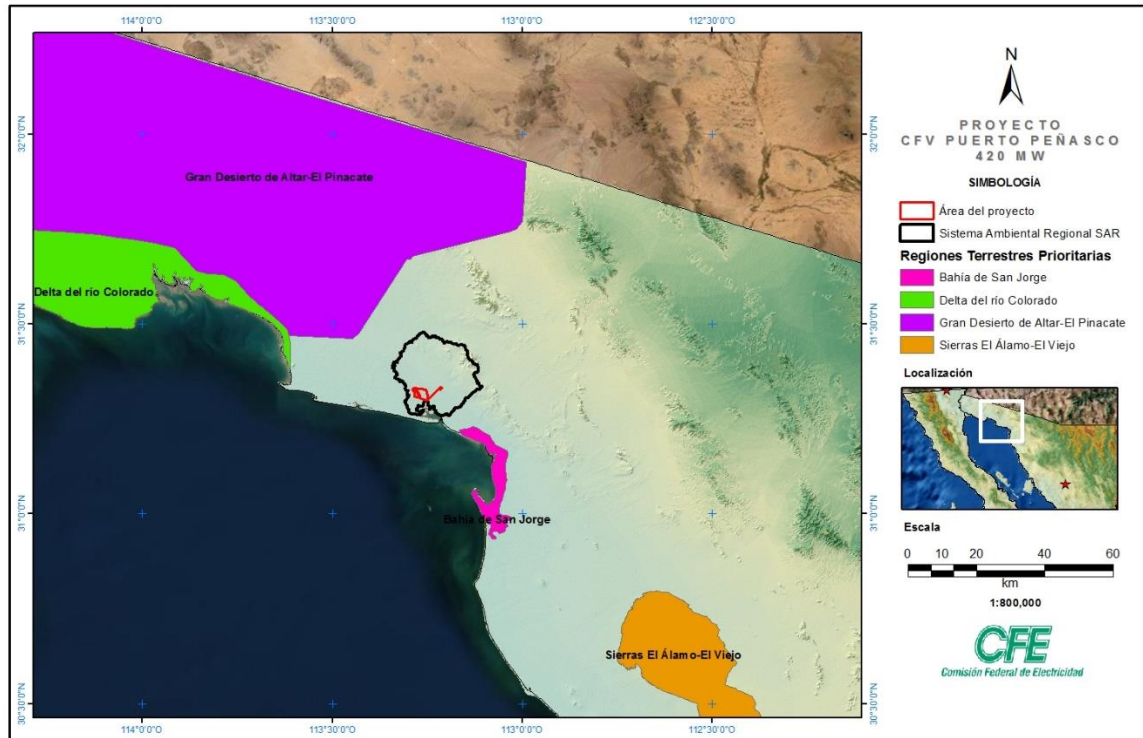


Figura III.11. Ubicación del Proyecto con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias.

**Delta del Río Colorado RTP-13:** Se encuentra al oeste del sitio del proyecto en los estados de Baja California y Sonora, y los municipios de Mexicali, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado. Esta Región fue definida en función a su importancia faunística, al poseer un alto valor para aves anidantes. El área forma parte de la RB “Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado”, decretada en 1993, por lo que el límite regional terrestre se ajusta al ANP. Dadas sus condiciones climáticas (temperatura, precipitación, evaporación), la mayor parte de la RTP posee áreas sin vegetación aparente. En esta región se encuentra un importante número de especies cosmopolitas y endémicas del Golfo de California. Existen lugares de reproducción y crianza de la vaquita marina, la totoaba, el palmoteador de Yuma y el pez perrito del desierto.

### Regiones Hidrológicas Prioritarias.

El sitio del proyecto no incide en espacios territoriales de ninguna Región Hidrológica Prioritaria, la más cercana al sitio del proyecto es la **Delta del Río Colorado**, la cual se encuentra en los municipios de Mexicali y San Luis Río Colorado, por lo que no existe vinculación con los criterios establecidos para estas áreas respecto al desarrollo del proyecto.

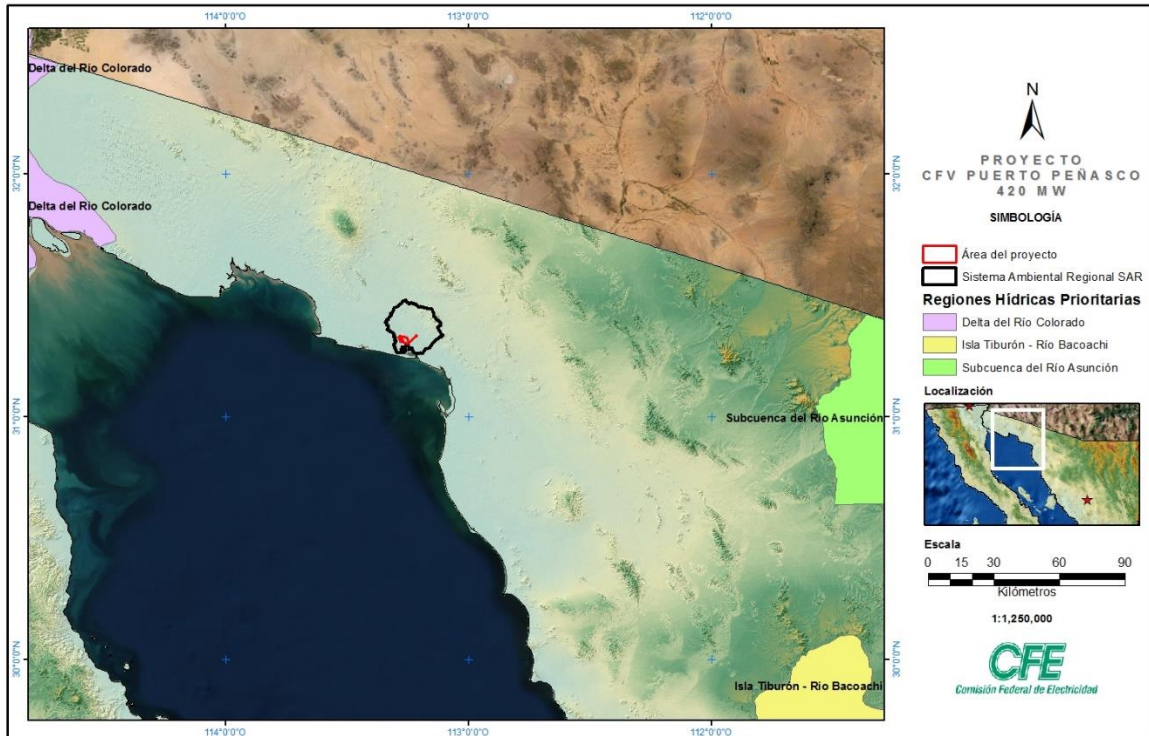


Figura III.12. Ubicación del Proyecto con respecto a las Regiones Hidrológicas Prioritarias.

### III.6.2. Sitios RAMSAR.

El sitio del proyecto no incide en espacios territoriales de ningún sitio RAMSAR, los sitios RAMSAR más cercanos al sitio del proyecto son: **Bahía Adahir**, la cual se encuentra en los municipios de Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado y **Bahía San Jorge** por lo que no existe vinculación con los criterios establecidos para estas áreas respecto al desarrollo del proyecto.

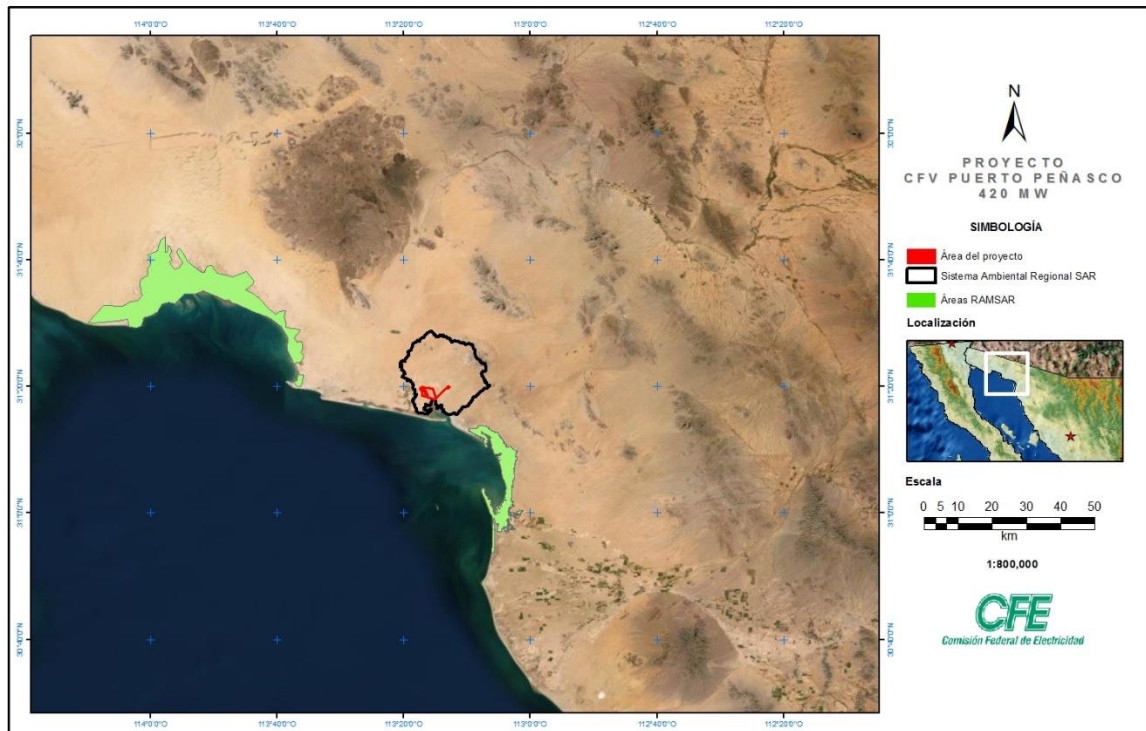


Figura III.13. Ubicación del proyecto respecto a los sitios RAMSAR.

### III.6.3. Programa Sectorial de Energía 2020 – 2024.

Este programa se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 8 de julio de 2020, es de observancia obligatoria para las dependencias, y entidades de la Administración Pública Federal, así como para las Empresas Productivas del Estado (EPE), en el ámbito de sus respectivas competencias.

Es un programa derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el objetivo general del Programa Sectorial es el rescate e impulso del sector energético para alcanzar la autosuficiencia energética, como condición necesaria de la seguridad energética y de la soberanía nacional.

*En el objetivo prioritario **Alcanzar y mantener la autosuficiencia energética sostenible para satisfacer la demanda energética de la población con producción nacional**, establece:*

*En 2018 la capacidad efectiva de generación de la CFE, de los Productores Internos de Energía (PIE) y del resto de los permisionarios conectados a la red, alcanzó un valor de 70,053 MW, de esta capacidad 59.2% corresponde a la CFE, 19.2% a los PIE y 21.6% al resto de los*

permisionarios. El consumo de energía eléctrica fue de 317,278 GWh, de la cual 51% se produjo con tecnología de ciclo combinado, 13.2% térmica convencional (vapor), 10.2% hidroeléctrica, 9.2% carboeléctrica, 4.3% nucleoelectrica, 3.9% eoloeléctrica y **el 8.2% restante con otras fuentes**<sup>1</sup>. En ese sentido, la generación bruta por fuentes limpias fue del **23.2 %**, por lo tanto, **no se alcanzó la meta establecida en la Ley de Transición Energética del 25%**.

En el objetivo prioritario **Asegurar el acceso universal a las energías, para que toda la sociedad mexicana disponga de las mismas para su desarrollo**, establece:

Con la finalidad de conformar un sector energético incluyente y justo, la presente administración, debe asegurar con un enfoque equitativo que garanticen los derechos de los pueblos indígenas y otros grupos sociales más desprotegidos a fin de “No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera”.

...Estrategia prioritaria 6.2 Propiciar la prevalencia de la cohesión sectorial ante las relaciones energéticas internacionales, para que se conduzcan bajo el criterio de la política energética nacional

Con este Programa, México garantiza el suministro de energías primarias y secundarias requeridas por la economía y la sociedad, bajo condiciones de sustentabilidad con el medio ambiente y de sostenibilidad en el corto, mediano y largo plazo.

Con la construcción y operación del proyecto, se tendrá energía limpia disponible para asegurar el acceso universal a las energías, además de que se evitarán emisiones de gases de efecto invernadero por ser un proyecto de generación de energía con fuentes limpias lo que sumaría a las metas establecidas en la Ley de Transición Energética.

#### **III.6.4. Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos indígenas y Tribales en Países Independientes.**

El área en donde se desarrollará el proyecto no incidirá sobre localidades con presencia indígena, por lo que no se vincula con las disposiciones que señala el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos indígenas y Tribales en Países Independientes.

Al respecto, paralelamente al presente DTU se sometió a la consideración de Secretaría de Energía la respectiva Evaluación de Impacto Social, desarrollada conforme al Formato D, establecida en las Disposiciones Administrativas de Carácter General sobre la Evaluación de

<sup>1</sup> Datos del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033.

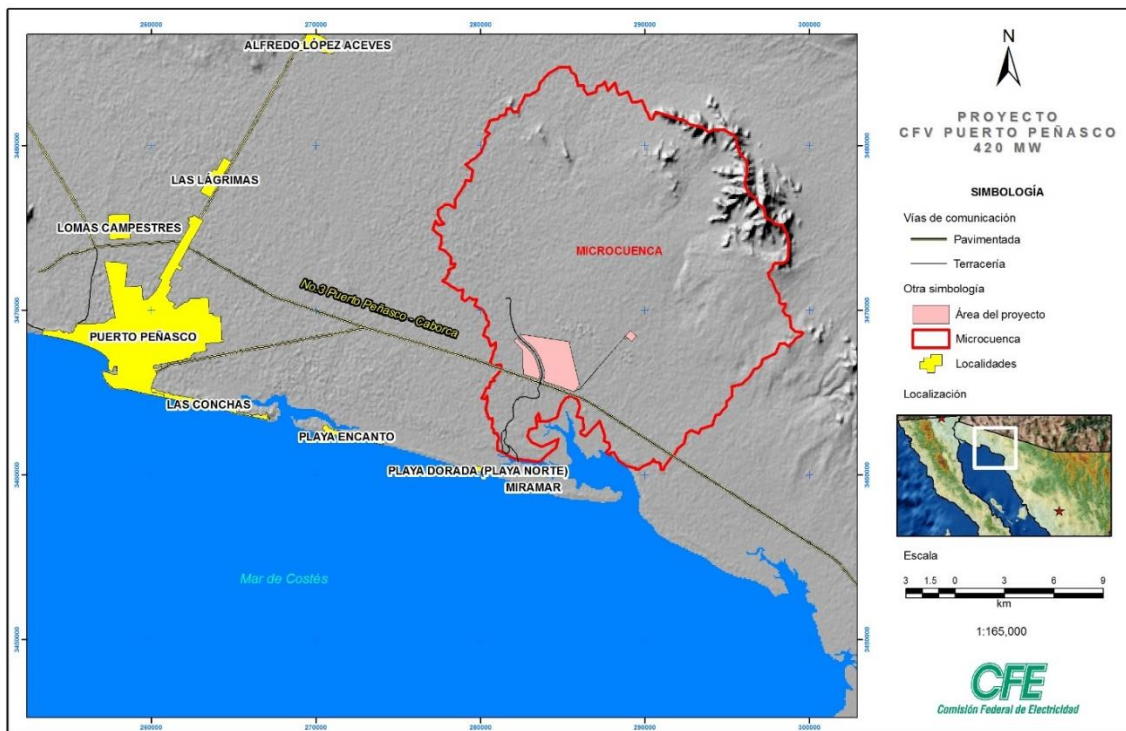
Impacto Social en el Sector Energético, en cumplimiento a de lo establecido en los artículos 119 y 120 de la Ley de la Industria Eléctrica, y 86 y 87 de su Reglamento.



#### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.

##### IV.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el proyecto.

El Proyecto se realizará a 27 km al este de la ciudad de Puerto Peñasco, Son. Se localizará dentro de un predio, propiedad de CFE, en el municipio de Puerto Peñasco, Sonora (**Figura IV.1**).



**Figura IV.1.-** Localización del Proyecto.

Para la delimitación del área de estudio y la descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) se consideró el contexto de las Regiones Hidrológicas; en la **Figura IV.2**, podemos observar que el estado de Sonora, donde se pretende desarrollar el Proyecto, se encuentra inmerso en la Región Hidrológico-Administrativa II – Noroeste (RH-A II Noroeste).

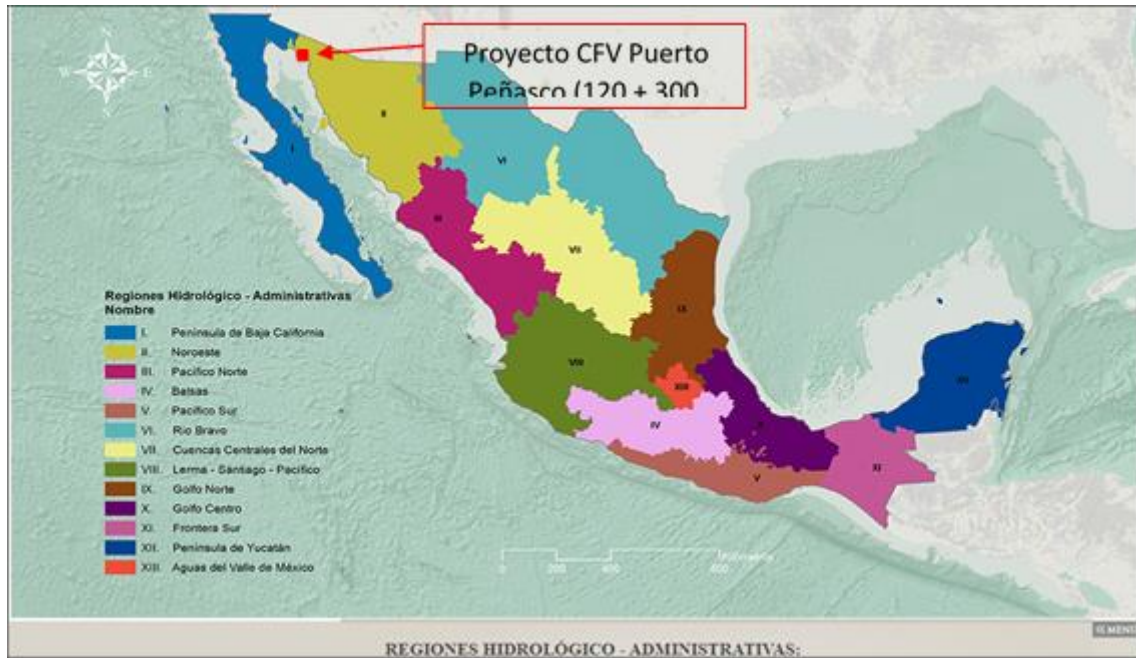


Figura IV.2. Regiones Hidrológico-Administrativas (Fuente: CONAGUA).

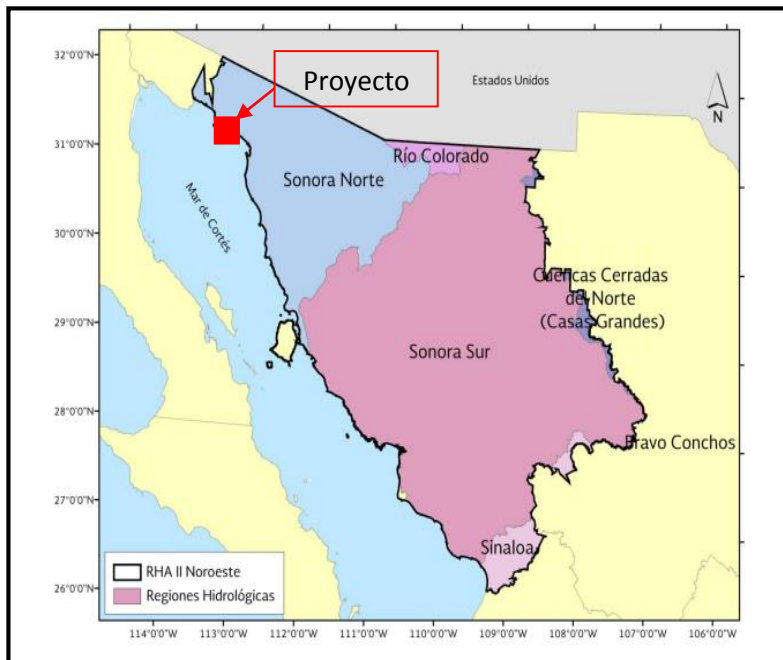


Figura IV.3. Regiones hidrológicas de la RH-A II Noroeste (Fuente: CONAGUA).

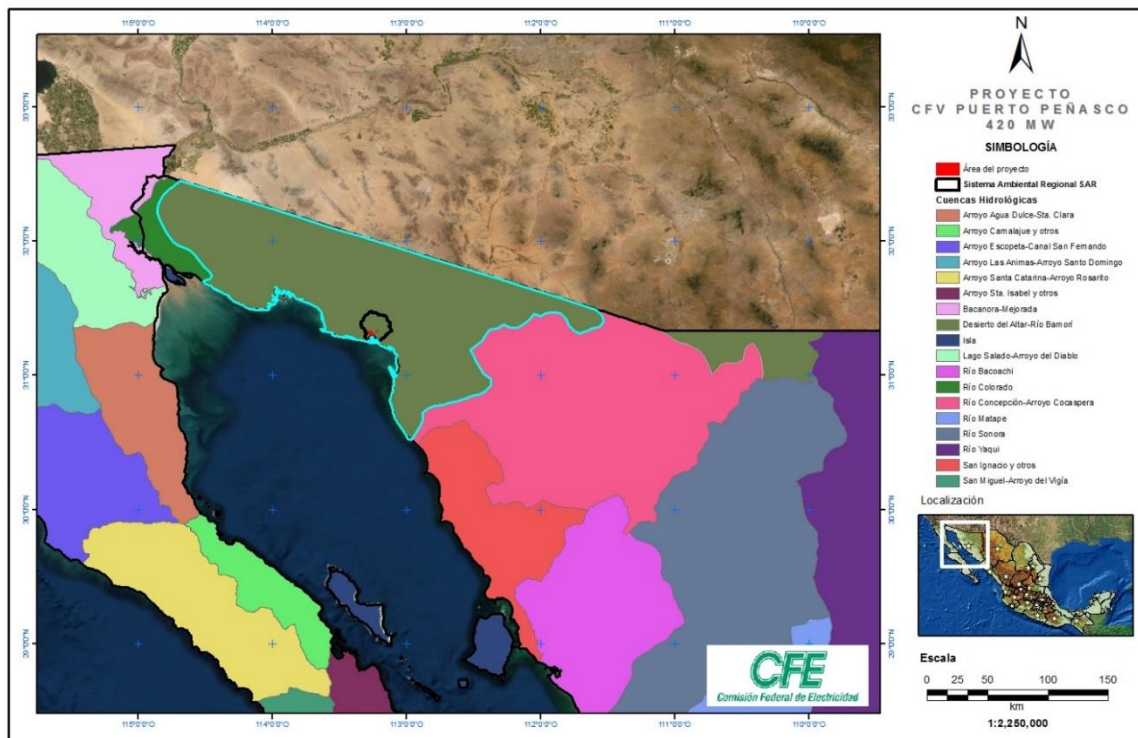
Esta Región Hidrológico-Administrativa, se encuentra dividida en cinco regiones hidrológicas: RH7 Río Colorado, **RH8 Sonora Norte**, RH9 Sonora Sur, RH10 Sinaloa y RH34 Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes) (Figura IV.3).

## Región Hidrológica 08 Sonora Norte.

La Región Hidrológica en donde se ubica el área de estudio, denominado como **Microcuenca Sierra Pinta** (SAR) es la **Región Hidrológica (RH08)** Sonora Norte (**Figura IV.3**), la cual cubre el 31.67% de la superficie estatal, drenando las aguas del noroeste de la entidad hacia el Golfo de California o Mar de Cortés. Presentan escurrimientos mínimos, por lo que la mayoría de los ríos y arroyos permanecen secos durante gran parte del año. Las cuencas de esta región hidrológica y la porción del territorio estatal que cobijan son (de norte a sur): **Desierto de Altar – Río Bámori (12.36%)** donde se encuentra la microcuenca Sierra Pinta (SAR), Río Concepción – Arroyo Cocóspera (14.16%) y Río San Ignacio y otros (5.15%).

## Cuenca Desierto de Altar – Río Bámori

Esta cuenca, se ubica en la parte norte de la Región Hidrológica 08 cuenta con una superficie de 21126 km<sup>2</sup> (**Figura IV.4**).

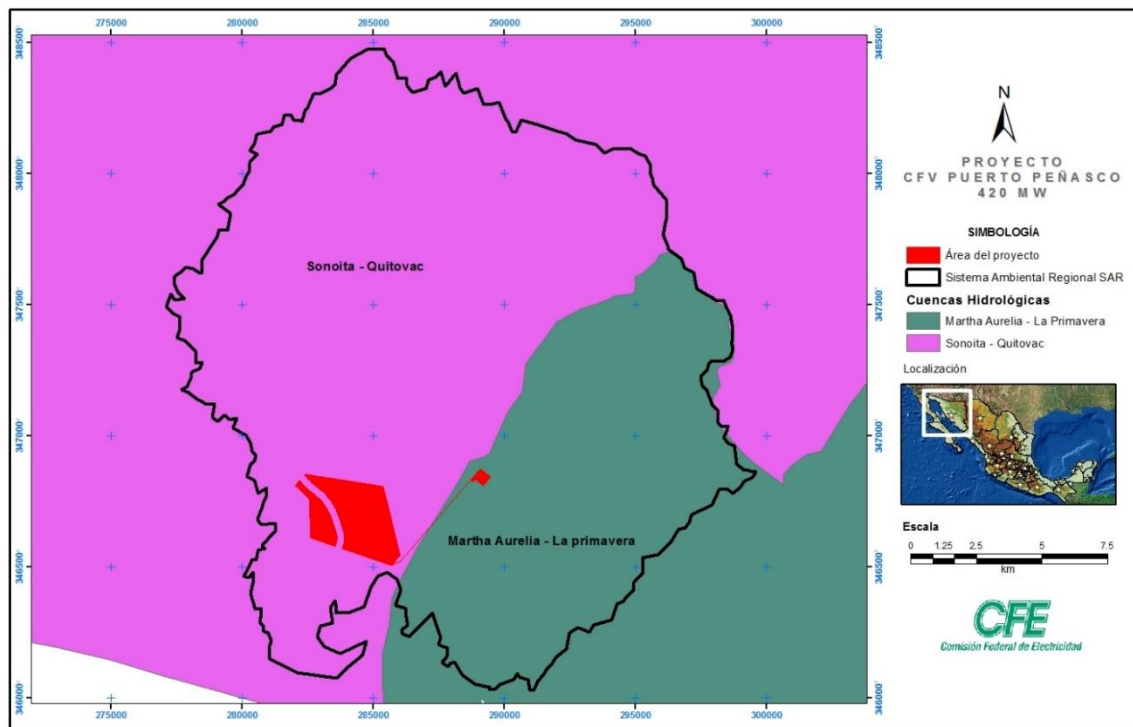


**Figura IV. 4.** Cuenca Hidrológica Desierto de Altar – Río Bámori, donde se ubica la Microcuenca/SAR Sierra Pinta.

La cuenca hidrológica Desierto de Altar – Río Bámori, está dividida en cuatro Subcuencas, que ordenadas de norte a sur son las siguientes:

- Subcuenca Puerto Peñasco
- **Subcuenca Sonoita- Quitovac**
- **Subcuenca Martha Aurelia- La Primavera**
- Subcuenca Sonoita Presa Derivadora

La microcuenca/ Sierra Pinta (SAR) se encuentra entre las **subcuencas Sonoita- Quitovac y Martha Aurelia-La Primavera (Figura IV.5).**



**Figura IV.5.** Subcuencas Sonoita- Quitovac y Martha Aurelia- La Primavera donde se ubica la Microcuenca/SAR Sierra Pinta.

### Microcuenca o SAR Sierra Pinta.

La Microcuenca/ Sierra Pinta (SAR) se encuentra entre los límites de las subcuencas Sonoita - Quitovac y Martha Aurelia- La Primavera, es una cuenca hidrológica forestal de tipo exorreica, que desemboca en la vertiente del Golfo de California, los escurrimientos que drenan en la cuenca son de tipo intermitente con recorridos muy cortos por lo cual se pierden rápidamente en la planicie sin llegar a constituir afluentes verdaderos. La dirección principal

de estos arroyos es, de la periferia de la parte norte hacia el oeste y de aquí hacia el sur. Los arroyos principales se presentan superficiales, ya que aparentemente la falta de precipitación en la región o les ha permitido profundizar de manera considerable para labrar su cauce, con desniveles que van de 1 a 160 m. el área de estudio, para caracterizar el Sistema Ambiental Regional, delimitado para el proyecto tiene una superficie de 35, 507.75 ha.

Cabe mencionar que la delimitación de esta microcuenca se realizó considerando la unidad mínima que abarca los escurrimientos más cercanos, al área del Proyecto, de las subcuencas Sonoita – Quitovac, y Martha Aurelia – La Primavera, sin embargo también se consideró que el desarrollo del Proyecto se plantea en diferentes Fases, hasta alcanzar una capacidad total instalada de 1000 MW; al ser únicamente la Fase I (120+300 MW) el motivo del presente DTU, convenía la delimitación de un área de estudio (SAR) que abarcara la totalidad de las Fases, lo que permitirá que el desarrollo de cada una de las fases sea bajo criterios ambientales realmente regionales, que nos permita entender cuáles son las dinámicas del ecosistema y cómo el proyecto se integra en las mismas; asimismo se busca entender, analizar, y poner en práctica las mejores estrategias para el cuidado del medio ambiente y que permitan el desarrollo de las poblaciones de la región, incorporando este proyecto a los sistemas de gestión con los que cuenta la CFE se garantizará que cada fase del Proyecto se desarrolle en total apego a las buenas prácticas ambientales y que sus impactos se reflejen de manera regional, para lo cual se requiere de un área de estudio en donde se puedan reflejar estos impactos, y no solamente una superficie que apenas rodee el área del proyecto, lo que supondría un entendimiento focalizado a las áreas aledañas al Proyecto.

A continuación, se presenta la caracterización del Sistema Ambiental Regional, en donde se aprecia que los componentes bióticos y abióticos conforman un ecosistema bastante homogéneo, donde las características del Área del Proyecto se encuentran bien representadas en el resto del Área de Estudio (SAR).

## **IV.2 Caracterización y análisis del Sistema Ambiental (SAR)**

Una vez delimitada el área de estudio, partiremos de que la caracterización y el análisis del sistema ambiental se describirán en la superficie espacial de la microcuenca Sierra Pinta que es de 35,507.75 ha, en virtud de que las obras y/o actividades del proyecto inciden en ésta.

### **IV.2.1 Análisis retrospectivo de la calidad ambiental SAR**

En esta sección se presenta la caracterización, e interacción de los elementos bióticos, abióticos, y socioeconómicos presentes en el área de estudio, definiendo así el Sistema Ambiental Regional en el que incide el área del Proyecto.

#### IV.2.1.1. Medio Abiótico

##### Clima

El clima de la región noreste del país, donde se localiza el Sistema Ambiental Regional, está influenciado por su ubicación latitudinal, que forma parte de un cinturón de zonas áridas, en el que prevalece un sistema de alta presión, originado por la confluencia de masas de aire frío y tropical, lo que provoca cielos despejados, amplia exposición solar e incremento de temperaturas.

El tipo de clima que se presenta en Sistema Ambiental Regional y el área del proyecto de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Köppen, modificado por García (1982), corresponde al muy árido, semicálido BWh(x') el cual se caracteriza por presentar una escasa precipitación pluvial, altas temperaturas en verano, intensa radiación solar, baja humedad relativa y alta evaporación. La temperatura media anual se encuentra entre los 18 y 22°C, la precipitación promedio anual es menor a los 100 mm (84.8 mm) (**Figura IV.6**).

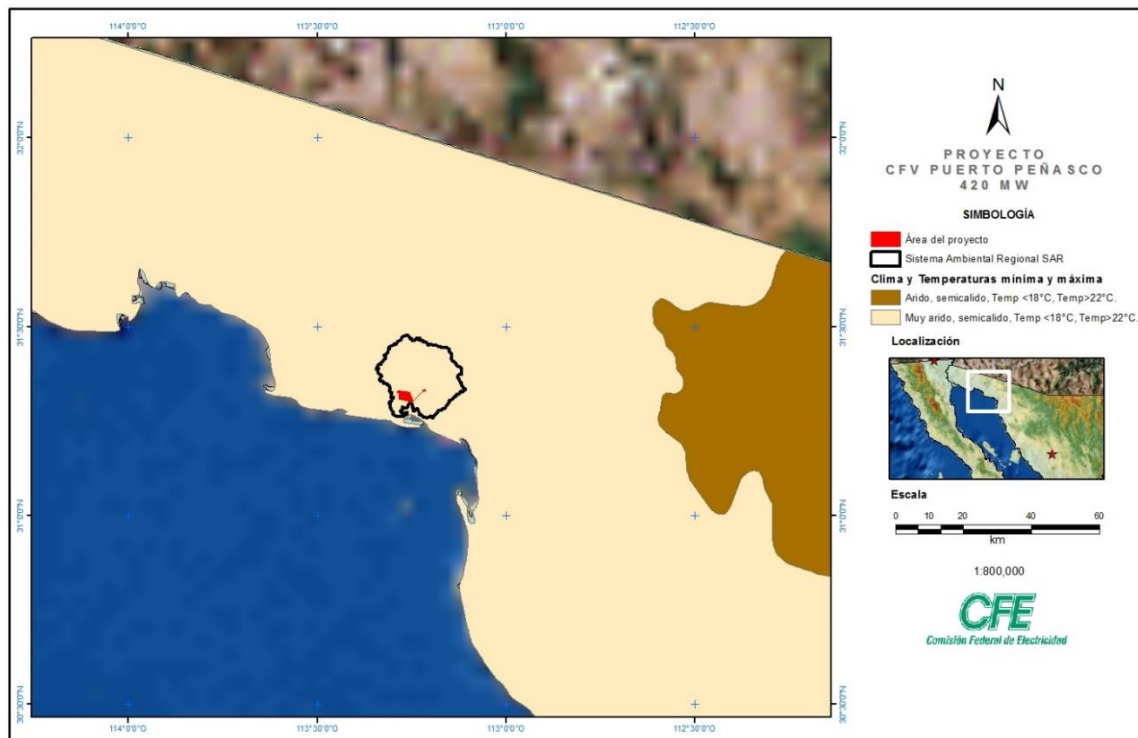


Figura IV.6. Tipo de clima presente en el SAR.

## **Temperaturas**

La temperatura media anual oscila entre 18 y 22° C y la temperatura máxima anual oscila entre los 18.8 y 28.8°C; mientras que la temperatura mínima anual oscila entre los 7.7° y 24° C.

En la región predominan condiciones térmicas de cálidas a lo largo del año. En la franja del litoral sonorenses se presentan temperaturas más bajas que en el litoral y llanuras de Baja California, debido a una surgencia de aguas frías en el NE del Golfo de California. La temperatura disminuye al aumentar la latitud en las laderas occidentales de la Sierra Madre Occidental. La temporada caliente abarca de mayo a octubre, presentando condiciones cálidas y semicálidas, en las partes más elevadas de las sierras prevalecen condiciones templadas. Por su ubicación en latitudes medias julio y agosto son los meses más cálidos, y ocurren temperaturas medias mayores a los 30°C, en toda la llanura costera sonorenses y el de Baja California, la temporada fría comprende de noviembre a abril en estas regiones. En la llanura de Sonora disminuye la temperatura sobre todo en la costa, con valores menores de los que se presentan tierra adentro, ya que se presenta la intrusión de una cuña de mayor temperatura de sur a norte. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales se clasifica como extremosa, y esta región climática está considerada como la de las máximas oscilaciones de todo el país. Los meses más calientes son de junio a septiembre debido a influencia marítima, enero es el mes más fresco, y la marcha de la temperatura muestra un máximo y un mínimo en la curva de la distribución mensual, lo cual es típico de la zona extratropical.

Tomando los datos de la estación meteorológica 26072 del Servicio meteorológico Nacional ubicada en la Ciudad de Puerto Peñasco, los datos obtenidos comprenden el periodo de 1981- 2010 (29 años), la temperatura media anual fue de 22.5°C, la temperatura máxima anual fue de 27.5°C y finalmente la temperatura mínima anual fue de 17.5°C. De acuerdo con la misma fuente la temperatura más baja registrada fue de -2°C y la más alta fue de 44.4°C.

**Tabla IV.1.- Estaciones meteorológicas.**

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: SONORA												PERIODO: 1981-2010	
ESTACION: 00026072 PUERTO PEÑASCO (SMN)	LATITUD: 31°19'00" N.				LONGITUD: 113°32'13" N.				ALTURA: 10.0 MSNM.				
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>													
NORMAL	19.1	20.3	23.2	26.1	29.3	32.5	34.9	35.7	35.0	30.3	24.5	18.8	27.5
MAXIMA MENSUAL	22.1	21.8	25.8	29.0	32.1	35.0	36.7	38.4	36.9	32.8	29.7	20.3	
AÑO DE MAXIMA	2003	1995	1997	1989	2001	2001	2001	1998	2001	1988	2001	2009	
MAXIMA DIARIA	28.0	31.2	37.0	40.6	39.0	41.0	41.8	42.4	41.8	40.0	33.2	24.2	
FECHA MAXIMA DIARIA	30/1997	19/1995	18/1997	14/2000	18/1986	20/1993	02/2001	29/1998	01/1987	07/1996	02/1997	24/2009	
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>													
NORMAL	14.2	15.4	17.7	20.5	23.9	27.3	31.0	31.6	30.2	24.8	18.9	14.3	22.5
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>TEMPERATURA MINIMA</b>													
NORMAL	9.3	10.5	12.3	14.9	18.5	22.2	27.2	27.6	25.4	19.2	13.3	9.8	17.5
MINIMA MENSUAL	6.0	7.8	10.2	12.9	15.5	19.6	25.5	25.7	23.3	16.4	10.7	9.0	
AÑO DE MINIMA	1987	1990	2006	2010	2010	2010	2006	1987	1986	1994	1994	2007	
MINIMA DIARIA	-2.4	0.0	5.0	7.2	9.8	14.0	11.8	20.8	17.8	8.0	2.4	3.4	
FECHA MINIMA DIARIA	18/1987	15/1990	07/2000	02/2010	24/2010	04/1999	31/1986	20/1989	26/1990	29/1991	30/2006	02/1991	
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>PRECIPITACION</b>													
NORMAL	5.9	8.9	6.3	2.9	0.1	0.3	3.8	1.6	8.3	7.8	5.1	15.0	66.0
MAXIMA MENSUAL	47.5	28.8	28.6	17.0	2.0	3.7	24.8	13.2	115.2	50.5	28.6	71.2	
AÑO DE MAXIMA	2010	1992	1988	1992	2008	2006	1990	2005	2003	1988	2007	1994	
MAXIMA DIARIA	34.3	24.3	28.6	10.6	2.0	3.7	20.0	8.2	73.2	35.6	24.6	24.4	
FECHA MAXIMA DIARIA	21/2010	12/1996	02/1988	01/1992	22/2008	30/2006	08/1990	06/2005	24/2003	14/1988	30/2007	27/1992	
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	20	16	22	23	24	14	
<b>EVAPORACION TOTAL</b>													
NORMAL	98.2	120.9	178.7	213.6	252.1	265.2	259.7	258.8	220.3	191.8	141.4	100.4	2,301.1
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	19	11	22	23	23	4	
<b>NUMERO DE DIAS CON LLUVIA</b>													
NORMAL	1.2	1.4	1.2	0.6	0.0	0.1	0.9	0.4	0.7	1.2	0.8	1.9	10.4
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	20	16	22	23	24	14	
<b>NIEBLA</b>													
NORMAL	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	2.0
AÑOS CON DATOS	17	17	19	19	17	16	15	6	15	17	15	4	
<b>GRANIZO</b>													
NORMAL	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
AÑOS CON DATOS	16	16	17	17	17	16	15	6	14	14	14	3	
<b>TORRENTA E.</b>													
NORMAL	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.9
AÑOS CON DATOS	17	17	18	17	17	16	17	8	16	16	15	4	

**Precipitación:**

Las precipitaciones totales y anuales registradas en la estación de Puerto Peñasco son de 162mm siendo agosto y septiembre los meses más lluviosos con un promedio de precipitación de 161 mm.

En el municipio de Puerto Peñasco, de acuerdo con los datos reportados de la estación meteorológica 26072, durante el periodo de 1981- 2010 (29 años), se registró una precipitación anual promedio de 66 mm.

La región se encuentra bajo la influencia de la faja subtropical de alta presión que se localiza en las proximidades del paralelo 30°N, por lo que predominan corrientes de aire descendentes muy estables. Durante el verano, con el desplazamiento hacia el norte de dicha faja, los alisios que tienen su origen en su borde sur dominan en la zona, son secos, continentales y también muy estables por descender de la Sierra Madre Occidental y sufrir calentamiento adiabático, la precipitación es escasa, de tipo convectivo.



La humedad disponible es introducida por las diferencias en presión entre el continente caliente y el océano relativamente fresco (efecto monzónico). Los ciclones tropicales que tienen origen en el Pacífico suelen invadir ocasionalmente la región y producir ligero aumento en la precipitación.

Durante el invierno, con el desplazamiento hacia el sur de la zona subtropical de alta presión, el área que nos ocupa queda bajo el dominio de los vientos del oeste, en el seno de los cuales viajan los ciclones extratropicales que tienen su origen en el Pacífico del norte y avanzan de oeste a este, si están bien desarrollados estos ciclones son capaces de cruzar las montañas de Baja California y de llegar a la región produciendo precipitación durante el invierno y en las partes elevadas en forma de nieve. La región tiene la característica de tener también lluvias en invierno con un porcentaje de 25%, que se representan con (x'). La aportación de lluvia por ciclones tropicales no es significativa, ya que sólo se tienen registros de tormentas y depresiones tropicales de cinco eventos, en un radio de influencia de 50 km.

### **Evaporación:**

El proceso de evaporación resulta ser considerable y muy superior al agua precipitada, debido a las escasas lluvias prevalecientes en la región, definiendo un balance precipitación- evaporación desequilibrado. El valor de evaporación media anual se calcula en 2,303.6 mm, registrándose los valores máximos durante los meses de abril a septiembre, período en el que la evaporación media mensual es superior a los 210 mm.

### **Fenómenos meteorológicos**

#### ***Masas de aire, frentes fríos y corrientes en chorro***

Las masas de aire frío, asociadas con los frentes fríos, se presentan generalmente de noviembre a marzo, resaltando su escasa influencia hacia finales de la primavera y prácticamente nula en el verano. Los frentes fríos que afectan la región son sistemas provenientes de latitudes polares, generalmente asociados con bajas presiones dinámicas y con corrientes en chorro y sus afectos son:

Marcado descenso de temperatura en 24 horas, generando una disminución en la temperatura de hasta 10 °C.

Vientos de moderados a fuertes de hasta 60 km/h de componente norte y noroeste.

Cielos nublados con lluvias de ligeras hasta fuertes y asociados con otros sistemas, incluso pueden provocar “nevadas” o caída de “agua nieve” en zonas altas.

Las bajas dinámicas que son sistemas de baja presión que se extienden desde la superficie hasta la alta tropósfera, se asocian con frentes fríos y con corrientes en chorro en forma de U, que, al penetrar su núcleo al territorio nacional, se les denominan tormentas invernales, las cuales se enumeran al ingresar al territorio nacional en forma consecutiva a su aparición. Sus efectos son:

Aumento de temperatura antes del paso del núcleo de la baja presión

Marcado descenso de temperatura al paso y posterior a paso de la tormenta.

Vientos de fuertes a violentos antes, durante y después del paso de la tormenta

La corriente en chorro, aunque se considera un sistema invernal, por la posición latitudinal de la zona de estudio es persistente gran parte del año, aunque tiene menor frecuencia los meses de junio a septiembre, provocan vientos de moderados a fuertes de dirección noroeste, oeste y finalmente suroeste.

Las masas de aire marítimo tropical se presentan prácticamente durante el verano, sus efectos provocan por lo general ambiente de caluroso a muy caluroso, favoreciendo temperaturas por arriba de los 35 °C. También favorece lluvias de ligeras a moderadas.

La afluencia de aire frío como ya se mencionó es generada por la circulación del sistema de alta presión semipermanente del Pacífico, el cual durante el verano se desplaza hacia el occidente y durante el invierno se mueve hacia el oriente, aproximándose al noroeste del territorio nacional. Esto favorece la entrada de aire frío y vientos de componente norte y noroeste y sus efectos provocan por lo general ambiente de templado a algo caluroso, así como tiempo estable durante los meses de invierno.

### ***Fenómenos especiales***

Los fenómenos especiales comprenden los días con granizo, los días con tormenta, los días con neblinas y los días con lluvia apreciable. Se cuenta con poca información estadística de estos eventos, y los valores son bajos, no se pueden realizar medidas de tendencia central y a la vez obtener alguna probabilidad futura, estos datos se obtuvieron de la estación climatológica 26-072 Puerto Peñasco (**Figura IV.7**).

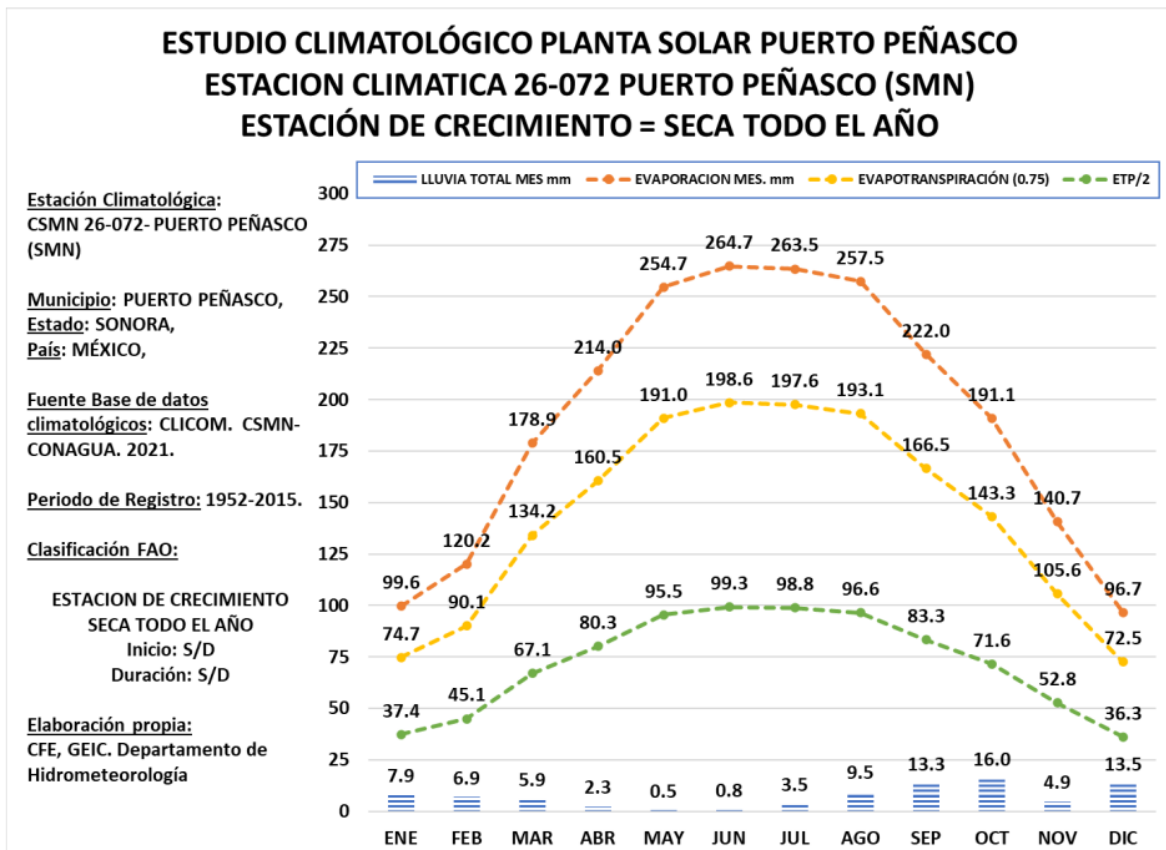


Figura IV.7. Estación climática 26-072.

### **Ciclones y huracanes:**

Los ciclones tropicales son fenómenos meteorológicos típicos de la temporada de verano por lo que en la zona de estudio tiene escasa afectación por estos sistemas. Depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes afectan indirectamente a la zona de estudio, su afectación por lo general es cuando están en etapa de disipación o como remanentes, o por sistemas de baja presión con potencial ciclónico. Estos sistemas al encontrarse muy cerca de las costas y dependiendo de la amplitud del radio del sistema, favorecen lluvias de fuertes a intensas.

### **Frecuencia**

De acuerdo con los registros del Departamento de Hidrometeorología de la GEIC-CFE actualizados al año 2020, la zona de la Central Fotovoltaica por su posición geográfica, es afectada en baja frecuencia por ciclones tropicales que se forman en la cuenca del Pacífico. Por otra parte, los ciclones tropicales provenientes del Océano Atlántico, Golfo de México y Mar Caribe, no presentan afectación al sitio de estudio.

Con lo que respecto a los días que los ciclones tropicales de ambos océanos (Pacífico y Atlántico) afectaron al sitio de la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco, Son., durante el mes de septiembre se tiene la mayor afectación por estos fenómenos meteorológicos con un registro de 1.7 días en promedio, seguido por el mes de octubre, sin embargo, promediando los días de afectación por el número de ciclones tropicales que provocaron dicha afectación octubre registra 2 días en promedio por ciclón tropical. En total se registraron 1.7 días de afectación por mes, por ciclones tropicales (Tabla IV.2, IV.3).

**Tabla IV.2.-** Resumen de días en que la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son., fue afectada por ciclones tropicales.

<i>MES</i>	<i>Días que afectaron</i>	<i>Ciclones que afectaron por mes</i>	<i>Promedio de días que afectaron por ciclón</i>
Agosto	7	5	1.4
Septiembre	22	13	1.7
Octubre	10	5	2.0
Suma	39	23	1.7

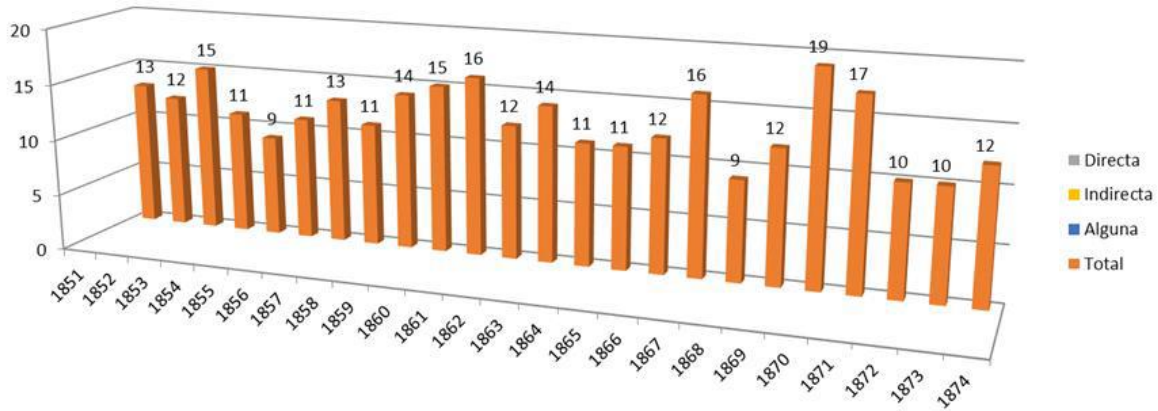
**Tabla IV.3.** Frecuencia anual de ciclones del Océano Pacífico que afectaron la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son.

<i>Año</i>	<i>Ciclones del Pacífico que afectaron la zona de estudio</i>	<i>Total de Ciclones formados en el Pacífico</i>
1951	1	15
1958	1	19
1959	1	19
1960	1	14
1962	1	19
1963	1	19
1965	1	23
1967	1	27
1968	1	30
1972	1	17
1976	1	22
1989	1	31
1992	1	41
1993	1	24
1997	1	36
2001	1	23
2003	1	22
2004	1	24
2006	1	26
2014	1	27
2015	1	34
2016	1	26
2018	1	26

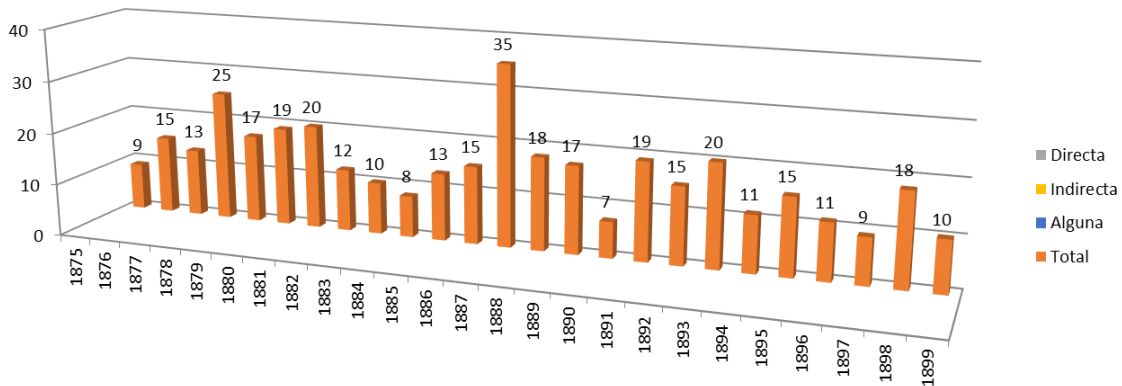
En la tabla anterior (IV.3) se puede observar que todos los años en que la zona de la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco, Son., se vio afectada por un ciclón tropical igualaron con registro de uno en cada año.

En las siguientes gráficas (**Figuras IV.8 a IV.14**) podemos observar el número de ciclones tropicales que afectaron y si dicha afectación fue directa (ciclones que se desplazaron a

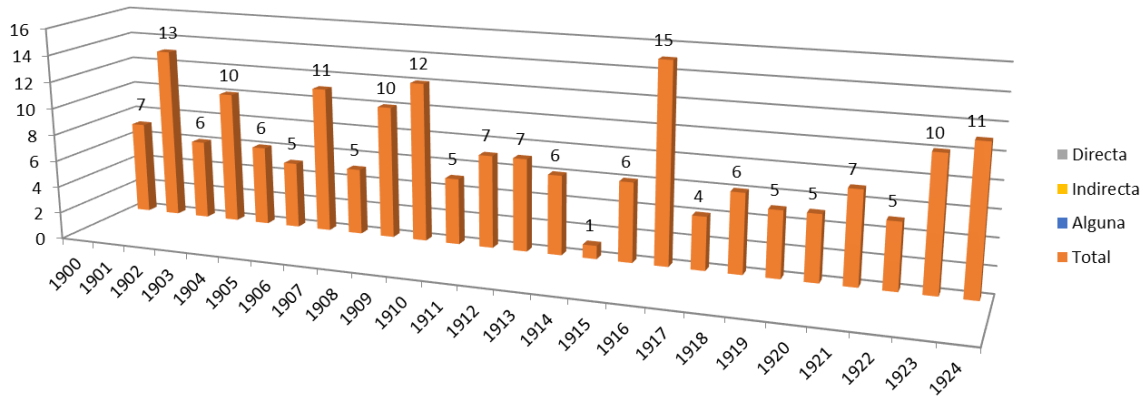
menos de 85 km), indirecta (ciclones que pasaron entre los 85 km y los 150 km) o algún tipo de afectación (ciclones que pasaron entre los 150 km y los 300 km).



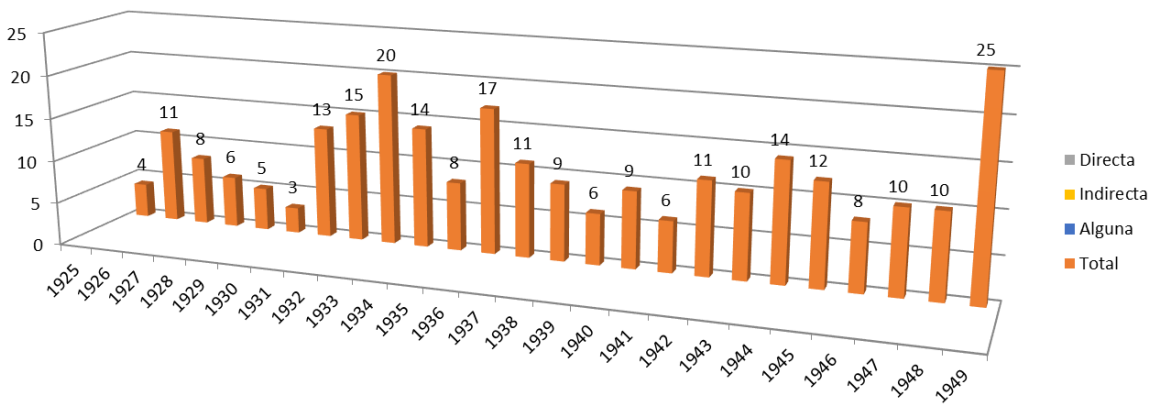
**Figura IV.8.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1851-1874).



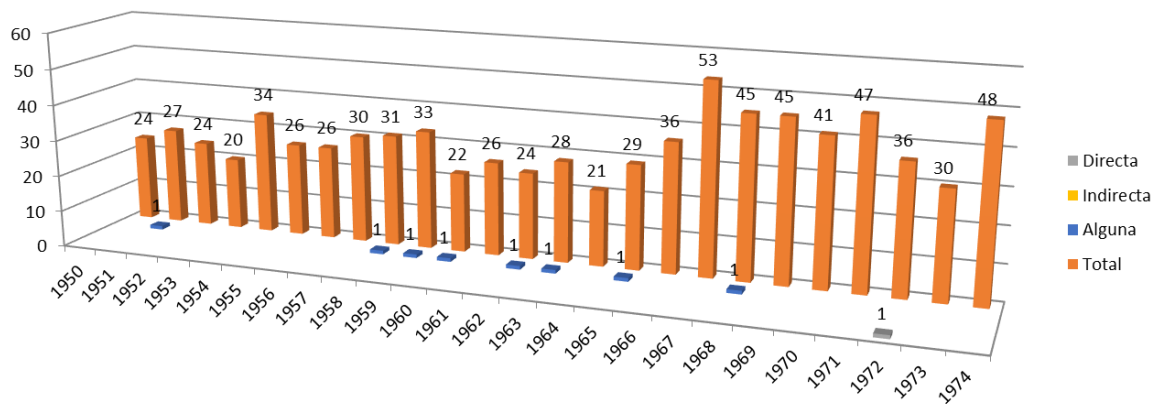
**Figura IV.9.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1875-1899).



**Figura IV.10.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1900-1924).



**Figura IV.11.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1925-1949).



**Figura IV.12.** Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1950-1974).

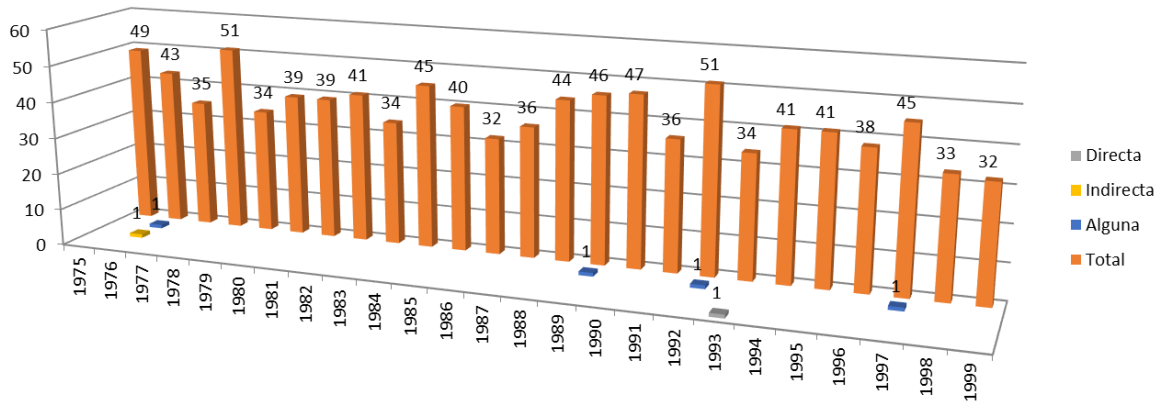


Figura IV.13. Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (1975-1999).

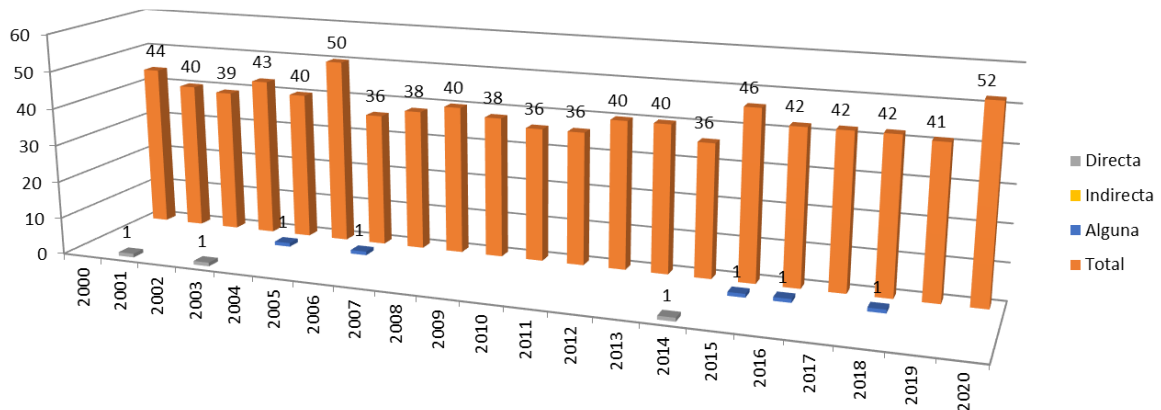


Figura IV.14. Número de ciclones que afectaron a la zona de estudio (2000-2020).

- Frecuencia de ciclones tropicales con afectación directa

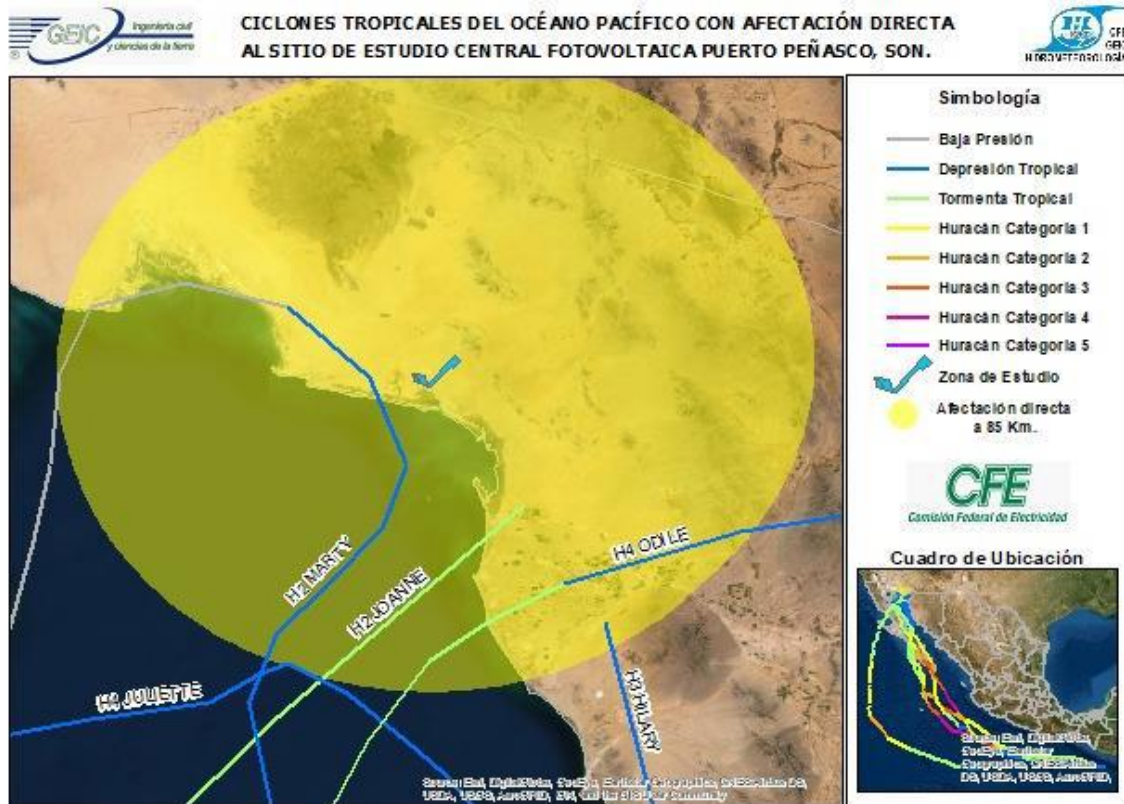
En la base de datos de los ciclones tropicales en el **Océano Pacífico** se contabilizó un total de 1261 eventos formados entre los años de 1902 a 2020; de los cuales cinco ciclones tropicales afectaron directamente el área de estudio. (La distancia del centro del ciclón tropical al sitio de estudio, para considerarlo de afectación directa es de hasta 85 km); mientras que, en el **Océano Atlántico**, no se ha tenido afectación directa (**Tabla IV.4**).



**Tabla IV.4.** Ciclones tropicales del Océano Pacífico que afectaron la zona de estudio de la CFV Puerto Peñasco, Son. de forma directa.

No. De Ciclón	Año	Nombre	Categoría máxima	Viento máximo (km/h)	Presión mínima (hpa)	Periodo	Categoría máxima de afectación	Viento máximo de afectación (km/h)	Distancia mínima de afectación (km)	Categoría asociada a la distancia mínima de afectación	Viento asociado a la distancia mínima de afectación (km/h)	Mes de afectación
Océano Pacífico 1902-2020												
1	1972	JOANNE	H2	157	971	30/Sep-6/Oct	TT	74	40	TT	74	Oct
2	1993	HILARY	H3	194	957	17-27/Ago	DT	46	78	DT	46	Ago
3	2001	JULIETTE	H4	232	923	21/Sep-2/Oct	DT	56	84	DT	56	Oct
4	2003	MARTY	H2	157	970	18-25/Sep	DT	56	9	DT	46	Sep
5	2014	ODILE	H4	222	918	9-17/Sep	TT	65	64	TT	65	Sep
Ciclones en el Océano Pacífico 1902-2020											1261	
Ciclones tropicales del Océano Pacífico que afectaron directamente (menos de 85 km de distancia)											5	

Los ciclones tropicales con afectación directa se describen a continuación (Figura IV.15):



**Figura IV.15.** Trayectorias del océano Pacífico que tuvieron afectación directa a la zona de estudio de la CFV. Puerto Peñasco, Son.

El primer ciclón tropical que afectó la zona de estudio se presentó en el año de 1972. Un huracán de categoría 2 en la escala Saffir-Simpson que afectó la zona de la central foto voltaica como tormenta tropical, se generó frente a la costa de Guerrero el 30 de septiembre

y el 6 de octubre impactó la costa central de Baja California acercándose 40 km al sureste del sitio considerado para la Central Fotovoltaica como depresión tropical provocando vientos de 74 km/h. El 17 de agosto de 1993 se formó frente al Golfo de Tehuantepec un ciclón tropical llamado “Hilary” que se intensificó hasta huracán categoría 3 en la escala Saffir-Simpson, sin embargo en su desplazamiento paralelo a la costa occidente del país debilitó su intensidad, el día 26 impactó la costa occidente central de Baja California sur como tormenta tropical, cruzó al mar de Cortés y ese mismo día impactó como depresión tropical la costa central de Sonora donde se disipó; el día 27, se desplazó 78 km al sureste de la de estudio para la Central Fotovoltaica como depresión tropical provocando vientos de 46 km/h. El siguiente ciclón tropical que afectó la zona del proyecto para la central fotovoltaica se presentó del 21 de septiembre al 02 de octubre del 2001, un huracán categoría 4 llamado “Juliette” que afectó al Área del Proyecto como depresión tropical acercándose 84 km al sur-suroeste provocando vientos de 56 km/h. El siguiente ciclón tropical que afectó la zona de estudio fue “Marty”, un huracán categoría 2 que se presentó del 18 al 25 de septiembre del 2003 afectando al área de estudio como depresión tropical acercándose a tan sólo 9 km al occidente provocando vientos de 56 km/h. El siguiente y último ciclón tropical con afectación directa fue “Odile” del 9 al 17 de septiembre del 2014, un ciclón tropical que también se generó frente a la costa de Guerrero y se desplazó paralelo a la República Mexicana al mismo tiempo que se intensificó hasta llegar a huracán categoría 4 en la escala Saffir-Simpson; impactó como huracán categoría 3 la península de Baja California para después desplazarse sobre tierra hacia el norte y posteriormente hacia el noroeste impactando a Sonora como tormenta tropical; se acercó 64 km al sureste del área para la Central Fotovoltaica como tormenta tropical provocando vientos de 65 km/h.

- Frecuencia de ciclones tropicales con afectación indirecta

De la base de datos de los ciclones tropicales el **Océano Pacífico** tiene un total de 1261 ciclones tropicales formados entre los años 1902 y 2020, de los cuales sólo 1 ciclón tropical afectó indirectamente a la zona propuesta para la Central Fotovoltaica, la distancia del centro del ciclón tropical al área propuesta para la Central Fotovoltaica, para considerarlo de afectación indirecta, está entre 85 y 150 km. De la base de datos del **Océano Atlántico, Golfo de México y Mar Caribe**, no se tiene afectación indirecta (**Tabla IV.5**).



De acuerdo a la información de ciclones tropicales con afectación directa e indirecta, se observa que de la mayoría son depresiones tropicales, también se presentaron dos tormentas tropicales y un huracán categoría 1, por lo que dichos sistemas pudieron causar algunas lluvias y vientos fuertes, sin embargo, no se tiene registros de datos relevantes durante la presencia de estos fenómenos en la zona propuesta para la Central Fotovoltaica.

Con el análisis de los ciclones anteriores de afectación directa e indirecta, se puede concluir lo siguiente:

1. La zona donde se prevé construir la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco, Son., es poco vulnerable a los ciclones tropicales, debido a que las aguas del mar cercanas a dicha zona con menos cálidas y debilitan considerablemente a estos fenómenos meteorológicos.
2. Además, los ciclones tropicales al desplazarse sobre tierra van perdiendo intensidad hasta disiparse, por las características de un ciclón tropical como son intensidad y velocidad de desplazamiento es que algunos logran desplazarse durante más tiempo sobre tierra, como es el caso de algunos de ciclones tropicales que más se han acercado a la zona de la Central Fotovoltaica.
3. El ciclón tropical que más se acercó al Área del Proyecto fue “Marty” en septiembre del 2003 a sólo 9 km al occidente como depresión tropical produciendo vientos de 56 km/h, sin embargo el huracán “Katrina” que se desplazó 130 km al occidente como huracán categoría 1 durante septiembre de 1967 ocasionó vientos de hasta 139 km/h, la mayor afectación por vientos en la zona de estudio, lo que nos confirma que la afectación de éstos fenómenos depende de la intensidad y la distancia con la que se desplacen.
4. La incidencia de ciclones tropicales en el área propuesta para la construcción la Central Fotovoltaica es muy baja, sólo durante los meses de agosto, septiembre y octubre es que estos fenómenos meteorológicos logran desplazarse hasta el área de estudio.

## **Geología**

### a) Geología Regional.

En la zona de estudio las unidades litológicas que afloran varían en edad desde el Proterozoico hasta el Cuaternario, dentro del terreno Caborca. Las rocas más antiguas que constituyen el basamento Proterozoico inferior-medio, consisten principalmente de gneis y esquisto (pTimGn-E) de la facies esquistos verdes-anfibolita cuyos protolitos fueron rocas vulcanosedimentarias e intrusiones de granito, afloran como cuerpos de roca y techos colgantes como consecuencia del emplazamiento de los granitoides emplazados durante el Pérmico. La unidad se encuentra intrusionada por granito Pérmico, y está cubierta por las unidades volcánicas y sedimentarias del Terciario y Cuaternario. En el área de la cantera Él

solito, las rocas metamórficas tienen reporte de edades U-Pb en zircones de 1,725 y 1,764 Ma, y 1,595, 1,641 y 1,709 Ma. Se correlaciona con rocas metamórficas del Proterozoico que presentan características similares a las que están expuestas en el desierto de Sonora, en la región de Quitovac, en donde están fechadas en 1,777 Ma, y en la mina La Herradura -1.71-1.68 Ga (**Figura IV.17.**, Carta Geológico-Minera Sierra Pinta H12-A33, SGM).

Existen extensos afloramientos de granito Pérmico (PpGr), que intrusionan a las rocas más antiguas. Forman parte de los contados afloramientos de rocas intrusivas de esta edad en Sonora. Los que se extienden por la mayor parte de la Sierra Pinta y en pequeños cuerpos de granito en el flanco oeste de la Sierra Prieta. El granito exhibe dos diferentes litologías, la de grano grueso, el más antiguo, es melanocrático con rocas oscuras en las cuales el granate es escaso; y otro más joven, leucocrático, de rocas claras blanquecinas, de grano fino-medio con mayor cantidad de granate que intrusiona al anterior, y que en algunas localidades gradúa a pegmatita. En las rocas plutónicas la deformación es menos intensa y poco definida. Las dataciones isotópicas obtenidas en granito de la Sierra Pinta, tienen edades U-Pb en zircones entre -275 y -258 Ma. Esta unidad de rocas plutónicas de edad pérmica puede correlacionarse con rocas similares del cinturón cordillerano del sur-oeste de Norteamérica, en Nevada, California y Arizona."

En la porción sur-este de la Sierra Prieta, se encuentran expuestos dos pequeños cuerpos de granito (Jm(?)Gr) de probable edad Jurásico medio; en una relación cortante y por falla lateral derecha con las rocas metamórficas del basamento Proterozoico. Se correlaciona con rocas del Jurásico que presentan características similares en afloramientos de la región del desierto de Sonora, donde se reportan edades U-Pb en zircones que varían entre 177 Ma y 165 Ma.

En porción media está expuesto un reducido afloramiento de conglomerado polimíctico (TomCgp) del Oligoceno-Mioceno, al norte de la mina La Pinta. Presenta clastos y bloques angulosos de esquisto, cuarzo de veta y granito. La estratificación es muy gruesa, con planos mal definidos. Cubre discordantemente a rocas metamórficas del Proterozoico, y a su vez está sobreyacida por andesita-dacita. Se correlaciona con las Formaciones Tubutama y Báucarit.

La unidad andesita-dacita (Tm A-Da) asignada al Mioceno, cubre concordantemente a la unidad anterior, presenta afloramientos aislados y de dimensiones reducidas en la porción oriental de la Sierra Pinta y al sur-este de la cantera Él Solito. Los derrames de dacita presentan pliegues de flujo. La unidad es correlacionable con las rocas volcánicas dacíticas expuestas en la zona de la mina La Herradura, en donde se reporta una edad por Ar-Ar en dacita, de 23 Ma. La unidad de toba riolítica (TmTR) cubre a las rocas anteriores. Se encuentra pseudoestratificada con niveles de aglomerado intercalados, y afloramientos restringidos al oriente de la Sierra Pinta. La unidad grava y arena (Qptgv-ar), está expuesta en la Sierra Pinta y en algunas porciones de la Sierra Prieta. Cubre los flancos de las sierras constituidas por rocas metamórficas proterozoicas, intrusivas pérmicas y volcánicas terciarias.

Los depósitos eólicos del Holoceno (Qhoo) cubren la mayor parte del área de estudio. Conforman dunas de arena cuya fuente de sedimentos se atribuye al delta del río Colorado, las cuales muestran un avance hacia el nor-este. Los sedimentos arcillo-arenosos palustres (Qhopa) con materia orgánica se localizan en las zonas pantanosas del estero La Pinta. Los sedimentos lacustres con arena, limo, arcilla y sal (Qhola), se acumularon en lagunas marginales. Los sedimentos litorales (Qholi) de arena y grava forman barras relacionadas a la acción de las corrientes litorales. Los aluviones (Qhoal) consisten de grava, arena y limo, depositados sobre el cauce de los ríos y arroyos, que, en esta zona, se encuentran invadidos por las arenas eólicas.

b) Geología estructural

La deformación dúctil se presenta como foliación bien desarrollada en el gneis y el esquistos del basamento metamórfico Proterozoico. Tiene rumbo preferencial N 05°-40°W con inclinación promedio de 59° al nor-este y 58° al sur-oeste. En algunos casos la foliación se orienta al N 10°-55° E con inclinación promedio de 47° al nor-oeste. También se observa foliaciones plegadas. En las rocas intrusivas del Pérmico la foliación está menos definida, y la que se observa se orienta al N 10°-64° W con inclinación promedio de 62° al sur-oeste; mientras que algunos datos tienen rumbo N 05°-25° E con inclinación promedio de 27° al nor-oeste, y 56° al sur-este. La lineación mineral en las rocas metamórficas presenta un trend and plunge de 30° al N 35°-50° W, y 30° al S 61° W. En las intrusiones pérmicas es de 15° al S 30°-35° E.

La deformación dúctil-frágil se observa en las rocas metamórficas proterozoicas de la Sierra Prieta como pliegues anticlinales y sinclinales inferidos a partir de los datos de foliación. Los pliegues tienden a ser ligeramente asimétricos, con planos axiales orientados NW-SE.

La deformación frágil la constituyen fallas normales y fallas con desplazamiento lateral dextral y sinistral. En las normales, destaca el rumbo N-S, con inclinaciones que varían de 35° a 70° al este. Otras fallas normales tienen rumbo al NE con inclinaciones 10° 66° al nor-oeste, y E-W con inclinación de 70° al norte y al NW con echados de alto ángulo al sur-oeste.

El sistema de fallas normales con rumbo N-S como la Norte y La Sierra, y NE como las fallas Derrumbe, Palo Verde, y Pedregosa fragmentan la Sierra Pinta para conformar un conjunto de bloques escalonados hacia el oeste y nor-este.

En la Sierra Pinta existen fallas con desplazamiento lateral izquierdo como la falla Lechuza, y derecho como la falla La Choya orientadas al NE, que parecen ser más recientes que las fallas normales N S a las que desplazan. De manera similar, en la Sierra Prieta se presenta un sistema con desplazamiento lateral como El Carro, Quelites, La Rumba y Espinas, que desplazan a las fallas normales Atascada y Arroyo.

Un caso especial es la falla Dunas que tiene rumbo al NE, y desplazamiento lateral derecho que separa el pilar tectónico Sierra Pinta de la fosa de Altar. Esta depresión a escala regional conforma una cuenca de desgarre del tipo pull-apart. La falla Dunas parece ser una estructura cortical compleja que evolucionó posiblemente desde el Mesozoico, comportándose inicialmente como falla de desplazamiento lateral izquierdo para después cambiar el sentido del movimiento cuando inició la tectónica que originó la apertura del Golfo de California. La importancia de dicha estructura regional se debe a que dentro de la cuenca de desgarre de forma rómbica, se ubican numerosos depósitos de oro orogénico como La Herradura, Quitovac, La Choya y Nochebuena. De esta manera, la falla Dunas representa el límite oeste de la cuenca y la hipotética falla Mojave-Sonora, el límite oriental.

c) Tectónica

El basamento Proterozoico de la región está constituido por rocas metamórficas de la facies esquistos verdes-anfibolita que se ubican dentro del bloque Caborca, el cual representa una fracción del cratón de Norteamérica desplazado hacia el sur-este a lo largo de la propuesta falla Mojave-Sonora en el Jurásico tardío. Este bloque alóctono se compone de gneis, esquistos y anfibolita intrusionado por granito de 1.8-1.7 de Ga, de 1.4 y de 1.1 de Ga que incluye anortositas. Los eventos orogénicos del Paleoproterozoico en Arizona incluyen acreción de arcos insulares al cratón; cabalgamientos, fallas de deslizamiento lateral, y arcos volcánicos continentales con sucesivos cierres de cuencas trasarco. Trabajos recientes con un enfoque tectónico alternativo que incluye estudios geocronológicos, geoquímicos e isotópicos del basamento cristalino proterozoico, establecen la relación con las provincias paleoproterozoicas del sur-oeste de Estados Unidos. Proponen la continuación hacia Sonora de las provincias paleoproterozoicas Mohave, Yavapai y Mazatzal por medio de un doblez oroclinal al que denominan Oroclinal Caborca. De esta manera, las rocas del basamento Yavapai y Mojave serían autóctonas con respecto al basamento Mazatzal.

Al cierre del Paleozoico y principios del Mesozoico, se registra un cambio en la tectónica de placas, de una margen pasiva a una convergente. En Sonora, las rocas ígneas que sugieren un magmatismo de edad Permo-Triásico son escasas. La Sierra Pinta es una de las pocas localidades en donde afloran rocas pérmicas conocidas con edades de zircones entre 258-275 Ma. Durante el Jurásico se desarrolla un arco magmático con características continentales y marinas relacionado con una subducción oblicua de la placa Farallón por debajo de la placa norteamericana. Las edades de este arco magmático varían entre 180-170 Ma para las rocas volcánicas, y entre 175-150 Ma para las intrusivas, el cual fue truncado por una falla de corrimiento lateral izquierdo llamada megacizalla Mojave-Sonora, con desplazamiento de 800 km durante el Jurásico, es decir hace aproximadamente 156-146 Ma.

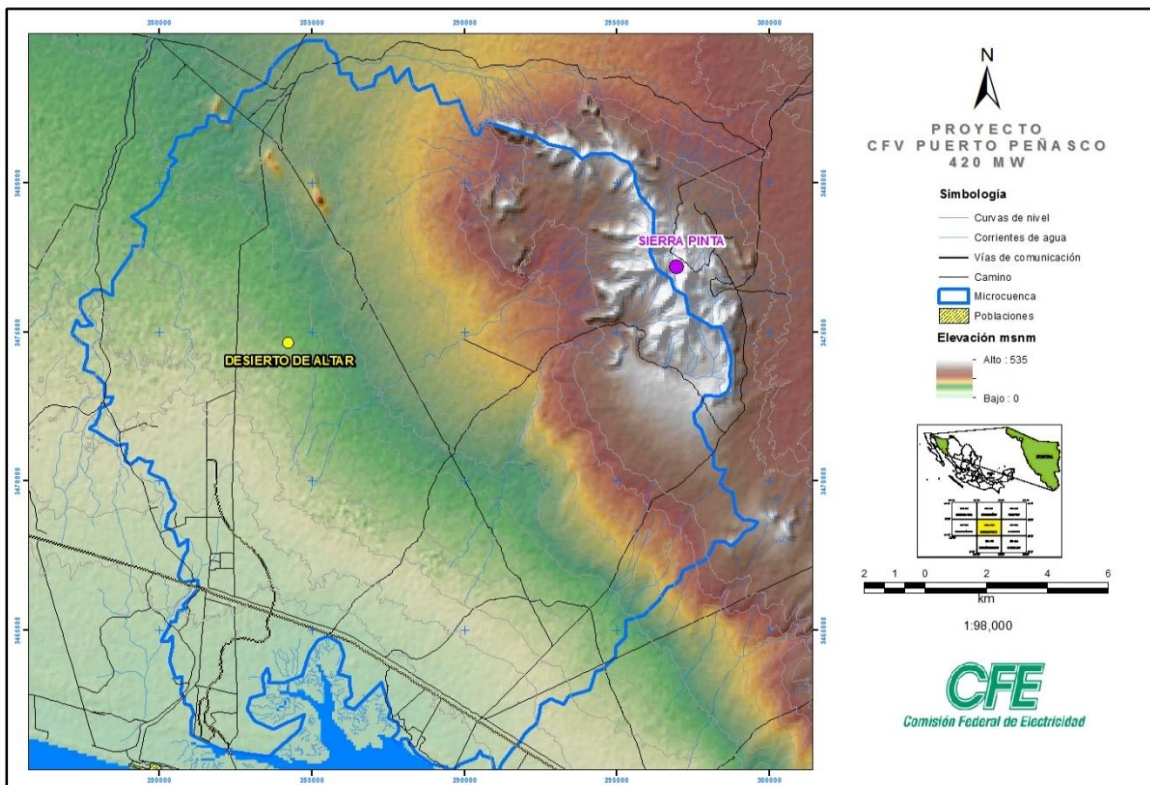




### Geomorfología

El área de estudio se ubica en la provincia fisiográfica denominada Llanura Sonorense la cual abarca la mayor parte del estado de Sonora, esta provincia forma una franja con orientación noroeste – sureste paralela a la costa. En ella se encuentran las subprovincias de Desierto de Altar, y Sierras y Llanuras Sonorenses. La subprovincia Desierto de Altar se distingue por tener campos de dunas y llanuras, éstas últimas con alturas entre 0 y 200 msnm. La subprovincia Sierras y Llanuras Sonorenses se diferencia de la anterior por presentar sierras aisladas en dirección noroeste - sureste y norte - sur, con alturas que van de 200 a 1,400 msnm, con llanuras y lomeríos ubicados entre ellas.

Dentro de la microcuenca las alturas varían entre los 0 y 535 msnm (**Figura IV.18**), esta máxima elevación corresponde a la Sierra denominada La Pinta la cual es una sierra con orientación noroeste-sureste de unos 35 km de longitud. Para clasificar el nivel de pendiente de la zona se utilizó la clasificación propuesta por CENAPRED, 2004 para peligros y riesgos, considerando lo siguiente: plano a suave de 0° a 15° (amarillo), inclinado de 15.1° a 25° (naranja claro), moderadamente inclinado de 25.1° a 35° (naranja medio), altamente inclinado de 35.1° a 45° (naranja fuerte) y fuertemente inclinado mayor a 45.1° (rojo). De acuerdo a esto en el área de estudio predominan pendientes suaves (**Figura IV.19**).



**Figura IV.18.** Mapa de elevación del área de interés.

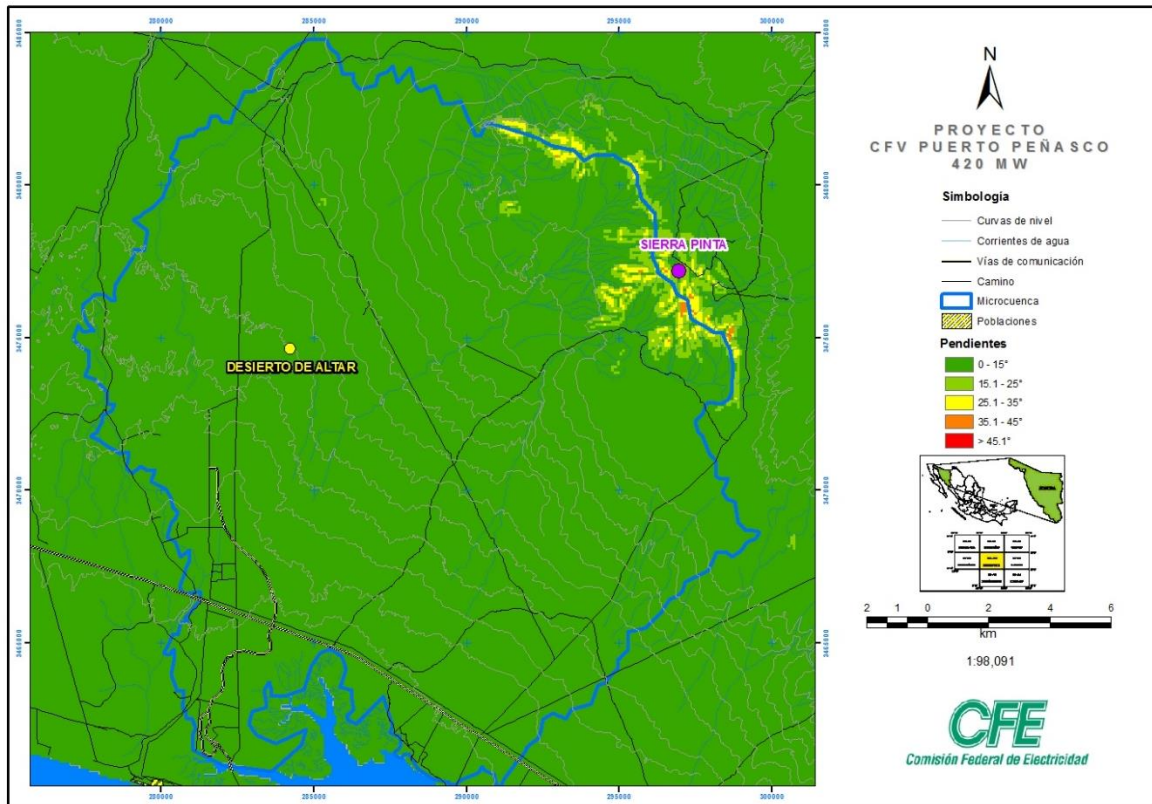


Figura IV.19. Mapa de pendientes del área de interés.

### Edafología

En el Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto se pueden encontrar siete tipos de suelo, propios de las zonas desérticas (**Figura IV.20**):

- Fluvisol calcarico
- Litosol
- Regosol Calcarico
- Regosol Eutrico
- Solonchak Ortico
- Yermosol Calcico
- Yermosol Luvico

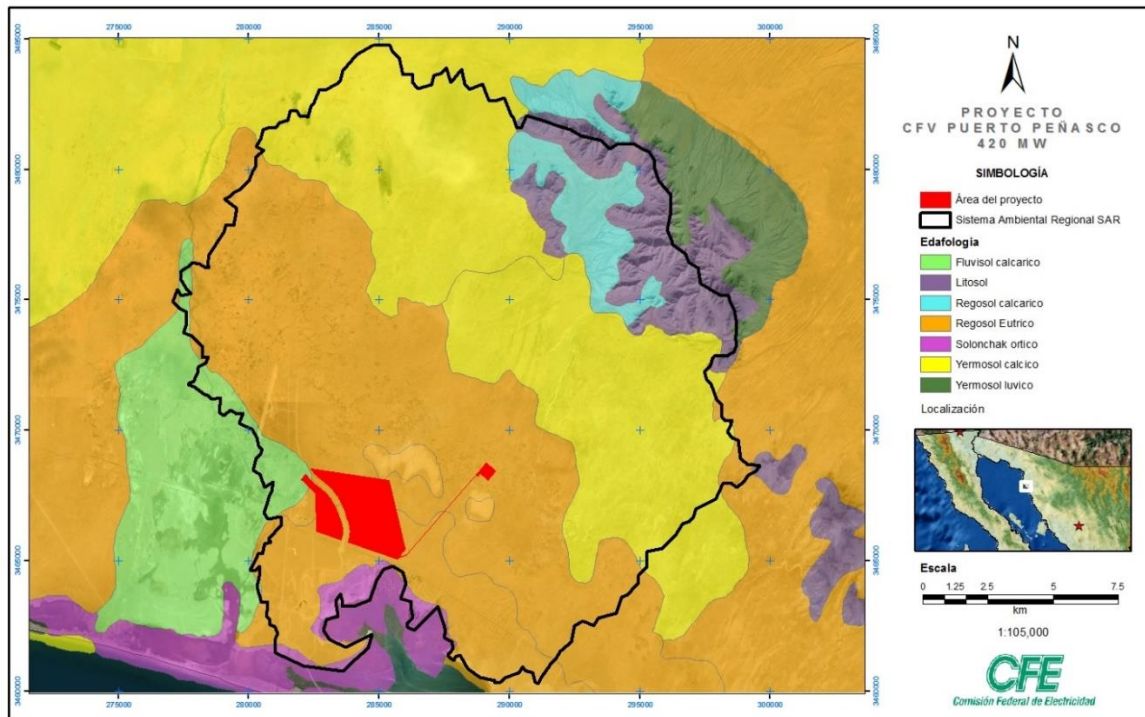


Figura IV.20. Tipos de suelo.

### Características del suelo

**Fluvisol calcárico:** Formado por material aluvial reciente, presenta un descenso irregular del contenido de materia orgánica de profundidad y cambios de textura, depositado en el lecho de ríos, arroyos y zonas de escorrentía superficial proveniente de las bajadas de los altos topográficos. Generalmente se encuentran caracterizados por la presencia de sucesivas capas sedimentarias de granulometría muy variable, en función de la energía que lleva el agua al momento de la deposición, los colores varían de pardos claros a oscuros, su pH varía dependiendo de su ubicación de neutros a ligeramente alcalinos. El continuo rejuvenecimiento de estos suelos por los aportes periódicos hace que tenga un grado de evolución muy escaso, presenta un contenido de calcio muy variable, que oscila entre el 20% y el 50% debido al aporte de material carbonatado de la región. Son suelos de alta fertilidad y susceptibles de incrementar su productividad con prácticas agrícolas relativamente sencillas. Por su incipiente desarrollo, son suelos muy vulnerables a la erosión.

**Litosol:** Se encuentran básicamente en las elevaciones montañosas, en profundidades que van desde la roca desnuda y acumulaciones intersticiales de suelo hasta suelos con profundidades menores de 10 cm, en la zona regularmente se hallan asociados con Regosoles que son suelos jóvenes y de poco desarrollo que presentan, en alto grado, las

características del material del que se originan, esta asociación es muy común en todas las zonas montañosas del Estado. La asociación I+Re/2 (litosol más regosol éútrico con textura media) es la más importante, pues además de su extensa distribución en la microcuenca, en ella concurren las vegetales de mayor biomasa (ver apartado de vegetación) en el área de estudio, además de su capacidad de infiltrar y almacenar agua, estos suelos resultan fácilmente erosionables con pendientes fuertes.

**Regosoles:** Estos suelos proceden de materiales no consolidados, presentan una profundidad de perfil de más de 50 cm, y sus colores son claros, de texturas gruesas a medias, de buen drenaje y no son salinos. Se encuentran principalmente en los piedemontes de los cerros y en los lomeríos de las partes bajas; las unidades presentes en la microcuenca son dos, los regosoles éútricos (Re) y los regosoles calcáricos (Rc); los primeros se encuentran frecuentemente asociados con fluvisoles éútricos y los segundos con yermosoles lúvicos.

Los regosoles calcáricos son suelos que provienen de materiales no consolidados excluyendo a materiales de texturas gruesas o que muestran propiedades flúvicas. Son suelos que presentan homogeneidad en todas sus características ya sean físicas, químicas o morfológicas. Se encuentran sobre geoformas como planicies de inundación y antiguas terrazas aluviales, así como en laderas y lomeríos. Son suelos de textura arenosa, bien drenados.

Los regosoles éútricos (predominan en el AP) son suelos distribuidos sobre materiales originales no consolidados, derivados de rocas metamórficas, lechos rojos, areniscas y lutitas carbonosas, presentan mayor heterogeneidad en sus materiales parentales debido a los procesos geológicos de tectonismo. Presentan contenidos bajos de materia orgánica, reacción ligeramente alcalina.

Los regosoles éútricos son de color café rojizo, de textura franco arenosa, contenidos medios de materia orgánica, y reacción neutra.

**Solonchak órtico:** Suelos salinos con alto porcentaje de sodio intercambiable (PSI) ( $C_{es} > 15$  dS/m a 25°C en los 30 cm superiores o  $C_{es} > 4$  dS m<sup>-1</sup> a 25°C en los 30 cm superiores si el pH (1:1) agua >8.5).

Los suelos de esta unidad ocupan las depresiones de las llanuras deltaicas y bajas, por lo cual se inundan periódicamente por más de 8 meses del año con aguas dulces y salinas, muestran características de un hidromorfismo ligero; su estructura es generalmente de bloques angulares y subangulares grandes; sus colores varían de pardos oscuros en superficie a más claros y brillantes en profundidad; presentan horizontes de diagnóstico (A) móllico o (B) cámbico sódico/cálcico; su pH es mayor de 8.5 por la presencia de sales solubles.

La formación de estos suelos se caracteriza por presentar procesos con ciclos de movilización, redistribución y acumulación de cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos sódicos, cálcicos y magnésicos, cuya concentración y precipitación se renueva e incrementa anualmente por los procesos de inundación y evaporación a que están sometidos estos terrenos que funcionan como cubetas de decantación. Estos suelos están ampliamente distribuidos en depresiones del fondo de la Llanura Costera del Pacífico, donde resultan adversos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos y sólo se cubren por pastos salados y manglares.

**Yermosol:** Estos suelos presentan un régimen de humedad árido con un horizonte A ócrico y un horizonte de diagnóstico cálcico, son de baja fertilidad. Son suelos localizados en las zonas más áridas del norte del país.

Los tipos de suelo denominados Yermosol cálcico y Yermosol lúvico son suelos enriquecidos con carbonatos o con arcilla que recubre los terrones, respectivamente, son suelos de colores claros en todo el perfil, o con subsuelos pardos rojizos (lúvicos) que poseen altos contenidos de minerales como carbonatos de calcio y magnesio, mientras que el contenido de nitratos y nitritos es bajo. Son frecuentemente suelos profundos, aunque los hay con limitantes físicas a menos de un metro de profundidad, como caliche, grava o roca.

### **Análisis de riesgo de erosión hídrica en el SAR**

Para atender este punto se revisó y se ajustaron los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) Roder, *et al.*, 2006<sup>1</sup>, para hacer el cálculo estimado de erosión, es importante mencionar que para los siguientes análisis se utilizarán los datos más actualizados (1981-2010) del Servicio Meteorológico Nacional de la estación Puerto Peñasco, Son., No. 26072, la más cercana, con información del área del proyecto Tabla VI.1. A continuación se presenta el cálculo para estimar la erosión hídrica en la Microcuenca Sierra Pinta, bajo las condiciones actuales con vegetación.

**Factor R.-** La determinación de este factor es sin duda el más importante, ya que la lluvia es el agente activo de la erosión, además de ser muy variable de un sitio a otro. Para determinar el factor R se consideró la precipitación media de la estación con información meteorológica de la CONAGUA más próxima a nuestro proyecto, en la siguiente tabla se presenta la información. En este caso corresponde a la estación 26072 Puerto Peñasco que registra una precipitación anual de **66 mm** y por su ubicación espacial se ubica en la región de erosividad 2. Con estos valores y aplicando una serie de ecuaciones obtenemos el siguiente valor del factor **R = 256.25**.

---

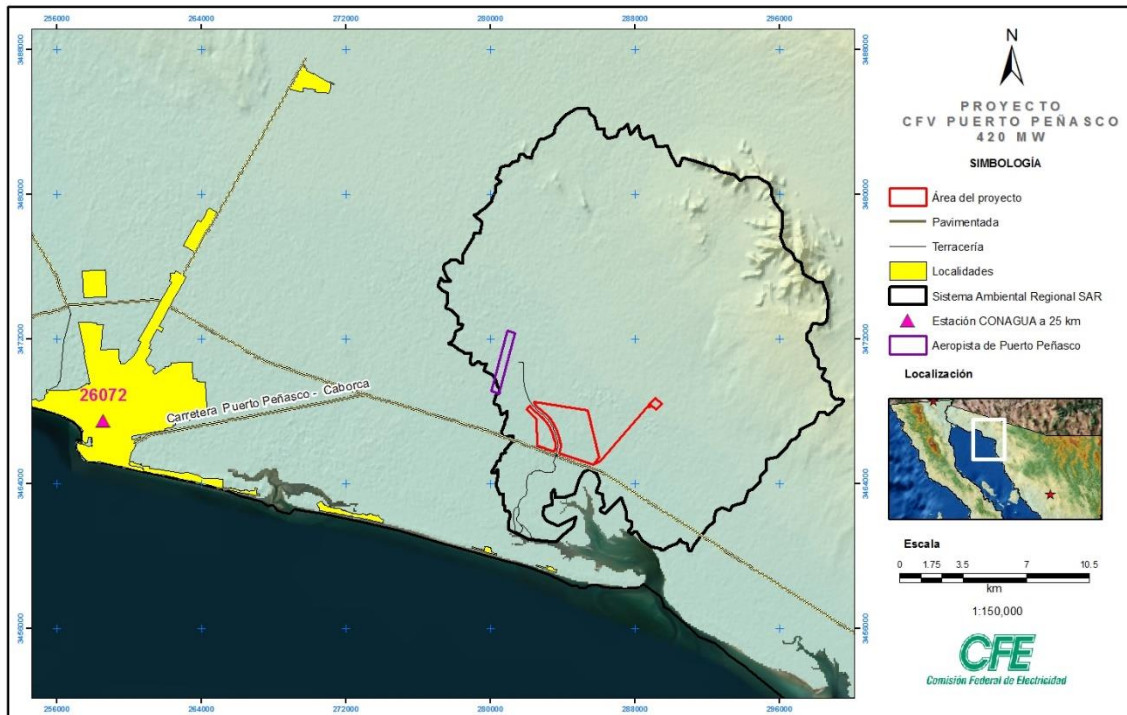
<sup>1</sup> Roder J Villavicencio G. y Zarazúa P.2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo "USLE" en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida "Sierra de Quila" Avances en la investigación científica en el CUCBA.

**Factor K.**- Este factor representa la susceptibilidad del suelo ante la erosión hídrica. Su valor depende del contenido de materia orgánica, textura superficial, estructura del suelo y permeabilidad. En este caso seleccionamos el **código de textura 1** que corresponde a una textura Arena, y el **código de materia orgánica 1**, que nos indica un porcentaje de materia orgánica de entre 0.0 - 0.5; con estos datos nos arroja un valor de **K** de **0.005**.

**Factor LS.** - El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores longitud (L) y grado de pendiente (S). Mediante los valores de la cota inicial y final del área de interés, así como su longitud, obteniendo por el tipo de vegetación lo siguiente: Matorral Sarcocaula 8.038, Matorral Desértico Micrófilo 1.905, Vegetación Desiertos Arenosos 4.032, Vegetación Halófila Hidrófila 0.917 y Sin Vegetación 0.964 respectivamente, se aplica una ecuación que nos proporciona el valor ponderado del Factor **LS = 4.270** (Tabla IV.6, Figura IV.21).

**Tabla IV.6.** Estación meteorológica Puerto Peñasco (26072), CONAGUA.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: SONORA													
PERIODO: 1981-2010													
ESTACION: 00026072 PUERTO PEÑASCO (SMN)				LATITUD: 31°19'00" N.				LONGITUD: 113°32'13" W.				ALTURA: 10.0 MSNM.	
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>													
NORMAL	19.1	20.3	23.2	26.1	29.3	32.5	34.9	35.7	35.0	30.3	24.5	18.8	27.5
MAXIMA MENSUAL	22.1	21.8	25.8	29.0	32.1	35.0	36.7	38.4	36.9	32.8	29.7	20.3	
AÑO DE MAXIMA	2003	1995	1997	1989	2001	2001	2001	1998	2001	1988	2001	2009	
MAXIMA DIARIA	28.0	31.2	37.0	40.6	39.0	41.0	41.8	42.4	41.8	40.0	33.2	24.2	
FECHA MAXIMA DIARIA	30/1997	19/1995	18/1997	14/2000	18/1986	20/1993	02/2001	29/1998	01/1987	07/1996	02/1997	24/2009	
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>													
NORMAL	14.2	15.4	17.7	20.5	23.9	27.3	31.0	31.6	30.2	24.8	18.9	14.3	22.5
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>TEMPERATURA MINIMA</b>													
NORMAL	9.3	10.5	12.3	14.9	18.5	22.2	27.2	27.6	25.4	19.2	13.3	9.8	17.5
MINIMA MENSUAL	6.0	7.8	10.2	12.9	15.5	19.6	25.5	25.7	23.3	16.4	10.7	9.0	
AÑO DE MINIMA	1987	1990	2006	2010	2010	2010	2006	1987	1987	1986	1994	2007	
MINIMA DIARIA	-2.4	0.0	5.0	7.2	9.8	14.0	11.8	20.8	17.8	8.0	2.4	3.4	
FECHA MINIMA DIARIA	18/1987	15/1990	07/2000	02/2010	24/2010	04/1999	31/1986	20/1989	26/1990	29/1991	30/2006	02/1991	
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	24	19	14	21	23	24	4	
<b>PRECIPITACION</b>													
NORMAL	5.9	8.9	6.3	2.9	0.1	0.3	3.8	1.6	8.3	7.8	5.1	15.0	66.0
MAXIMA MENSUAL	47.5	28.8	28.6	17.0	2.0	3.7	24.8	13.2	115.2	50.5	28.6	71.2	
AÑO DE MAXIMA	2010	1992	1988	1992	2008	2006	1990	2005	2003	1988	2007	1994	
MAXIMA DIARIA	34.3	24.3	28.6	10.6	2.0	3.7	20.0	8.2	73.2	35.6	24.6	24.4	
FECHA MAXIMA DIARIA	21/2010	12/1996	02/1988	01/1992	22/2008	30/2006	08/1990	06/2005	24/2003	14/1988	30/2007	27/1992	
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	20	16	22	23	24	14	
<b>EVAPORACION TOTAL</b>													
NORMAL	98.2	120.9	178.7	213.6	252.1	265.2	259.7	258.8	220.3	191.8	141.4	100.4	2,301.1
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	19	11	22	23	23	4	
<b>NUMERO DE DIAS CON LLUVIA</b>													
NORMAL	1.2	1.4	1.2	0.6	0.0	0.1	0.9	0.4	0.7	1.2	0.8	1.9	10.4
AÑOS CON DATOS	24	25	25	25	25	24	20	16	22	23	24	14	
<b>NIEBLA</b>													
NORMAL	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	2.0
AÑOS CON DATOS	17	17	19	19	17	16	15	6	15	17	15	4	
<b>GRANIZO</b>													
NORMAL	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
AÑOS CON DATOS	16	16	17	17	17	16	15	6	14	14	14	3	
<b>TORRENTA E.</b>													
NORMAL	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.9
AÑOS CON DATOS	17	17	18	17	17	16	17	8	16	16	15	4	



**Figura IV.21.** Localización de la estación meteorológica de CONAGUA, Puerto Peñasco.

**Factor C.-** El factor de protección C (cobertura del suelo) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0. Para el Matorral Sarcocaula 0.230, Matorral Desértico Micrófilo 0.180, Vegetación Desiertos Arenosos 0.200, Vegetación Halófila Hidrófila 0.170 y Sin Vegetación 0.450 respectivamente, resultando un valor ponderado de **C=0.204**.

**Factor P.-** Como última alternativa para reducir la erosión de los suelos se tiene el uso de las prácticas de conservación de suelos para no alcanzar las pérdidas de suelo máximas permisibles. El factor P se estima comparando las pérdidas de suelo de un lote con prácticas de conservación y un lote desnudo, el valor que se obtiene varía de 0 a 1. Para este caso se consideró el valor 1 por que en el sitio actualmente no se realiza ninguna practica de manejo, **P= 1**.

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$E = R \times K \times LS \times C \times P$$

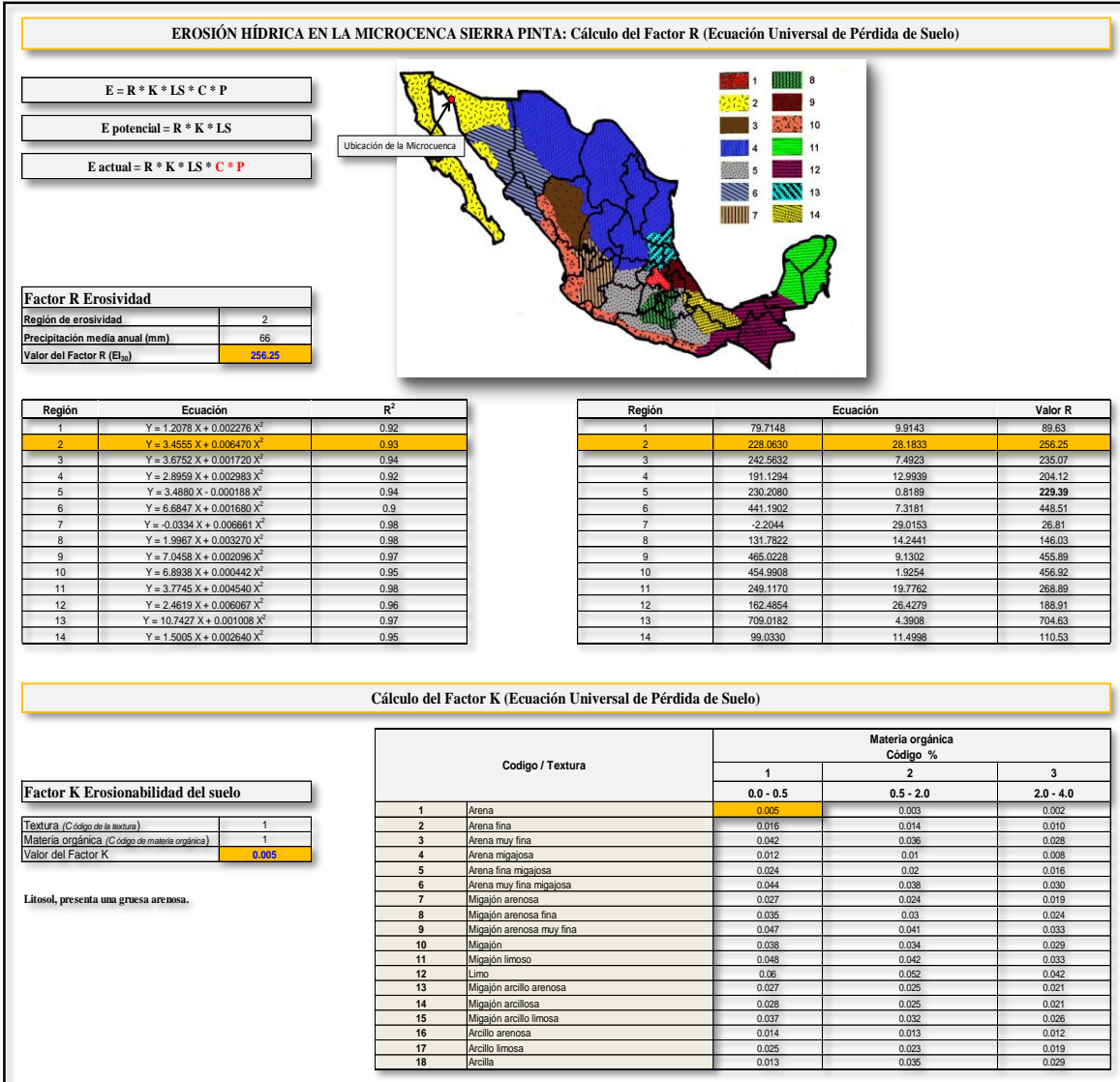
$$E = 256.25 \times 0.005 \times 4.270 \times 0.204 \times 1.0$$

**E= 1.12 t/ha/año**

De acuerdo con el cálculo realizado tenemos que el riesgo de erosión actual en la Microcuenca Sierra Pinta es de **1.12 t/ha/año** ver **Tabla IV.7**. Las memorias de cálculo de la erosión hídrica actual se presentan a continuación y están disponibles en formato Excel dentro del Anexo IV.1.



**Tabla IV.7. Cálculo de la erosión hídrica actual en la Microcuenca Sierra Pinta.**



**Cálculo del Factor K (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

**Factor K Erosionabilidad del suelo**

Textura (Código de la textura)	1
Materia orgánica (Código de materia orgánica)	1
Valor del Factor K	0.005

Litoso, presenta una gruesa arenosa.

Codigo / Textura	Materia orgánica Código %		
	1	2	3
	0.0 - 0.5	0.5 - 2.0	2.0 - 4.0
1 Arena	0.005	0.003	0.002
2 Arena fina	0.016	0.014	0.010
3 Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
4 Arena migajosa	0.012	0.01	0.008
5 Arena fina migajosa	0.024	0.02	0.016
6 Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
7 Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
8 Migajón arenosa fina	0.035	0.03	0.024
9 Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
10 Migajón	0.038	0.034	0.029
11 Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
12 Limo	0.06	0.052	0.042
13 Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
14 Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
15 Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
16 Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
17 Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
18 Arcilla	0.013	0.035	0.029

**Tabla IV.7. (Continuación).**

Cálculo del Factor LS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)								
<b>Factor LS longitud y grado de pendiente</b>		$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$						
Tipo de vegetación								
	M. sarcocaulis	M. Des Micro	Veg Des Arenosos	Halofita hidrófila	Sin veg			
Largo del polígono (m)	5440	3613	18208	2245	1670			
Superficie (ha)	2935.63	232.6	31432.6	551.61	355.31	35507		
Cota inicial (HI) (m)	135	65	1	0	25			
Cota final (HF) (m)	435	120	255	12	40			
S (°)	5.515	1.522	1.371	0.535	0.898			
Valor del Factor LS	8.038	1.905	4.032	0.917	0.964			
	23597.678	443.035	126743.213	505.796	342.395	<b>4.270</b>		
Cálculo del Factor C Manejo del Cultivo (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)								
Tipo de vegetación:		M. sarcocaulis	M. Des Micro	Veg Des Arenosos	Halofita hidrófila	Sin veg	Superficie Total (ha)	
Superficie por tipo de vegetación	Hectáreas	2935.63	232.6	31432.6	551.61	355.31	35,507.75	
	% ponderado	<b>8.27</b>	<b>0.66</b>	<b>88.52</b>	<b>1.55</b>	<b>1.00</b>	<b>100.00</b>	
Cobertura aérea (tipo y altura)		Arbustos con alturas promedio de entre 1.5 y 2.0 m	Arbustos con alturas promedio de 1.5 a 2.0 m	Arbustos con alturas promedio de 1 m	Maleza con alturas promedio de 1.5 m	Sin vegetación		
Porcentaje de cobertura de copa		20	15	10	10	2		
Cobertura del suelo	Tipo	M	M	M	P	P		
	Porcentaje	10	8	5	5	1		
Valor del Factor C		<b>0.230</b>	<b>0.190</b>	<b>0.200</b>	<b>0.170</b>	<b>0.450</b>		
Cobertura aérea Tipo y altura		Cobertura en contacto con la superficie del suelo (%)						
		Tipo(*)	0	20	40	60	80	95
Cobertura no apreciable		P	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
		M	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Malezas altas o arbustos con alturas promedio de caída de gotas de 1 a 2 m	25	P	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		M	0.36	0.20	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	P	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		M	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	P	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		M	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Arbustos numerosos con alturas promedio de caída de gotas de 2 m	25	P	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.40	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	P	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		M	0.34	0.19	0.13	<b>0.082</b>	0.041	0.011
	75	P	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		M	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
Arbustos y cactáceas promedio de caída de gotas de 3 - 4 m	25	P	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
		M	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	P	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.39	0.21	0.14	<b>0.087</b>	0.042	0.011
	75	P	0.36	0.17	0.09	0.039	0.012	0.003
		M	0.36	0.20	0.13	0.084	0.041	0.011

\*P-Factos M-Malezas

Tipo de cobertura y valor del factor C		Cobertura	Factor C
Bosque de Pino			0.001
Bosque de Encino			0.001
Bosque de Pino - encino			0.001
Bosque abierto de Pino-encino			0.150
Sabla baja caducifolia			0.010
Regeneración/reforestación			0.080
Agricultura de temporal			0.700
Agricultura de riego			0.600
Pastizal inducido			0.030
Áreas sin vegetación aparente			1.000
Sombras			1.000

Fuente: Roder et al. 2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo "USLE" en SKI para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida "Sierra de Quila" Avances en la investigación científica en el CUCBA.

**Factor C Manejo del Cultivo**		**Valor del Factor C (ponderado)**				
		**0.294**				
Cálculo del Factor P (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)						
**Factor P Prácticas de control de erosión**						
Práctica (Código de la textura)	0					
Eficiencia (Código de eficiencia)	0					
**Valor del Factor P**		**1**				
Nota: El área de cálculo no está sujeta a ninguna práctica agrícola, por lo que se le asignó un valor de 1.						

Código de Práctica	Descripción	Código de Eficiencia				
		Máximo	1	2	3	4
1	Surcado al contorno	0.75	0.8	0.85	0.9	
2	Surcos rectos	0.8	0.85	0.9	0.95	
3	Franjas al contorno*	0.6				
4	Terrazas (2-7 % de pendiente)	0.5	0.65	0.7	0.75	0.8
5	Terrazas (7-13 % de pendiente)	0.6				
6	Terrazas (mayor de 13 %)	0.8				
7	Terrazas de Banco	0.1				
8	Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05				
9	Surcado lister	0.5				
10	Ripper	0.6				
11	Terrazas de Zing	0.1				
0	Sin práctica de manejo	<b>1.0</b>				

| **Estimación de la erosión** | | **1.12 t/ha/año** | | | | |

## Análisis de riesgo de erosión eólica en el SAR.

La erosión eólica es el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento. Es mayor a medida que disminuye la cubierta vegetal, porque existe una menor resistencia para que se inicie el movimiento y arrastre de las partículas de suelo, para obtener los valores actuales en la Microcuenca/SAR Sierra Pinta, se utiliza el siguiente modelo desarrollado por la FAO-Colegio de Postgraduados y publicado por la SEDUE, 1988.

$$\text{EROE} = \text{IAVIE} \times \text{CATEX} \times \text{CAUSO} \quad (1)$$

Dónde:

**EROEO** = Erosión Eólica (ton/ha/año).

**IAVIE** = Índice de agresividad del viento.

**CATEX** = Calificación de textura y fase del suelo.

**CAUSO** = Calificación por uso del suelo. (cobertura de vegetación)

**IAVIE**: Se calcula partiendo de la variable PECRE con la siguiente fórmula:

$$\text{IAVIE} = 160.8252 - 0.7660 (\text{PECRE}) \quad (2)$$

El valor de **PECRE** se calcula de la siguiente forma:

Donde:

**PECRE** = Periodo de crecimiento, definido por la FAO (1978) como el número de días al año en los que existe disponibilidad de agua y una temperatura favorable para el desarrollo de los cultivos.

Este se obtiene a partir de la Carta de Precipitación o mediante los datos de precipitación media anual de la estación más cercana, empleando la siguiente fórmula.

$$\text{PECRE} = 0.2408 (\text{Precipitación media}) - 0.0000372 (\text{Precipitación media})^2 - 33.1019 \quad (3)$$

Dónde: **PREC** = Precipitación media anual (66 mm)

Los datos de **CATEX** y **CAUSO** se obtuvieron de tablas de valores predeterminados de calificación de textura y fase de suelo, y por uso del suelo (cobertura de vegetación) (**Tabla IV.8**).

**Valores de Erodabilidad para Suelos calcáreos**

CATEX	Textura y Fase Física de los suelos calcáreos
3.5	1
1.75	2
1.85	3
<b>0.87</b>	<b>Gravosa o Pedregosa</b>

**Valores de Erodabilidad para Suelos no calcáreos**

CATEX	Textura	Fase Física
3.5	1	*
1.25	2	*
1.85	3	*
1.75	1	Grav o Pedr.
0.62	2	Grav o Pedr.
0.92	3	Grav o Pedr.

Grav. = Gravosa Pedr. = Pedregosa

**Tabla IV.8.** Valores de la variable CAUSO según el tipo de vegetación (FAO, 1980).

Uso de suelo y vegetación	CAUSO	Superficie (ha)	% Ponderado
Agricultura de riego	0.8		
Agricultura de temporal	0.8		
Asentamientos humanos	0		
Bosque de encino	0.1		
Bosque de encino secundario	0.11		
Bosque de encino - pino	0.1		
Bosque de galería	0.05		
Bosque de pino	0.1		
Bosque de pino - encino secundario	0.11		
Chaparral	0.11		
Cuerpo de agua	0		
Matorral desértico micrófilo	<b>0.15</b>	232.6	<b>0.66</b>
Vegetación Desiertos Arenc	<b>0.15</b>	31432.6	<b>88.52</b>
Matorral sarcocuale	<b>0.15</b>	2935.6	<b>8.27</b>
Matorral desértico rosetófilo	0.15		

Uso de suelo y vegetación	CAUSO	Superficie (ha)	% Ponderado
Selva baja espinosa	0.15		
Mezquital	0.15		
Selva baja espinosa	0.12		
Pastizal halófilo	0.12		
Pastizal inducido	0.12		
Pastizal natural	0.12		
Sin vegetación aparente	<b>0.4</b>	355.3	<b>1</b>
Vegetación de galería	0.1		
Vegetación halófila	<b>0.12</b>	551.6	<b>1.55</b>
Zona urbana	0		
Veget. Sec. arbustiva	0.15		
Veget. Sec. arborea	0.15		

Variable CAUSO Ponderada	0.15
--------------------------	------

Al sustituir los valores y realizar las operaciones de los diferentes componentes de la ecuación, calculamos la EROEO. Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IV.2.

El área de la Microcuenca o SAR es de 35,507 ha (**Tabla IV.9**).

**Tabla IV.9.** Erosión eólica en la Microcuenca Sierra Pinta.

Erosión Eólica en la Microcuenca Sierra Pinta									
Precipitación (mm), (PREC)	PECRE	IAVIE	Textura del suelo	CATEX	Vegetación	CAUSO	Microcuenca Sierra Pinta (ha)	Tasa de erosión	
								EROEO Microcuenca (t/año)	EROEO (t/ha/año)
66	-17.37	174.13	Gruesa	0.87	Desiertos arenosos	0.15	35,507.0	817,813.2	23.032
Perdida de suelo por erosión eólica en la microcuenca (t/ha/año)									23.032

**Análisis de riesgo de erosión hídrica en el área del proyecto (condiciones actuales).**

**Factor R.-** La determinación de este factor es sin duda el más importante, ya que la lluvia es el agente activo de la erosión, además de ser muy variable de un sitio a otro. Para determinar el factor R se consideró la precipitación media de la estación con información meteorológica de la CONAGUA más próxima a nuestro proyecto, En este caso corresponde a la estación 26072 Puerto Peñasco que registra una precipitación anual de **66 mm** y por su ubicación espacial se ubica en la región de erosividad 2. Con estos valores y aplicando una serie de ecuaciones obtenemos el siguiente valor del factor **R = 256.25**.

**Factor K.-** Este factor representa la susceptibilidad del suelo ante la erosión hídrica. Su valor depende del contenido de materia orgánica, textura superficial, estructura del suelo y permeabilidad. En este caso se determinó el **código de textura 1** que corresponde a una textura Arena, y el **código de materia orgánica 1**, que nos indica un porcentaje de materia orgánica de entre 0.0 - 0.5; con estos datos nos arroja un valor de **K** de **0.005**.

**Factor LS.** - El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores longitud (L) y grado de pendiente (S). Mediante los valores de la cota inicial y final del área de interés, así como su longitud, obteniendo por el tipo de vegetación lo siguiente: Matorral Desértico Micrófilo 1.905, se aplica una ecuación que nos proporciona el valor para este Factor de **LS = 1.338**.

**Factor C.-** El factor de protección C (cobertura del suelo) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0. Para el Desértico Micrófilo 0.180, resultando un valor ponderado de **C=0.200**.

**Factor P.-** Como última alternativa para reducir la erosión de los suelos se tiene el uso de las prácticas de conservación de suelos para no alcanzar las pérdidas de suelo máximas permisibles. El factor P se estima comparando las pérdidas de suelo de un lote con prácticas

de conservación y un lote desnudo, el valor que se obtiene varía de 0 a 1. Para este caso se consideró el valor 1 por que en el sitio actualmente no se realiza ninguna practica de manejo, **P= 1.**

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$E= R \times K \times LS \times C \times P$$

$$E= 256.25 \times 0.005 \times 1.338 \times 0.200 \times 1.0$$

$$E= \underline{0.34 \text{ t/ha/año}}$$

De acuerdo con el cálculo realizado tenemos que el riesgo de erosión actual en el área del proyecto en condiciones actuales es de **0.34 t/ha/año (Tabla IV.10)** Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IV.3.

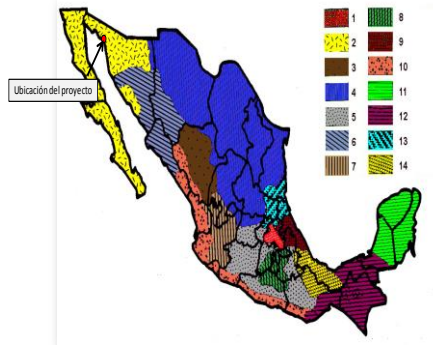
**Tabla IV.10. Erosión hídrica en el Área del Proyecto.**

**EROSIÓN HÍDRICA EN EL ÁREA DEL PROYECTO: Cálculo del Factor R (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

$E = R * K * LS * C * P$

$E \text{ potencial} = R * K * LS$

$E \text{ actual} = R * K * LS * C * P$



Factor R Erosividad	
Región de erosividad	2
Precipitación media anual (mm)	66
Valor del Factor R (E <sub>h</sub> )	256.25

Región	Ecuación	R <sup>2</sup>
1	$Y = 1.2078 X + 0.002276 X^2$	0.92
2	$Y = 3.4555 X + 0.006470 X^2$	0.93
3	$Y = 3.6752 X + 0.001720 X^2$	0.94
4	$Y = 2.8959 X + 0.002983 X^2$	0.92
5	$Y = 3.4880 X - 0.000188 X^2$	0.94
6	$Y = 6.6847 X + 0.001680 X^2$	0.9
7	$Y = -0.0334 X + 0.006661 X^2$	0.98
8	$Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2$	0.98
9	$Y = 7.0458 X + 0.002096 X^2$	0.97
10	$Y = 6.8938 X + 0.000442 X^2$	0.95
11	$Y = 3.7745 X + 0.004540 X^2$	0.98
12	$Y = 2.4619 X + 0.006067 X^2$	0.96
13	$Y = 10.7427 X + 0.001008 X^2$	0.97
14	$Y = 1.5005 X + 0.002640 X^2$	0.95

Región	Ecuación	Valor R	
1	79.7148	9.9143	89.63
2	228.0630	28.1833	256.25
3	242.5632	7.4922	235.07
4	191.1294	12.9939	204.12
5	230.2080	0.8189	229.39
6	441.1902	7.3181	448.51
7	-2.2044	29.0153	26.81
8	131.7822	14.2441	146.03
9	465.0228	9.1302	455.89
10	454.9908	1.9254	456.92
11	249.1170	19.7762	268.89
12	162.4854	26.4279	188.91
13	706.0182	4.3906	704.63
14	99.0330	11.4998	110.53

**Cálculo del Factor K (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Factor K Erosionabilidad del suelo	
Textura (Código de la textura)	1
Materia orgánica (Código de materia orgánica)	1
Valor del Factor K	0.005

Litosis, presenta una gruesa arenosa.

Codigo / Textura	Materia orgánica Código %		
	1 0.0 - 0.5	2 0.5 - 2.0	3 2.0 - 4.0
1 Arena	0.005	0.003	0.002
2 Arena fina	0.016	0.014	0.010
3 Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
4 Arena migajosa	0.012	0.01	0.008
5 Arena fina migajosa	0.024	0.02	0.016
6 Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
7 Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
8 Migajón arenosa fina	0.035	0.03	0.024
9 Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
10 Migajón	0.038	0.034	0.029
11 Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
12 Limo	0.06	0.052	0.042
13 Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
14 Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
15 Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
16 Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
17 Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
18 Arcilla	0.013	0.005	0.009

**Tabla IV.10. (Continuación).**

**Cálculo del Factor LS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Factor LS longitud y grado de pendiente

$$LS = (L)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

Tipo de vegetación	
Veg Des Arenosos	
4793	
3412	
813.52	
4	
100	
2.003	
2.677	
<b>1.338</b>	

813.52

Largo del polígono (m)	
Ancho (m)	
Superficie (ha)	
Cota inicial (Hi) (m)	
Cota final (Hf) (m)	
S (%)	
Valor del Factor LS	
Valor del Factor LS (Ponderado)	

**Cálculo del Factor C Manejo del Cultivo (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Tipo de vegetación:		Veg Des Arenosos	Superficie Total (ha)
Superficie por tipo de vegetación	Hectáreas	813.52	813.52
	% ponderado	100.00	100.00
Cobertura aérea (tipo y altura)		Arbustos con alturas promedio de 1 m	
Porcentaje de cobertura de copa		10	
Cobertura del suelo	Tipo	M	
	Porcentaje	9	
Valor del Factor C		<b>0.209</b>	

Cobertura aérea Tipo y altura	Porcentaje de cobertura	Cobertura en contacto con la superficie del suelo (%)						
		Tipo(*)	0	20	40	60	80	95
Cobertura no apreciable		P	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
		M	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Malesas altas o arbustos con altura promedio de caída de gotas de 1 a 2 m	25	P	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		M	0.36	<b>0.20</b>	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	P	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		M	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	P	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		M	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Arbustos numerosos con alturas promedio de caída de gotas de 2 m	25	P	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.40	<b>0.22</b>	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	P	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		M	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	P	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		M	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
Arbustos y cactáceas promedio de caída de gotas de 3 - 4 m	25	P	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
		M	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	P	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
	75	P	0.36	0.17	0.09	0.039	0.012	0.003
		M	0.36	0.20	0.13	0.084	0.041	0.011

\*P-Pastos M-Malesas

Tipo de cobertura	Factor C
Bosque de Pino	0.001
Bosque de Encino	0.001
Bosque de Pino - encino	0.001
Bosque abierto de Pino-encino	0.150
Selva baja caducifolia	0.010
Regeneración/reforestación	0.080
Agricultura de temporal	0.700
Agricultura de riego	0.600
Pastizal inducido	0.030
Áreas sin vegetación aparente	1.000
Sombras	1.000

Fuente: Roder et al., 2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo "USLE" en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida "Sierra de Quila" Avances en la investigación científica en el CUCBA.

Factor C Manejo del Cultivo

Valor del Factor C (ponderado) **0.209**

**Cálculo del Factor P (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Factor P Prácticas de control de erosión

Práctica (Código de la práctica)	0
Eficiencia (Código de eficiencia)	0
Valor del Factor P	<b>1</b>

Nota: El área de cálculo no está sujeta a ninguna práctica agrícola, por lo que se le asignó un valor de 1.

Código de Práctica	Código de Eficiencia					
	Máximo	1	2	3	4	Mínimo
1	Surcado al contorno	0.75	0.8	0.85	0.9	0.8
2	Surcos rectos	0.8	0.85	0.9	0.95	0.8
3	Franjas al contorno*	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
4	Terrazas (2-7 % de pendiente)	0.5				
5	Terrazas (7-13 % de pendiente)	0.6				
6	Terrazas (mayor de 13 %)	0.5				
7	Terrazas de Banco	0.1				
8	Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05				
9	Surcado lister	0.5				
10	Ripper	0.6				
11	Terrazas de Zing	0.1				
0	Sin práctica de manejo	<b>1.0</b>				

Estimación de la erosión **0.34** t/ha/año




**Análisis de riesgo de erosión hídrica en el área del proyecto. (Sin Vegetación).**

Usando la misma metodología de los ejercicios anteriores se estima un aumento de erosión hídrica a **1.54 t/ha/año** a continuación se presentan los cálculos correspondientes a estos dos ejercicios.

Cálculo de la erosión hídrica una vez llevadas a cabo las actividades del CUSTF (Sin vegetación), **Tabla IV.11.**

**Tabla IV.11. Erosión hídrica (Sin vegetación).**

EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL EN EL ÁREA DEL PROYECTO: Cálculo del Factor R (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)																																																
$E = R * K * LS * C * P$																																																
$E \text{ potencial} = R * K * LS$																																																
$E \text{ actual} = R * K * LS * C * P$																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Factor R Erosividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 70%;">Región de erosividad</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Precipitación media anual (mm)</td> <td style="text-align: center;">66</td> </tr> <tr> <td>Valor del Factor R (E<sub>h</sub>)</td> <td style="text-align: center; background-color: #ffffcc;">256.25</td> </tr> </tbody> </table>				Factor R Erosividad		Región de erosividad	2	Precipitación media anual (mm)	66	Valor del Factor R (E <sub>h</sub> )	256.25																																					
Factor R Erosividad																																																
Región de erosividad	2																																															
Precipitación media anual (mm)	66																																															
Valor del Factor R (E <sub>h</sub> )	256.25																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Región</th> <th>Ecuación</th> <th>R<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td><math>Y = 1.2078 X + 0.002276 X^2</math></td><td>0.92</td></tr> <tr><td>2</td><td><math>Y = 3.4555 X + 0.006470 X^2</math></td><td>0.93</td></tr> <tr><td>3</td><td><math>Y = 3.6752 X + 0.001720 X^2</math></td><td>0.94</td></tr> <tr><td>4</td><td><math>Y = 2.8959 X + 0.002983 X^2</math></td><td>0.92</td></tr> <tr><td>5</td><td><math>Y = 3.4880 X + 0.001188 X^2</math></td><td>0.94</td></tr> <tr><td>6</td><td><math>Y = 6.6847 X + 0.001680 X^2</math></td><td>0.9</td></tr> <tr><td>7</td><td><math>Y = -0.0334 X + 0.006661 X^2</math></td><td>0.98</td></tr> <tr><td>8</td><td><math>Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2</math></td><td>0.98</td></tr> <tr><td>9</td><td><math>Y = 7.0458 X + 0.002096 X^2</math></td><td>0.97</td></tr> <tr><td>10</td><td><math>Y = 6.8938 X + 0.000442 X^2</math></td><td>0.95</td></tr> <tr><td>11</td><td><math>Y = 3.7745 X + 0.004540 X^2</math></td><td>0.98</td></tr> <tr><td>12</td><td><math>Y = 2.4619 X + 0.006067 X^2</math></td><td>0.96</td></tr> <tr><td>13</td><td><math>Y = 10.7427 X + 0.001008 X^2</math></td><td>0.97</td></tr> <tr><td>14</td><td><math>Y = 1.5005 X + 0.002840 X^2</math></td><td>0.95</td></tr> </tbody> </table>				Región	Ecuación	R <sup>2</sup>	1	$Y = 1.2078 X + 0.002276 X^2$	0.92	2	$Y = 3.4555 X + 0.006470 X^2$	0.93	3	$Y = 3.6752 X + 0.001720 X^2$	0.94	4	$Y = 2.8959 X + 0.002983 X^2$	0.92	5	$Y = 3.4880 X + 0.001188 X^2$	0.94	6	$Y = 6.6847 X + 0.001680 X^2$	0.9	7	$Y = -0.0334 X + 0.006661 X^2$	0.98	8	$Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2$	0.98	9	$Y = 7.0458 X + 0.002096 X^2$	0.97	10	$Y = 6.8938 X + 0.000442 X^2$	0.95	11	$Y = 3.7745 X + 0.004540 X^2$	0.98	12	$Y = 2.4619 X + 0.006067 X^2$	0.96	13	$Y = 10.7427 X + 0.001008 X^2$	0.97	14	$Y = 1.5005 X + 0.002840 X^2$	0.95
Región	Ecuación	R <sup>2</sup>																																														
1	$Y = 1.2078 X + 0.002276 X^2$	0.92																																														
2	$Y = 3.4555 X + 0.006470 X^2$	0.93																																														
3	$Y = 3.6752 X + 0.001720 X^2$	0.94																																														
4	$Y = 2.8959 X + 0.002983 X^2$	0.92																																														
5	$Y = 3.4880 X + 0.001188 X^2$	0.94																																														
6	$Y = 6.6847 X + 0.001680 X^2$	0.9																																														
7	$Y = -0.0334 X + 0.006661 X^2$	0.98																																														
8	$Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2$	0.98																																														
9	$Y = 7.0458 X + 0.002096 X^2$	0.97																																														
10	$Y = 6.8938 X + 0.000442 X^2$	0.95																																														
11	$Y = 3.7745 X + 0.004540 X^2$	0.98																																														
12	$Y = 2.4619 X + 0.006067 X^2$	0.96																																														
13	$Y = 10.7427 X + 0.001008 X^2$	0.97																																														
14	$Y = 1.5005 X + 0.002840 X^2$	0.95																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Región</th> <th>Ecuación</th> <th>Valor R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>79.7148</td><td>9.9143</td></tr> <tr><td>2</td><td>228.0630</td><td>28.1833</td></tr> <tr><td>3</td><td>242.5632</td><td>7.4923</td></tr> <tr><td>4</td><td>191.1294</td><td>12.9939</td></tr> <tr><td>5</td><td>230.2080</td><td>0.8189</td></tr> <tr><td>6</td><td>441.1902</td><td>7.3181</td></tr> <tr><td>7</td><td>-2.2044</td><td>29.0153</td></tr> <tr><td>8</td><td>131.7822</td><td>14.2441</td></tr> <tr><td>9</td><td>465.0228</td><td>9.1302</td></tr> <tr><td>10</td><td>454.9908</td><td>1.9254</td></tr> <tr><td>11</td><td>249.1170</td><td>19.7762</td></tr> <tr><td>12</td><td>162.4854</td><td>26.4279</td></tr> <tr><td>13</td><td>709.0182</td><td>4.3908</td></tr> <tr><td>14</td><td>99.0330</td><td>11.4998</td></tr> </tbody> </table>				Región	Ecuación	Valor R	1	79.7148	9.9143	2	228.0630	28.1833	3	242.5632	7.4923	4	191.1294	12.9939	5	230.2080	0.8189	6	441.1902	7.3181	7	-2.2044	29.0153	8	131.7822	14.2441	9	465.0228	9.1302	10	454.9908	1.9254	11	249.1170	19.7762	12	162.4854	26.4279	13	709.0182	4.3908	14	99.0330	11.4998
Región	Ecuación	Valor R																																														
1	79.7148	9.9143																																														
2	228.0630	28.1833																																														
3	242.5632	7.4923																																														
4	191.1294	12.9939																																														
5	230.2080	0.8189																																														
6	441.1902	7.3181																																														
7	-2.2044	29.0153																																														
8	131.7822	14.2441																																														
9	465.0228	9.1302																																														
10	454.9908	1.9254																																														
11	249.1170	19.7762																																														
12	162.4854	26.4279																																														
13	709.0182	4.3908																																														
14	99.0330	11.4998																																														

Cálculo del Factor K (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Factor K Erosionabilidad del suelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 70%;">Textura (Código de la textura)</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Materia orgánica (Código de materia)</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Valor del Factor K</td> <td style="text-align: center; background-color: #ffffcc;">0.005</td> </tr> </tbody> </table>				Factor K Erosionabilidad del suelo		Textura (Código de la textura)	1	Materia orgánica (Código de materia)	1	Valor del Factor K	0.005																																																																							
Factor K Erosionabilidad del suelo																																																																																		
Textura (Código de la textura)	1																																																																																	
Materia orgánica (Código de materia)	1																																																																																	
Valor del Factor K	0.005																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Codigo / Textura</th> <th colspan="3">Materia orgánica Código %</th> </tr> <tr> <th>1 0.0 - 0.5</th> <th>2 0.5 - 2.0</th> <th>3 2.0 - 4.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Arena</td><td>0.005</td><td>0.003</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arena fina</td><td>0.016</td><td>0.002</td></tr> <tr><td>3</td><td>Arena muy fina</td><td>0.042</td><td>0.028</td></tr> <tr><td>4</td><td>Arena migajosa</td><td>0.012</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>5</td><td>Arena fina migajosa</td><td>0.024</td><td>0.02</td></tr> <tr><td>6</td><td>Arena muy fina migajosa</td><td>0.044</td><td>0.038</td></tr> <tr><td>7</td><td>Migajón arenosa</td><td>0.027</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>8</td><td>Migajón arenosa fina</td><td>0.035</td><td>0.03</td></tr> <tr><td>9</td><td>Migajón arenosa muy fina</td><td>0.047</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>10</td><td>Migajón</td><td>0.038</td><td>0.034</td></tr> <tr><td>11</td><td>Migajón limoso</td><td>0.046</td><td>0.042</td></tr> <tr><td>12</td><td>Limo</td><td>0.06</td><td>0.052</td></tr> <tr><td>13</td><td>Migajón arcillo arenosa</td><td>0.027</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>14</td><td>Migajón arcillosa</td><td>0.028</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>15</td><td>Migajón arcillo limosa</td><td>0.037</td><td>0.032</td></tr> <tr><td>16</td><td>Arcillo arenosa</td><td>0.014</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>17</td><td>Arcillo limosa</td><td>0.025</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>18</td><td>Arcilla</td><td>0.013</td><td>0.035</td></tr> </tbody> </table>				Codigo / Textura	Materia orgánica Código %			1 0.0 - 0.5	2 0.5 - 2.0	3 2.0 - 4.0	1	Arena	0.005	0.003	2	Arena fina	0.016	0.002	3	Arena muy fina	0.042	0.028	4	Arena migajosa	0.012	0.01	5	Arena fina migajosa	0.024	0.02	6	Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	7	Migajón arenosa	0.027	0.024	8	Migajón arenosa fina	0.035	0.03	9	Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	10	Migajón	0.038	0.034	11	Migajón limoso	0.046	0.042	12	Limo	0.06	0.052	13	Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	14	Migajón arcillosa	0.028	0.025	15	Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	16	Arcillo arenosa	0.014	0.013	17	Arcillo limosa	0.025	0.023	18	Arcilla	0.013	0.035
Codigo / Textura	Materia orgánica Código %																																																																																	
	1 0.0 - 0.5	2 0.5 - 2.0	3 2.0 - 4.0																																																																															
1	Arena	0.005	0.003																																																																															
2	Arena fina	0.016	0.002																																																																															
3	Arena muy fina	0.042	0.028																																																																															
4	Arena migajosa	0.012	0.01																																																																															
5	Arena fina migajosa	0.024	0.02																																																																															
6	Arena muy fina migajosa	0.044	0.038																																																																															
7	Migajón arenosa	0.027	0.024																																																																															
8	Migajón arenosa fina	0.035	0.03																																																																															
9	Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041																																																																															
10	Migajón	0.038	0.034																																																																															
11	Migajón limoso	0.046	0.042																																																																															
12	Limo	0.06	0.052																																																																															
13	Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025																																																																															
14	Migajón arcillosa	0.028	0.025																																																																															
15	Migajón arcillo limosa	0.037	0.032																																																																															
16	Arcillo arenosa	0.014	0.013																																																																															
17	Arcillo limosa	0.025	0.023																																																																															
18	Arcilla	0.013	0.035																																																																															
<p><b>Litosol, presenta una gruesa arenosa.</b></p>																																																																																		

**Tabla IV.11. (Continuación).**

**Cálculo del Factor LS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Factor LS longitud y grado de pendiente

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S^2)$$

	Tipo de vegetación
	Polígono del proyecto sin vegetación
Largo del polígono (m)	4793
Ancho (m)	3412
Superficie (ha)	813.52
Cota inicial (HI) (m)	4
Cota final (HF) (m)	100
S (%)	2.002920926
Valor del Factor LS	2.677

813.52

**Cálculo del Factor C Manejo del Cultivo (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Cobertura aérea Tipo y altura	Porcentaje de cobertura	Cobertura en contacto con la superficie del suelo (%)						
		Tipo(*)	0	20	40	60	80	95
Cobertura no apreciable		P	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
		M	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Malezas altas o arbustos con altura promedio de caída de gotas de 1 a 2 m	25	P	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		M	0.36	0.20	0.13	0.063	0.041	0.011
	50	P	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		M	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	P	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		M	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Arbustos numerosos con alturas promedio de caída de gotas de 2 m	25	P	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.40	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	P	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		M	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	P	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		M	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
Arbustos y cactaceas promedio de caída de gotas de 3 - 4 m	25	P	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
		M	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	P	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		M	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
	75	P	0.36	0.17	0.09	0.039	0.012	0.003
		M	0.36	0.20	0.13	0.084	0.041	0.011

\*P-Pastos M-Malezas

Tipo de cobertura y valor del factor C	
Cobertura	Factor C
Bosque de Pino	0.001
Bosque de Pino	0.001
Bosque de Pino - encino	0.001
Bosque abierto de Pino-encino	0.150
Selva baja caducifolia	0.010
Regeneración/reforestación	0.080
Agricultura de temporal	0.700
Agricultura de riego	0.600
Pastizal inducido	0.030
Áreas sin vegetación aparente	1.000
Sombras	1.000

Fuente: Roder et al. 2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo "USLE" en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida "Sierra de Quila" Avances en la investigación científica en el CUCBA.

Factor C Manejo del Cultivo

Valor del Factor C **0.45**

**Cálculo del Factor P (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo)**

Factor P Prácticas de control de erosión

Práctica (Código de la textura)	7
Eficiencia (Código de eficiencia)	0
Valor del Factor P	<b>1.0</b>

Nota: El área de cálculo no está sujeta a ninguna práctica agrícola, por lo que se le asignó un valor de 1.

Código de Práctica	Descripción	Código de Eficiencia					
		Máximo	1	2	3	4	Mínimo
1	Surcado al contorno	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	5
2	Surcos rectos	0.8	0.85	0.9	0.95		
3	Franjas al contorno*	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	
4	Terrazas (2-7% de pendiente)	0.5					
5	Terrazas (7-13% de pendiente)	0.6					
6	Terrazas (mayor de 13%)	0.8					
7	Terrazas de Banco	0.1					
8	Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05					
9	Surcado lister	0.5					
10	Ripper	0.6					
11	Terrazas de Zing	0.1					
0	Sin práctica de manejo	<b>1.0</b>					

Estimación de la erosión **1.54** t/ha/año

### Estimación de la erosión eólica en el área del Proyecto.

Con la metodología antes descrita se desarrolló el siguiente análisis para el riesgo de erosión eólica en el área del proyecto, para condiciones actuales y para condiciones sin vegetación. Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IV.4.

El área de cambio de uso de suelo es de 813.52 ha (**Tabla IV.12 y IV.13**)

**Tabla IV.12.** Erosión eólica actual en el Área del Proyecto.

Erosión Eólica Actual en el Área del proyecto									
Precipitación (mm), (PREC)	PECRE	IAVIE	Textura del suelo	CATEX	Vegetación	CAUSO	Área del proyecto (ha)	Tasa de erosión	
								EROEO área proyecto (t/año)	EROEO (t/ha/año)
66	-17.37	174.13	Gruesa	0.87	Desiertos arenosos	0.15	813.5	18,486.6	22.724
Perdida de suelo por erosión eólica en el área del proyecto (t/ha/año)									22.724

Erosión Eólica Sin Vegetación en el Área del proyecto									
Precipitación (mm), (PREC)	PECRE	IAVIE	Textura del suelo	CATEX	Vegetación	CAUSO	Área del proyecto (ha)	Tasa de erosión	
								EROEO área proyecto (t/año)	EROEO (t/ha/año)
66	-17.37	174.13	Gruesa	0.87	Sin vegetación aparente	0.40	813.5	49,297.5	60.598
Perdida de suelo por erosión eólica en el área del proyecto (t/ha/año)									60.598

**Tabla IV.13.** Comparación de la erosión en el AP y SAR.

Erosión	Microcuenca SAR	Área del Proyecto
	Superficie 35,507 ha	Superficie 813.52 ha
	t/ha/año	t/ha/año
<b>Con cubierta vegetal</b>		
Hídrica	1.12	0.34
Éolica	23.03	22.72
<b>Total Actual</b>	<b>24.152</b>	<b>23.06</b>
<b>Sin cubierta vegetal</b>		
Hídrica		1.54
Éolica		60.59
<b>Total Sin Vegetación</b>		<b>62.13</b>

En conclusión de acuerdo al análisis anterior respecto de la Erosión Total, es decir la erosión hídrica y eólica para el área de CUSTF se estima que en condiciones actuales el riesgo de

erosión es de **24.15 t/ha/año** y durante las actividades del CUSTF **62.13 t/ha/año** sin vegetación, una vez aplicando las medidas preventivas en la construcción del proyecto se tendrá un riesgo de erosión menor al que se presenta en las condiciones actuales que tiene el predio sujeto a CUSTF, lo anterior debido a que una vez construido el proyecto estarán también terminadas las obras de mitigación.

### **Hidrología**

El SAR y el predio del proyecto se encuentran ubicados dentro de la Región Hidrológica No. 08 "Sonora Norte", misma que comprende la porción noroeste del estado de Sonora, así como las Islas Tiburón y San Esteban. Tiene los siguientes límites: al norte las cuencas de varias corrientes que se encuentran en territorio de los Estados Unidos de Norteamérica y drenan hacia el Río Colorado; al suroeste del Golfo de California; al sureste la cuenca del Río Sonora y otras menores de la región hidrológica No. 9, y por el noroeste parte de la cuenca del Río Colorado que constituye la región hidrológica No. 7. Políticamente forman parte de ella los municipios San Luis Río Colorado, Puerto Peñasco, Caborca, la mayor parte de Pitiquito y el territorio correspondiente a las Islas mencionadas.

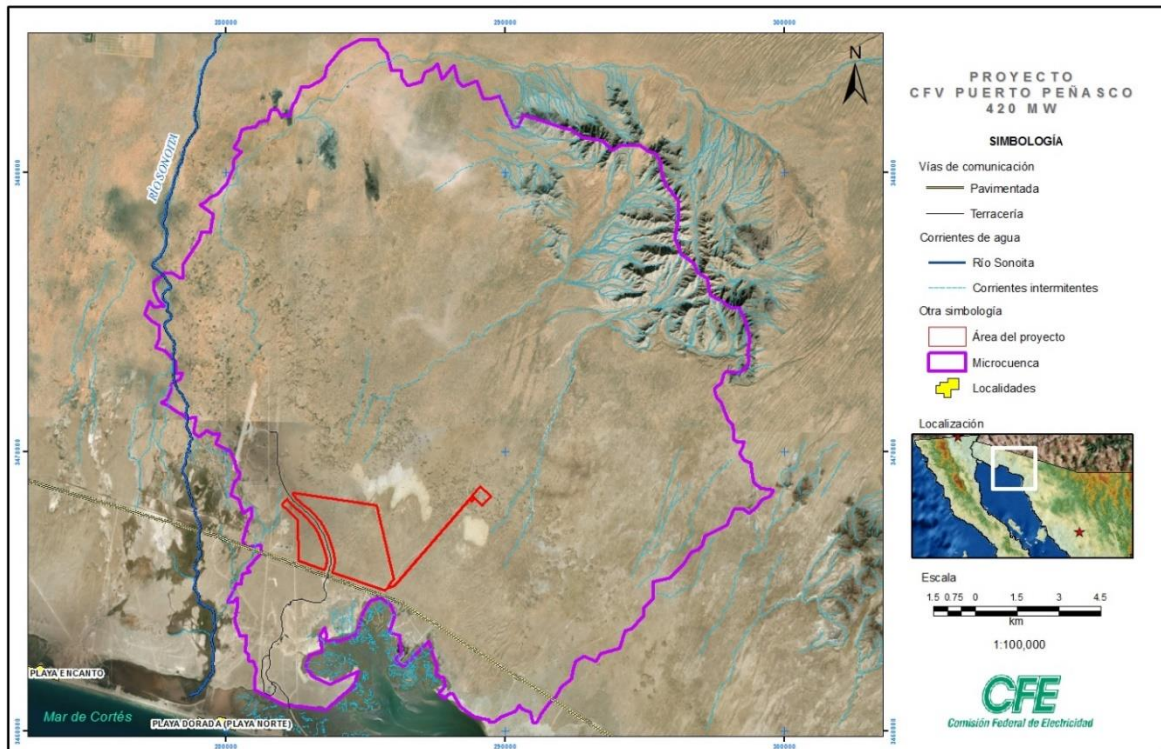
La región comprende una superficie de 64127 km<sup>2</sup> de los que 7950 km<sup>2</sup> corresponden a los Estados Unidos de Norteamérica y 56,177 km<sup>2</sup> a los Estados Unidos Mexicanos; dentro de estos últimos, 1241 km<sup>2</sup> corresponden a las Islas Tiburón y San Esteban.

La corriente más importante dentro del área de estudio es el Río Sonoita, el cual nace en el vecino Estado norteamericano de Arizona casi en el límite norte del condado de Pima; la primera corriente de importancia recibe el nombre de Arroyo San Simón que irriga el "Valle de Quijotoa" con un curso general norte-sur; recibe después los afluentes llamados "amori-San Luis" y "Chukut", ya en el territorio sonorenses bordea la sierra de "Los Escalones" cambiando de curso hacia el noroeste para enfilarse rumbo a la ciudad de Sonoyta, continuando con una trayectoria casi paralela con el límite fronterizo; al llegar al punto denominado "Cerro Blanco", la corriente se dirige hacia el suroeste drenando la parte poniente de la Sierra El Pinacate, cruza la Sierra de La Manteca localizada al este de Sonoyta y se dirige con una pendiente media de 0.35 % y una dirección preferencial NE-SW hasta "El Papalote", donde cambia abruptamente en el Cerro de La Nariz hacia el Sur hasta su desembocadura hasta entregar sus aguas al Golfo de California cerca del Estero La Pinta, unos 20 kilómetros hacia el Este de Puerto Peñasco.

Las corrientes secundarias de la zona que drena el Río Sonoyta, consisten en arroyos de régimen torrencial que forman un drenaje paralelo característico en la zona, excepto hacia la parte baja de la cuenca de la zona desértica, en donde existe un drenaje incipiente en algunos lugares y en otros es prácticamente nulo.

Las corrientes presentes a nivel SAR, según INEGI (2017) son de carácter intermitente o temporal, es decir, sólo en temporada de lluvias es cuando el cauce lleva un caudal mientras que el resto del año no presenta agua en la superficie. (Figura 1). Estas corrientes tienen direcciones principales hacia el suroeste desembocando hacia el Mar de Cortés o Golfo de California. El drenaje es de tipo exorreico con un orden de 4 y valor de 1 hacia las zonas más bajas que son áreas desérticas y planas.

Como se puede observar en la **Figura IV.22** existe una cañada que cruza el área del Proyecto en su porción Norte, por lo que, para evitar daños a la infraestructura, evitar modificar el cauce natural del agua, y crear un corredor natural para especies de fauna de la región, esta cañada será respetada en su totalidad, por lo que no se instalarán módulos fotovoltaicos sobre su trazo, tal y como se puede observar en la siguiente figura.



**Figura IV.22.** Hidrología Superficial del Área de Estudio.

### Capacidad de infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por hora o milímetros por

hora. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie (Lozano S., *et al.*; 2020<sup>2</sup>).

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje y la tasa de transmisión por el suelo.

En el control de la tasa y capacidad infiltración desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación. Por ejemplo, los suelos arenosos de grano grueso tienen espacios grandes entre cada grano y permiten que el agua se infiltre rápidamente. La vegetación crea más suelos porosos, protegiendo el suelo del estancamiento de la precipitación, que puede cerrar los huecos naturales entre las partículas del suelo, y soltando el suelo a través de la acción de las raíces. A esto se debe que las áreas arboladas tengan las tasas de infiltración más altas de todos los tipos de vegetación (Gunther, N., 2006<sup>3</sup>).

La capa superior de hojas, que no está descompuesta, protege el suelo de la acción de la lluvia, y sin ella el suelo puede hacerse mucho menos permeable. En las áreas con vegetación de chaparral, los aceites hidrofóbicos de las hojas suculentas pueden extenderse sobre la superficie del suelo con el fuego, creando grandes áreas de suelo hidrofóbico (Linsey *et al.*, 1958<sup>4</sup>).

Medir la infiltración directamente, sigue siendo complicado por la multitud de factores involucrados y por la escala de las mediciones. Existen diferentes formas de medirla en parcelas de escurrimiento, a través de infiltrómetros y simuladores de lluvia estos últimos permiten el control experimental de las intensidades de lluvia aplicada, en condiciones de campo y la oportunidad de realizar un mayor número de repeticiones, incluso estimar la pérdida de suelo (Meyer, 1994<sup>5</sup>). Para tal caso, se requiere el uso de ecuaciones predictivas, que han sido suficientemente validadas durante más de 50 años en modelos de infiltración (Shao y

---

<sup>2</sup> Lozano, S., Olazo J., Pérez, M., Castañeda E., Días G. y Santiago, M. 2020. Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México. Terra Latinoamericana. Vol 38 No.1.

<sup>3</sup> Gunther N. 2006. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. Revista Geológica de América central. 34-35: 13-30, 2006.

<sup>4</sup> Linsley, R., Kohler, M. & Paulus, L., 1958: Hydrology for engineers.- 340 págs. McGraw Hill, Nueva York.

<sup>5</sup> Meyer L., D. 1994. Rainfall simulators for erosion research. pp. 83-103. In: R. Lal (ed.). Soil erosion research methods. USA.

Baumgartl, 2014<sup>6</sup>) para generar la estimación de los parámetros de un comportamiento típico, explicado por Horton desde 1940.

Beven (2004<sup>7</sup>) destaca, que la capacidad de infiltración está en gran parte controlada por la resistencia de la capa superficial del suelo, a la penetración del agua al comienzo de la precipitación; numerosos datos experimentales, muestran que hay una marcada variación de la capacidad de infiltración para el mismo suelo, con la misma profundidad de penetración, diferentes tipos de cobertura y diferentes tratamientos de la superficie del suelo. Otros autores han sugerido la influencia específica de la conductividad hidráulica (CH) y la intensidad de lluvia aplicada, el contenido de arena, limo y arcilla; el contenido de materia orgánica y la pendiente de la superficie del suelo, el micro relieve, el grado de cobertura del suelo; entre otros (Merz *et al.*, 2002<sup>8</sup>; Langhans *et al.*, 2012<sup>9</sup>). Sin embargo, no ha sido posible integrar en un solo modelo de regresión eficiente, a todos estos factores que han sido obtenidos de manera unitaria, en los modelos empíricos y semi empíricos de Horton (1941<sup>10</sup>), Phillips (1957<sup>11</sup>) y Holtan (1961<sup>12</sup>);

La pérdida de la cobertura vegetal está propiciando menores tasas de infiltración, aumentando los escurrimientos y las tasas de pérdida de suelo (Dueñas *et al.*, 2006<sup>13</sup>). Por tal motivo, es necesario estimar como se verá afectado el Área del proyecto con la pérdida de la cubierta vegetal una vez realizado el cambio de uso de suelo, para esto se empleó la fórmula propuesta por (Schosinsky & Losilla, 2000<sup>14</sup>)

## Capacidad de infiltración en el SAR

**Se estima una infiltración de 371.71 m<sup>3</sup>/ha/año (Tabla IV.14).** Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IV.5.

<sup>6</sup> Shao, Q. and T. Baumgartl. 2014. Estimating input parameters for four infiltration models from basic soil, vegetation and rainfall properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78: 1507-1521. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.04.0122>.

<sup>7</sup> Beven, K. 2004. Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Hydrol. Processes* 18: 3447-3460. doi: 10.1002/hyp.5740.

<sup>8</sup> Merz, B., A. Bárdossy, and G. R. Schiffler. 2002. Different methods for modelling the areal infiltration of a grass field under heavy precipitation. *Hydrol. Processes* 16: 1383-1402. doi: 10.1002/hyp.347.

<sup>9</sup> Langhans, C., G. Govers, and J. Diels. 2012. Development and parameterization of an infiltration model accounting for water depth and rainfall intensity. *Hydrol. Processes* 27: 3777-3790. doi: 10.1002/hyp.9491.

<sup>10</sup> Horton R., E. 1941. An approach toward physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 5: 399-417. doi: 10.2136

<sup>11</sup> Philip, J. R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Soil Sci.* 84: 257-264.

<sup>12</sup> Holtan, H. N. 1961. A concept of infiltration estimates in watershed engineering. U. S. Department of Agriculture Service. Washington, DC, USA.

<sup>13</sup> Dueñez-Alanís, J., J. Gutiérrez, L. Pérez y J. Návar. 2006. Manejo silvícola, capacidad de infiltración, escurrimiento superficial y erosión. *Terra Latinoamericana* 24: 233-240.

<sup>14</sup> Schosinsky, G. & Losilla, M., 2000: Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. - *Rev. Geol. Amér. Central*, 23: 43-55.

**Tabla IV.14.** Estimación de la infiltración de agua en el SAR.

**Desarrollo de la metodología para estimar la infiltración de agua en la Microcuenca (SAR)**

$C = K_p + K_v + K_{fc}$  Ecuación (1) Schosinsky y Losilla, 2000

Donde:

- C = Coeficiente de infiltración.
- $K_p$  = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
- $K_v$  = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.
- $K_{fc}$  = Fracción que infiltra por textura de suelo.

Los valores de las variables para el cálculo del coeficiente de infiltración

Valores K en función del tipo y uso de suelo	
Valores para la variable $K_{fc}$ Fracción que infiltra por textura del suelo	
0.1	Arcilla compacta impermeable
0.2	Combinación de limo y arcilla
0.4	Suelo limo arenoso no muy compacto
Valores para la variable $K_p$ Fracción que infiltra por efecto de pendiente	
$K_p$	Pendiente Tipo de pendiente
0.3	0.02% a 0.06%
0.2	0.3% a 0.4%
0.15	1% a 2%
0.1	2% a 7%
0.06	> 7%
Valores de la variable $K_v$ Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal	
0.09	Cobertura con zacate o herbáceas (menos de 50%)
0.1	Terrenos cultivados
0.18	Cobertura con pastizal o herbáceas (de 50 a 75%)
0.2	Bosque
0.21	Cobertura con zacate o herbáceas (más del 75%)

Para determinar el agua que potencialmente se infiltra se ha formulado la siguiente expresión:

$I = (1 - K_i) * CP$

\* El follaje intercepta generalmente el 12% de la lluvia anual (Butler, 1957)

Por lo tanto, nos queda:

$I = (0.88) * CP$  Ecuación (2)

Donde:

- C = Coeficiente de infiltración.
- I = Infiltración.
- $K_i$  = 0.12, fracción interceptada por el follaje.
- P = Precipitación (media anual).

Utilizando las ecuaciones anteriores y asignando los valores acorde a las condiciones del SAR (355,077,500 m<sup>2</sup>). Se obtienen los siguientes resultados:

Infiltración potencial actual en el SAR								
$K_p$	$K_v$	$K_{fc}$	C	P (mm)	I (mm)	Superficie m <sup>2</sup>	Infiltración (m <sup>3</sup> )	Infiltración m <sup>3</sup> /ha
0.15	0.09	0.40	0.64	66	37.17	355,077,500	13,198,656.77	371.71

Schosinsky, G. & Losilla, M., 2000: Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual.- Rev. Geol. Amér. Central, 23: 43-55.  
Butler, S., 1957: Engineering Hydrology.- 356 págs. Prentice Hall Inc. EE.UU

## Capacidad de infiltración Área del proyecto

De acuerdo con estos cálculos se determinó que actualmente en el área del proyecto se infiltran **371.71 m<sup>3</sup>** de agua de lluvia por ha por año. Mientras que, con la pérdida de la



vegetación al construir el proyecto, el cálculo estimado de la infiltración será de **348.48 m<sup>3</sup> ha/año**; es decir, una reducción total de **23.23 m<sup>3</sup> ha/año**. Si multiplicamos este dato por la superficie total del Área del Proyecto **813.52 ha**, obtenemos una reducción total en la infiltración de **18,898.06 m<sup>3</sup> ha/año (Tabla IV.15)**. Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo IV.6.

**Tabla IV.15. Estimación de la infiltración de agua en el AP.**

**Desarrollo de la metodología para estimar la infiltración de agua en el Área del Proyecto CUSTF**

$$C = Kp + Kv + Kfc \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

- C = Coeficiente de infiltración.
- Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
- Kv = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.
- Kfc = Fracción que infiltra por textura de suelo.

Los valores de las variables para el cálculo del coeficiente de infiltración

Valores K en función del tipo y uso de suelo	
<b>Valores para la variable Kfc Fracción que infiltra por textura del suelo</b>	
0.1	Arcilla compacta impermeable
0.2	Combinación de limo y arcilla
0.4	Suelo limo arenoso no muy compacto
<b>Valores para la variable Kp Fracción que infiltra por efecto de pendiente</b>	
<b>Kp</b>	<b>Pendiente</b> / <b>Tipo de pendiente</b>
0.3	0.02% a 0.06% / Muy plana
0.2	0.3% a 0.4% / Plana
0.15	1% a 2% / Algo plana
0.1	2% a 7% / Promedio
0.06	> 7% / Fuerte
<b>Valores de la variable Kv Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal</b>	
0.05	Sin Cobertura Vegetal
0.09	Cobertura con zacate o herbáceas (menos de 50%)
0.1	Terrenos cultivados
0.18	Cobertura con pastizal o herbáceas (de 50 a 75%)
0.2	Bosque
0.21	Cobertura con zacate o herbáceas (más del 75%)

Para determinar el agua que potencialmente se infiltra se ha formulado la siguiente expresión:

$$I = (1 - Ki) * CP$$

\* El follaje intercepta generalmente el 12% de la lluvia anual (Butler, 1957)

Por lo tanto, nos queda:

$$I = (0.88) * CP \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

- C = Coeficiente de infiltración.
- I = Infiltración.
- Ki = 0.12, fracción interceptada por el follaje.
- P = Precipitación (media anual).

Utilizando las ecuaciones anteriores y asignando los valores acorde a las condiciones de las áreas sujetas a CUSTF (8,135,200 m<sup>2</sup>). Se obtienen los siguientes resultados:

Infiltración potencial actual sin proyecto, en condiciones actuales								
Kp	Kv	Kfc	C	P (mm)	I (mm)	Superficie m <sup>2</sup>	Infiltración (m <sup>3</sup> ) / área del proyecto	Infiltración m <sup>3</sup> /ha
0.15	0.09	0.40	0.64	66	37.17	8,135,200	302,395.15	371.71
Infiltración potencial sin vegetación, durante las actividades de CUSTF								
Kp	Kv	Kfc	C	P (mm)	I (mm)	Superficie m <sup>2</sup>	Infiltración (m <sup>3</sup> ) / área del proyecto	Infiltración m <sup>3</sup> /ha
0.15	0.05	0.40	0.60	66	34.85	8,135,200	283,495.45	348.48

Se observa que con la construcción de las diferentes obras y/o actividades que involucran la construcción de la CFV Puerto Peñasco 1000 MW, se presentará una disminución en la infiltración anual por hectarea: -23.23 m<sup>3</sup>

Schosinsky, G. & Losilla, M., 2000: Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual.- Rev. Geol. Amér. Central, 23: 43-55.  
Butler, S., 1957: Engineering Hydrology.- 356 págs. Prentice Hall Inc. EE.UU

### **Cálculo de infiltración en el área propuesta para realizar la reforestación con vegetación de desiertos arenosos.**

**Para compensar la cantidad de agua que se dejará de infiltrar con el CUSTF**, se calcula la infiltración actual en el SAR es de **371.71 m<sup>3</sup>/ha/año**, mientras que en un sitio ya reforestado con similares características (Vegetación de desiertos arenosos) se alcanzaría una infiltración de **423.98 m<sup>3</sup>/ha/año**, aumentando en **52.27 m<sup>3</sup>/ha año**.

Con estos valores, **regresamos al dato calculado anteriormente de la infiltración total que se dejaría de captar en toda el Área del proyecto de 4,263.16 m<sup>3</sup>, dividido entre los 52.27 m<sup>3</sup>/ha año. El resultado es que al reforestar 81.56 ha se estará recuperando el agua que se dejará de infiltrar con el CUSTF.**Rio Sonoyta

En la hidrología superficial de la región el río Sonoyta es corriente más importante y cercana al área del proyecto, a continuación, se describe la función y servicios ecológicos que presenta este cauce en la región.

Es un río desértico de México y Estados Unidos, en los estados de Arizona y Sonora, se localiza en el extremo noroeste de la región en el gran Desierto de Altar, al Noroeste del estado de Sonora y corresponde a la Cuenca del río del mismo nombre; abarca el 9.0 por ciento de la superficie administrativa total del Organismo de Cuenca Noroeste. Al cruzar la frontera al río se le conoce como río Bamóri o San Simón Wash. El río es de tierras bajas y manantial que sustenta importantes colecciones de aves ribereñas y migratorias, así como peces y tortugas nativas en peligro de extinción.

El río nace en el vecino Estado norteamericano de Arizona casi en el límite norte del condado de Pima; la primera corriente de importancia recibe el nombre de Arroyo San Simón que irriga el "Valle de Quijotoa" con un curso general norte-sur; recibe después los afluentes llamados "Vamori-San Luis" y "Chukut", ya en el territorio sonorenses bordea la sierra de "Los Escalones" cambiando de curso hacia el noroeste para enfilarse rumbo a la ciudad de Sonoyta, continuando con una trayectoria casi paralela con el límite fronterizo; al llegar al punto denominado "Cerro Blanco", la corriente se dirige hacia el suroeste drenando la parte poniente de la Sierra El Pinacate, cruza la Sierra de La Manteca localizada al este de Sonoyta y se dirige con una pendiente media de 0.35 % y una dirección preferencial NE-SW hasta "El Papalote", donde cambia abruptamente en el Cerro de La Nariz hacia el Sur hasta su desembocadura hasta entregar sus aguas al Golfo de California cerca del Estero La Pinta, unos 20 kilómetros hacia el Este de Puerto Peñasco.

Las corrientes secundarias de la zona que drena el Río Sonoyta, consisten en arroyos de régimen torrencial que forman un drenaje paralelo característico en la zona, excepto hacia

la parte baja de la cuenca de la zona desértica, en donde existe un drenaje incipiente en algunos lugares y en otros es prácticamente nulo.

**Descripción general:** La reserva de la Biosfera del Pinacate y Desierto de Altar, en su heterogeneidad ecosistémica resalta el ecosistema ripario único, el río Sonoyta y de importancia binacional y compartido tanto por E. U. A. como por México. Actualmente existe interés mutuo, para establecer algunos indicadores para su manejo y conservación.

Esfuerzos de grupos interdisciplinarios tanto de E. U. A. como de México, proponen estrategias para la conservación de especies acuáticas en el río, las cuales servirán como especies sombrilla y beneficiará a la fauna en general y en lo particular a la avifauna residente y a las especies migratorias invernantes neotropicales, que se desplazan por el Corredor Migratorio del Pacífico y que llega a estos ecosistemas riparios donde encuentra hábitat de importancia trófica, descanso, resguardo y reproducción.

El Río Sonoyta es el escurrimiento principal de la región. Aproximadamente a 16 kilómetros al Oeste de Sonoyta se encuentra Agua Dulce, un tramo del río en donde aflora el agua a la superficie, localizado dentro de La Reserva de la Biosfera el Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBPGEA). Tratándose de zonas de humedad, tenemos que la cuenca del Río Sonoyta es la más extensa de la región y por ello la más importante, ya que es la principal captadora de agua. El río nace en las montañas que se encuentran al Este de la ciudad de Sonoyta; los escurrimientos intermitentes bajan de la Sierra de El Pinacate o de los sistemas de sierras en la frontera México- EUA siendo en general corrientes estacionales que llevan agua solo en épocas de lluvias y permanecen secos el resto del año.

Agua Dulce se encuentra en el cauce del Río Sonoyta, es una sección de 3 km aproximadamente y se caracteriza por el afloramiento de aguas debido a un basamento de rocas, que obliga al agua subterránea a fluir por la superficie, creando condiciones de un oasis en el desierto. Agua Dulce luce como un extenso corredor de vegetación riparia típica de este tipo de ambientes dentro del Desierto Sonorense, asociada importantemente al pino salado (*Tamarix ramosissima*).

**Valores hidrológicos:** El Río Sonoyta es relevante en la productividad de algunos esteros que se encuentran en el área de desembocadura de río, a 23 Km. al Este de la Ciudad de Puerto Peñasco, Estero Morúa es uno de ellos. La descarga de agua y sedimentos en la desembocadura produce ambientes ricos en nutrientes favoreciendo la productividad. El Río Sonoyta representa la principal fuente de recarga del acuífero del mismo nombre, de este escurrimiento depende Agua Dulce y todos los habitantes de la región del Municipio Gral. Plutarco Elías Calles (Sonoyta) y Puerto Peñasco y su vida silvestre. Agua Dulce tiene la característica de retener aguas y mantener estas todo el año, siendo así la principal fuente de abastecimiento de agua de la zona para la vida silvestre. Puesto que, en este tipo de

ecosistema los recursos hídricos son indispensables, Agua Dulce es aprovechada por poblaciones de fauna, convirtiéndola en un componente importante con una excelente diversidad biológica.

**Características Ecológicas.** El Río Sonoyta presenta inundaciones durante las lluvias estacionales y sobre todo en la de tipo de monzón del verano, pero durante todo el año el escurrimiento se vuelve solo subterráneo o subsuperficial. En Agua Dulce debido a un basamento de rocas este flujo es obligado a aflorar en la superficie; produciendo una gran productividad en el lugar. La vida acuática se desarrolla en pozas rebosantes de algas que están continuamente conectadas una con otra por la corriente superficial.

Este hábitat solventa la totalidad de peces y anfibios presentes en el lugar, además se encuentran una gran diversidad de artrópodos. Los valles de inundación del río se caracterizan por vegetación riparia en los bancos del río, con estratos altos siendo un buen ambiente para las aves y mamíferos. Agua Dulce es un sitio de reunión donde convergen los animales atraídos por las características de oasis del sitio. Tipos de hábitat Hábitat acuático.

El cuerpo de Agua del área consta de pozas que se mantienen casi todo el año debido al afloramiento de aguas en su superficie. Un tramo de casi 3 Km. del cauce que proporciona hábitat y una gran cantidad de nichos utilizados por peces, tortugas y un número indefinido de artrópodos y de aves. Vegetación riparia.

En las playas y bordes del río se encuentran la vegetación de este tipo, se observa una gran densidad de pino salado y mezquite asociado con sauce y arbustos que forman un corredor que proporciona refugio para la fauna, especialmente aves. Matorral subterme micrófilo. Este tipo de vegetación se encuentra en el área adyacente de la vegetación riparia y es de gran valor para la fauna y en la retención de suelo disminuyendo el arrastre de este hacia el cauce, en temporadas de inundación. Playas de grava en el cauce ofrecen un lugar de refugio, alimentación y anidación para muchos de los invertebrados del sitio, favoreciendo a los otros niveles tróficos.

#### **Valores sociales y culturales:**

- a) **Valores Sociales.** Lumholtz (1912) hace una descripción de la agricultura a menor escala a lo largo del Río Sonoyta, los cultivos incluían: trigo, maíz, avena, frijoles, y huertos. También hubo ese tipo de cultivos en áreas susceptible a inundación en específico en el Suvuk, Tinaja de Los Pápagos y suroeste de la Sierra El Batamote, estos sitios representan el límite de la agricultura de Norteamérica.

A mediados del siglo pasado entro en auge la agricultura comercial en la región del valle del Río Colorado al Oeste de San Luis y fue extendida hasta el Valle de Sonoyta, ambas

regiones son irrigadas con agua bombeada de reservas fácilmente abatibles a través de pozos profundos.

Los cultivos comerciales que se establecieron en el valle de Sonoyta en ese tiempo fue, alfalfa, frijol híbrido, algodón, ajonjolí, hortalizas y frutales.

El Río Sonoyta es la principal fuente de recarga del acuífero Sonoyta y por lo tanto fuente del desarrollo y bienestar de la región de Sonoyta y Puerto Peñasco como la parte más baja de ese escurrimiento.

b) **Valores Culturales.** Malcom Rogers ha sido el pionero de la arqueología de los desiertos de América, identificando los distintos grupos que ocuparon estos espacios desde tiempos prehistóricos. Julian Hayden, (quien dedicó gran parte de su vida al estudio de El Pinacate), expandió la cronología de Rogers sobre el poblamiento temprano del Desierto del Colorado y la aplicó de manera más específica al Pinacate. Dividió las fases de ocupación humana en cuatro periodos cronológicos, con base en los fechamientos, asociaciones de evidencias y formas físicas.

Así como la clasificación según la alteración de la superficie de los instrumentos en piedra. La cronología que Hayden propuso inicialmente (Hayden 1967, 1976), fue posteriormente modificada por él mismo (1982), y comprende:

1. El periodo pluvial, con la fase Malpaís del Complejo San Dieguito que se inicia desde antes de 20,000 A.P., hasta el final de la fase I de dicho complejo, que termina hacia los 9,000 A.P. con el abandono del área durante el altitermal.

Desde esta etapa existe una compleja red de senderos que conectan las tinajas entre sí, y que guían hasta los campos de dunas. El uso de estos senderos no se limitó a los primeros tiempos de esta ocupación, sino que continuaron en uso hasta tiempos más recientes. También existen senderos de este periodo, en los cuales son comunes los santuarios en los pasos, en los puntos más elevados de los senderos, y a veces, en las inmediaciones de las tinajas. Las figuras de intaglios o geoglifos se encuentran en casi todos los sitios Malpais de la RBPGDA.

2. El **periodo altitérmico** entre los 9,000 y 5,000 A.P., sin ocupación aparente. Se caracteriza por los drásticos cambios climáticos que sufrió el área. Estos cambios se dieron principalmente en la ocurrencia de una menor precipitación y una mayor temperatura promedio. Esto tuvo por consecuencia un periodo de gran aridez. La ausencia casi total de artefactos durante aproximadamente 3,600 años, parece indicar la duración del periodo más seco. Durante el periodo altitermal, el área deja de estar habitada por los grupos humanos y sólo se encuentran unas cuantas evidencias, como puntas de proyectil, que nos indican una ocupación muy esporádica, tal vez en los cortos periodos de mayor humedad.

3. El **periodo post-altitérico**, entre los 5,000 A.P., cuando las condiciones climáticas favorecieron la presencia de los grupos Amargosa, hasta el año 1500 de nuestra era, cuando el área fue ocupada por los ancestros de los grupos actuales O'odham.

La cultura de tradición Amargosa continúa usando implementos líticos similares a los San Dieguito e introducen el uso de machacadores y raspadores bifaciales. Estos instrumentos no tienen "barniz" en sus filos, por lo que se diferencian claramente de los de periodos anteriores. Los conjuntos de artefactos se van volviendo significativamente diferentes de los San Dieguito, apareciendo las puntas de proyectil.

Dentro de los Amargosanos existieron dos grupos que migraron de los desiertos de California y que se conocieron con el nombre de areneños. A los que ocuparon el Pinacate se les llamó areneño-pinacateños.

4. El periodo **hispano y post-hispano**, comprendido entre 1500 y 1912 DC, cuando el último residente indígena del área murió.

Con la llegada de los misioneros jesuitas a esta zona cambió el sistema de vida de este grupo de indios pues se formaron comunidades compactas, principalmente a orillas de las lagunas y del río. Al pie de un paraje conocido como Loma Alta, brotaba agua de los veneros, llamado por los naturales sonoytag, vocablo pápago que puede interpretarse como "tronco donde brotan las aguas". Este lugar fue considerado por los jesuitas comunidad misional, en 1694 lo llamaron San Marcelo Sonoytag, actualmente cabecera Municipal.

Factores adversos (pasados, presentes o potenciales) que afecten a las características ecológicas del sitio, incluidos cambios en el uso del suelo (comprendido el aprovechamiento del agua) y de proyectos de desarrollo: a) dentro del sitio Ramsar: El Río Sonoyta ha sido durante mucho tiempo paradero para viajeros que cruzan hacia el Oeste del Desierto Sonorense. Además, como la única fuente de agua de la región, ambas aguas, superficiales y subterráneas, han sido usadas con propósitos agrícolas y antropogénicos.

Como cualquier corriente perenne del desierto, el uso de este recurso, especialmente durante épocas de sequía prolongada, puede resultar como un serio impacto negativo en la corriente y su flora y fauna asociadas. Se piensa que han estado sobreviviendo a la actual sequía mediante las descargas consistentes del drenaje. Paredes-Aguilar y Rosen (2003) observaron que el bombeo de agua subterránea con propósitos agrícolas ha disminuido últimamente, pero la ciudad de Sonoyta continúa creciendo e incrementando la demanda de abastecimiento local de agua, es importante mencionar que el área del proyecto no interfiere en el trayecto del río Sonoyta, como se puede ver en la imagen siguiente.

## **Aire**

Debido a que la zona de estudio, es un área prácticamente despoblada, asimismo no existen industrias u otras fuentes generadoras de emisiones de gases a la atmósfera que alteren o afecten la calidad del aire del sistema ambiental definido para el proyecto, Se considera que el aire se encuentra libre de contaminantes y presenta por ello las concentraciones normales de sus constituyentes. Es decir, que la calidad actual del aire es bastante buena y no presenta algún tipo de contaminante atmosférico.

### **IV.2.1.2. Medio Biótico**

#### **Vegetación**

##### ***Tipos de vegetación a nivel del SAR.***

El Sistema Ambiental Regional se encuentra dentro de la región geográfica denominada Desierto Sonorense (**Figura IV.23**), la cual tiene una extensión de 260,000 km<sup>2</sup>, abarca parte del sur de los estados de Arizona y California en los Estados Unidos de América, prácticamente la totalidad de la Península de Baja California y las Islas del Golfo de California, y cerca del 40% del territorio del estado de Sonora. La Región del Desierto de Sonora es rica tanto en hábitats como en especies. Tiene comunidades bióticas que representan todos los biomas del mundo (**Figura IV.24**).

## Sonoran Desert Region

The Sonoran Desert Region consists of the Sonoran Desert itself plus the surrounding biological communities, including the Sea of Cortez (Gulf of California) and its islands

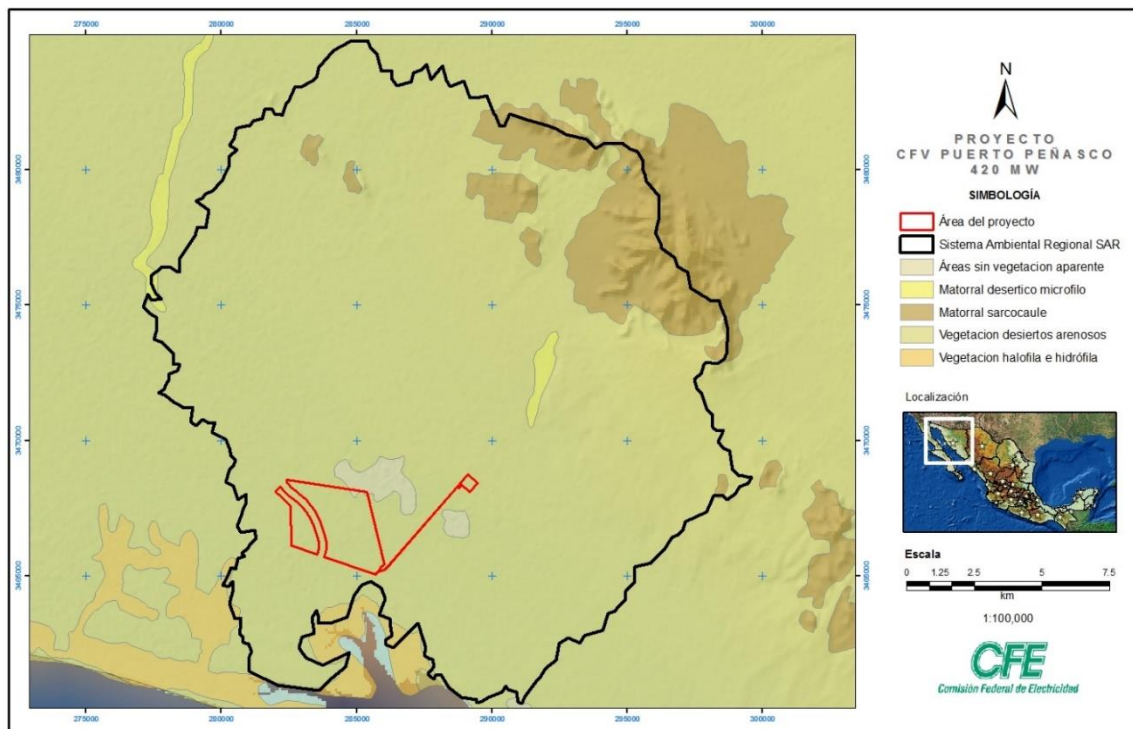


Figura IV.23. Distribución de la Región del Desierto de Sonora.



El Desierto Sonorense, tiene diferentes tipos de ecosistemas, son representativos los matorrales y sus diferentes asociaciones, como son; matorral micrófilo, matorral sarcocaula, mezquital y vegetación halófila.

En el área de estudio delimitado para el proyecto se presentan los siguientes tipos de vegetación:



**Figura IV.24.** Tipos de vegetación.

**Matorral Desértico Micrófilo:**

Es un tipo de vegetación que ocupa una pequeña superficie en la microcuenca hidrográfica Sierra Pinta, alrededor del 0.65% de su superficie. Agrupa especies de porte arbustivo, cuya característica primordial consiste en su reducida superficie foliar; es decir, las especies componentes presentan hojas o folíolos de tamaño pequeño; corresponde a arbustos cuyos dominantes fisonómicos carecen de espinas (carácter inerme). La comunidad se desarrolla en superficies aluviales, así como en depresiones y laderas. La mayor parte de sus componentes son caducifolios. Representada en gran parte por una sola especie (*Larrea tridentata*), donde el valor de la diversidad es muy bajo.

En cuanto a su estructura vertical, es la comunidad vegetal más simple, ya que está constituida

básicamente por un sólo estrato (el arbustivo), que difícilmente rebasa los 2 m de altura; no obstante, algunas especies dominantes, como *Lysiloma candidum* (palo blanco), *Cercidium microphyllum* (palo verde) y *Pachycereus pringlei* (cardón) presentan mayor altura; otras especies comunes en el estrato arbustivo son *Encelia farinosa* (incienso), *Ruellia californica* (rama parda), *Opuntia cholla* (cholla) y *Cylindropuntia bigelovii* (ciribe), además de *Larrea tridentata* (gobernadora). Esta última formando algunos grupos donde destaca como dominante.

La superficie de este tipo de vegetación dentro del área de estudio (SAR) es de 232.6 ha.

### **Matorral sarcocaulé:**

Este tipo de vegetación se localiza en el noreste del SAR, ocupa alrededor del 8.26% de la superficie delimitada; se desarrolla sobre suelos rocosos y pedregosos de origen volcánico.

Esta asociación se caracteriza por la dominancia fisonómica de árboles y arbustos de tallo grueso, de crecimiento tortuoso, semisuculentos, de madera blanda y con algunas especies que poseen corteza papirácea y exfoliante. La especie representativa y dominante es *Larrea tridentata*, *Fouquieria diguetii*, y *Bursera microphylla*.

La superficie de este tipo de vegetación dentro del área de estudio (SAR) es de 2,935.63 ha.

### **Vegetación de desiertos arenosos**

Esta formación se compone de manchones de vegetación que invaden las dunas, las cuales se van fijando progresivamente al material edáfico. Se compone frecuentemente por *Prosopis spp* (mezquite), *Larrea tridentata* (gobernadora), *Atriplex spp* (saladillo). Dentro del área de estudio, este tipo de vegetación ocupa aproximadamente el 88.52% de la superficie.

La superficie de este tipo de vegetación dentro del área de estudio (SAR) es de 31,432.6 ha, cabe destacar que la totalidad del proyecto se desarrollará sobre este tipo de vegetación.

### **Vegetación halófila hidrófila**

Se desarrolla en suelos salinos de diverso origen, desde las cuencas endorreicas más áridas como Cuatro Ciénegas, Coahuila, hasta marismas y lagunas costeras de México.

La constituyen comunidades dominadas por especies herbáceas o raramente arbustivas, que se distribuyen en ambientes litorales (lagunas costeras, marismas salinas y playas) que reciben aportación de agua salina; en sitios de muy baja altitud, con climas cálidos húmedos o subhúmedos, sobre suelos generalmente arenosos con altas concentraciones de sales y

que en algún periodo están sujetos a grandes aportaciones de humedad. Generalmente la vegetación halófila-hidrófila está constituida por un solo estrato herbáceo de plantas perennes suculentas, pero puede estar constituida por elementos arbustivos como los del género *Atriplex*. Especies comunes de este tipo de vegetación son: *Batis maritima* (vidrillo), *Frankenia spp.* (Hierba reuma), *Atriplex spp.* (chamizo), y diversos pastos marinos como *Zostera marina* y *Spartina foliosa*.

La superficie de este tipo de vegetación dentro del área de estudio (SAR) es de 551.61 ha, aproximadamente un 1.5 %.

### **Sin vegetación aparente**

La superficie que se indica como “sin vegetación aparente” ocupa aproximadamente un 1% de la superficie del SAR, 355.31 ha, y aquí se localizan las dunas, las cuales sirven como obstáculos contra las corrientes de viento, provocando que éstas disminuyan su velocidad, de igual forma previenen la erosión que es propiciada por los efectos del agua y viento, y funcionan como zonas de filtración de agua de lluvia para alimentar al acuífero subterráneo (Figura IV.25).



**Figura IV.25.** Dunas dentro del SAR.

Dentro del SAR estas dunas podrían, además de prestar los servicios ambientales descritos anteriormente, representar sitios de establecimiento de hábitat para algunas especies de fauna, principalmente insectos, así como sitios de refugio y alimentación, así como corredores biológicos.

No obstante, es importante mencionar que las obras y/o actividades que se requieren para desarrollar el Proyecto se encuentran fuera de las dunas, a una distancia superior a 200 metros del desarrollo del camino de acceso a la S.E., y a más de dos kilómetros de ésta, por lo que los servicios que presta, así como sus características físicas no se verán comprometidas por el desarrollo del Proyecto (**Tabla IV.16**).

**Tabla IV.16.** Uso de suelo y tipo de vegetación en el SAR.

Uso de suelo y tipo de vegetación para el proyecto CFV Puerto Peñasco (Serie INEGI VI)			
SAR		35,507.75 ha	Porcentaje
1	Vegetación sarcocaulé	2935.63	8.27
2	Matorral desértico microfilo	232.6	0.66
3	Vegetación desiertos arenosos	31432.6	88.52
4	Haofila hidrófila	551.61	1.55
5	Sin vegetación aparente	355.31	1.00
Total		35507.75	100

## Metodología

La metodología utilizada para la **delimitación, caracterización fitosociológica del SAR y del área del proyecto se realizó en dos etapas**, una comprendió el trabajo bibliográfico y de gabinete, y la otra el trabajo de campo.

En la primera etapa se realizó una búsqueda y consulta exhaustiva de la información disponible y relacionada con la vegetación y flora del área de estudio, para con ello tener un acercamiento hacia los principales tipos de vegetación y su flora componente.

Simultáneamente y con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se elaboró un mapa potencial de la vegetación y uso del suelo, para tener una idea general de la distribución de los principales tipos de comunidades vegetales en la región, así como para la poligonal que delimita la superficie de la construcción de la central fotovoltaica Puerto Peñasco. En donde se identificaron los tipos de vegetación anteriormente descritos.

La fase de campo consistió en dos tareas específicas, la primera fue la validación en el terreno del mapa de uso de suelo y comunidades vegetales generado mediante el SIG; y la segunda el muestreo de la vegetación agrupada en cuatro estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y suculentas). Es importante mencionar que los muestreos estuvieron distribuidos como las condiciones propias del ecosistema lo permitieron.

El trabajo de campo se realizó en una salida de 15 días efectivos de muestreo (del 1 de agosto al 17 de agosto), con cinco equipos con autonomía para desplazamiento conformados por tres personas cada uno, integrados por personal de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, es importante mencionar que se realizó un solo muestreo debido a que las condiciones del Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto son muy homogéneas con una biodiversidad baja permanentemente, esto debido a las condiciones climatológicas del sitio (baja precipitación pluvial, temperaturas extremas y alta evaporación). El muestreo se realizó en esta temporada ya que corresponde al periodo de mayor precipitación (agosto-marzo) de acuerdo con los registros históricos (estación Puerto Peñasco CONAGUA 26072) siendo éste en donde se podrían llegar a presentar mayor cantidad de individuos vegetales, en específico de especies efímeras que conforman el estrato herbáceo, ya que éste es el más dinámico en este tipo de ecosistemas desérticos, por el ciclo de vida corto que presentan éstas y que se encuentran directamente influenciadas por la disponibilidad de agua en el suelo. Por lo antes expuesto y analizando la información derivada de los muestreos se concluye que es el muestreo realizado para caracterizar el SAR es suficiente.

### **Tamaño de muestra**

El muestreo estadístico es una herramienta indispensable en la mayoría de los inventarios forestales; debido a que no es posible medir la totalidad de la superficie, es necesario tomar una muestra de esta. Esto nos proporciona información necesaria a un costo mucho menor y con mayor rapidez. El tamaño de muestra se refiere a la superficie de vegetación que es necesaria medir para poder hacer inferencias reales de una población. Se expresa generalmente en unidades de superficie ( $m^2$  o ha), éstos a su vez se extrapolan a un número de sitios de acuerdo con la forma y tamaño de estos que se hayan elegido para realizar el inventario. El tamaño de muestra necesario en cada sitio depende de la precisión deseada y la variabilidad interna de la vegetación muestreada. La precisión de la muestra se expresa generalmente haciendo referencia a un intervalo de confianza tomando como referencia la media de la población.

Para determinar el tamaño de muestra en el presente estudio, se realizó un pre-muestreo con la intención de calcular la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación de la población, de acuerdo con el número de especies presentes en cada uno de los sitios. Se tomaron doce sitios circulares de 1 000  $m^2$  distribuidos al azar en 35,507.75 ha de superficie

(superficie correspondiente al SAR). A continuación, se presentan los resultados de los cálculos:

**Varianza:**

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{10.2}{10} = \mathbf{1.0}$$

**Desviación estándar:**

$$\text{Desviación estándar } S = \sqrt{S^2} = \sqrt{1.0} = \mathbf{1.01}$$

**Coefficiente de variación:**

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S^2}{x} \times 100 = \frac{1.0}{2.3} \times 100 = \mathbf{44.80}$$

Posterior al cálculo de la varianza se procede a determinar el tamaño de muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = t de Student

CV = coeficiente de variación

N = número de sitios de toda la población

E = error permitido

El valor de *t* se obtiene de la tabla de *t* de Student con un nivel de probabilidad de 95% y n -1 grados de libertad. *E* es el error permitido, se refiere al nivel de error que estamos dispuestos a aceptar dependiendo de la precisión que se requiera. *N* se determina dividiendo la superficie total de estudio entre la superficie de los sitios de muestreo. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos lo siguiente:

Sustituyendo los valores en la fórmula

$$n = \left( \frac{3.28}{100} \right) \left( \frac{2007.04}{0.018518} \right) = \frac{6575.26}{100.02} = 65.7$$

El tamaño de muestra se calculó basado en las especies presentes dentro de cada sitio de muestreo, como resultado del cálculo obtenemos que será necesario levantar información en 66 sitios de 1 000 m<sup>2</sup>, teniendo un error de muestreo permitido de 10% y un 95% de confiabilidad. Derivado de los pre-muestreos donde se pudo identificar una reducida riqueza de especies que es acorde con las características de un ecosistema árido, a continuación, se presenta el listado florístico resultado de los muestreos de vegetación en la microcuenca (Tabla IV.17).

**Tabla IV.17.** Listado florístico de la Microcuenca Sierra Pinta.

Listado florístico derivado de los muestreos de vegetación realizados en la Microcuenca Sierra Pinta				
Estrato Arbóreo				
Especie	Familia	Nombre común	Distribución	NOM-059
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Mezquite	---	
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Fabaceae	Palo Fierro	---	Pr
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.)	Fabaceae	Palo Verde	---	
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Tamaricaceae	Pino Salado	---	
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tlegh.) I.M.	Fouquieriaceae	Ocotillo	---	
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Burseraceae	Torote Colorado	---	
<i>Bursera hindsiana</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	Torote Prieto	---	

Estrato Arbustivo				
Especie	Familia	Nombre común	Distribución	NOM-059
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Chamizo	---	
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zygophyllaceae	Gobernadora	---	
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Solanaceae	Frutilla	---	
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Ephedraceae	Cola de Zorra	---	
<i>Asclepias subulata</i>	Apocynaceae	Candelilla Bronca	---	
<i>Jatropha cuneata</i> Wiggins & Encelia farinosa Torr. & A. Gray	Euphorbiaceae	Matacora	---	
<i>Encelia farinosa</i> Torr. & A. Gray	Asteraceae	Incienso	---	
<i>Peucephyllum shottii</i>	Asteraceae	Cedro Pigmeno	---	

Estrato Herbáceo				
Especie	Familia	Nombre común	Distribución	NOM-059
<i>Euphorbia pediculifera</i> Engelm.	Euphorbiaceae	Lentejilla	---	
<i>Plantago Ovata</i>	Plantaginaceae	Llantán	---	

Estrato Suculentas				
Especie	Familia	Nombre común	Distribución	NOM-059
<i>Cylindropuntia cholla</i> (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in Backeb.	Cactaceae	Cholla	---	
<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	Cactaceae	Cholla Guera	---	
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	Cactaceae	Pitahaya Dulce	---	
<i>Carnegiea gigantea</i>	Cactaceae	Saguaro	---	A
<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegee	Cactaceae	Biznaguita	---	

De acuerdo con lo anterior, se determinó muestrear 109 sitios de 1 000 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo teniendo una superficie total muestreada de 109,000 m<sup>2</sup>, mientras para el estrato arbustivo igual son 109 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, teniendo una superficie total de 10,900 m<sup>2</sup> en la siguiente tabla se presentan las superficies muestreadas por estrato (**Tabla IV.18**)



**Tabla IV.18. Superficies de muestreo en el SAR.**

<b>Estrato</b>	<b>Superficie muestreada (m<sup>2</sup>)</b>
Arbóreo	109,000
Arbustivo	10,900
Herbáceo	5,450
Suculentas	109,000

En la Tabla y figura siguientes se presentan las coordenadas UTM y su georreferenciación (Tabla IV.19, Figura IV.26).

**Tabla IV.19.** Coordenadas centrales de los sitios de muestreo del SAR.

Coordenadas centrales de los sitios de muestreo Microcuencia				
Sitio No.	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y	Altura (msnm)	Tipo de vegetación
M01	291,026	3,460,852	14	Vegetación de desiertos Arenosos
M02	289,436	3,460,680	7	Vegetación de desiertos Arenosos
M03	289,489	3,461,888	8	Vegetación de desiertos Arenosos
M04	288,264	3,462,451	2	Vegetación de desiertos Arenosos
M05	286,589	3,463,726	5	Vegetación de desiertos Arenosos
M06	291,702	3,461,821	18	Vegetación de desiertos Arenosos
M07	290,919	3,462,320	3	Vegetación de desiertos Arenosos
M08	289,971	3,463,007	14	Vegetación de desiertos Arenosos
M09	288,935	3,463,624	97	Vegetación de desiertos Arenosos
M10	287,751	3,463,947	6	Vegetación de desiertos Arenosos
M11	290,027	3,462,859	22	Vegetación de desiertos Arenosos
M15	288,111	3,465,341	10	Vegetación de desiertos Arenosos
M16	293,403	3,463,327	33	Vegetación de desiertos Arenosos
M17	292,352	3,463,999	26	Vegetación de desiertos Arenosos
M18	291,163	3,464,522	21	Vegetación de desiertos Arenosos
M20	288,949	3,465,964	21	Vegetación de desiertos Arenosos
M21	294,422	3,463,903	39	Vegetación de desiertos Arenosos
M22	293,476	3,464,520	35	Vegetación de desiertos Arenosos
M23	292,864	3,466,674	28	Vegetación de desiertos Arenosos
M24	292,877	3,464,490	30	Vegetación de desiertos Arenosos
M27	294,669	3,465,183	46	Vegetación de desiertos Arenosos
M28	293,496	3,465,841	37	Vegetación de desiertos Arenosos
M29	292,263	3,465,249	28	Vegetación de desiertos Arenosos
M32	294,540	3,466,760	65	Vegetación de desiertos Arenosos
M37	295,566	3,467,748	103	Vegetación de desiertos Arenosos
M42	296,265	3,468,681	123	Vegetación de desiertos Arenosos
M47	296,558	3,470,079	158	Vegetación de desiertos Arenosos
M50	297,671	3,470,433	180	Vegetación de desiertos Arenosos
M51	296,659	3,471,046	188	Vegetación de desiertos Arenosos
M57	312309	1131038	70	Vegetación de desiertos Arenosos
M58	297668	3473974	230	Matorral Sarcocaula
M60	297137	3473706	213	Matorral Sarcocaula
M61	295672	3474296	193	Vegetación de desiertos Arenosos
M62	294330	3475361	164	Matorral Sarcocaula
M63	293275	3474544	150	Vegetación de desiertos Arenosos
M77	284153	3482992	71	Vegetación de desiertos Arenosos

M83	292399	3473942	116	Matorral Desértico Micrófilo
M84	282456	3481777	54	Matorral Sarcocaulé
M85	283657	3480271	74	Matorral Sarcocaulé
M86	285293	3479051	83	Vegetación de desiertos Arenosos
M87	287177	3477564	82	Vegetación de desiertos Arenosos
M88	288574	3475956	85	Vegetación de desiertos Arenosos
M89	290075	3474764	92	Vegetación de desiertos Arenosos
M90	291997	3472881	97	Matorral Desértico Micrófilo
M92	228218	3477848	51	Vegetación de desiertos Arenosos
M93	282221	3477252	49	Vegetación de desiertos Arenosos
M96	290181	3472386	73	Vegetación de desiertos Arenosos
M97	290900	3471732	78	Vegetación de desiertos Arenosos
M99	282127	3476111	44	Vegetación de desiertos Arenosos
M100	281970	3474729	42	Vegetación de desiertos Arenosos
M103	289048	3471289	67	Vegetación de desiertos Arenosos
M104	290054	3470409	65	Vegetación de desiertos Arenosos
M105	278100	3476176	39	Vegetación de desiertos Arenosos
M106	278134	3474874	32	Matorral Desértico Micrófilo
M107	281812	3473746	40	Vegetación de desiertos Arenosos
M 108	282890	3473425	34	Vegetación de desiertos Arenosos
M 111	278,232	3,472,965	30	Vegetación de desiertos Arenosos
M 112	288,757	3,471,720	27	Vegetación de desiertos Arenosos
M 113	281,916	3,471,407	25	Vegetación de desiertos Arenosos
M115	291,824	3,471,613	71	Matorral Desértico Micrófilo
M 116	288,169	3,469,975	48	Vegetación de desiertos Arenosos
M 117	288,539	3,468,900	44	Vegetación de desiertos Arenosos
M 118	278,918	3,470,746	22	Vegetación de desiertos Arenosos
M 119	281,905	3,469,943	7	Vegetación de desiertos Arenosos
M 120	282,224	3,469,830	12	Vegetación de desiertos Arenosos
M121	288,992	3,467,550	38	Sin Vegetación Aparente
M122	286,967	3,464,537	3	Vegetación de desiertos Arenosos
M123	281932	3470649	16	Vegetación de desiertos Arenosos
M 124	281,399	3,468,209	13	Vegetación de desiertos Arenosos
M 126	281188	3,466,872	10	Vegetación de desiertos Arenosos
M 127	286,324	3,465,958	16	Vegetación de desiertos Arenosos
M 128	280779	3,465,231	12	Vegetación de desiertos Arenosos
M 129	282,417	3,465,544	12	Vegetación de desiertos Arenosos
M 130	282,961	3,464,815	4	Vegetación de desiertos Arenosos
M 131	284,229	3,465,240	5	Vegetación de desiertos Arenosos
M 132	280,948	3,463,949	20	Vegetación de desiertos Arenosos
M 133	281,800	3,464,257	9	Vegetación de desiertos Arenosos
M 134	282,492	3,463,424	4	Vegetación de desiertos Arenosos
M 135	281,031	3,462,714	7	Vegetación de desiertos Arenosos
M 136	282,131	3,462,691	5	Vegetación de desiertos Arenosos
M 137	281,958	3,461,430	3	Vegetación de desiertos Arenosos
M 138	282,315	3,461,788	7	Vegetación de desiertos Arenosos
M 139	283,095	3,461,035	3	Vegetación de desiertos Arenosos
M 140	284,199	3,461,573	4	Vegetación de desiertos Arenosos

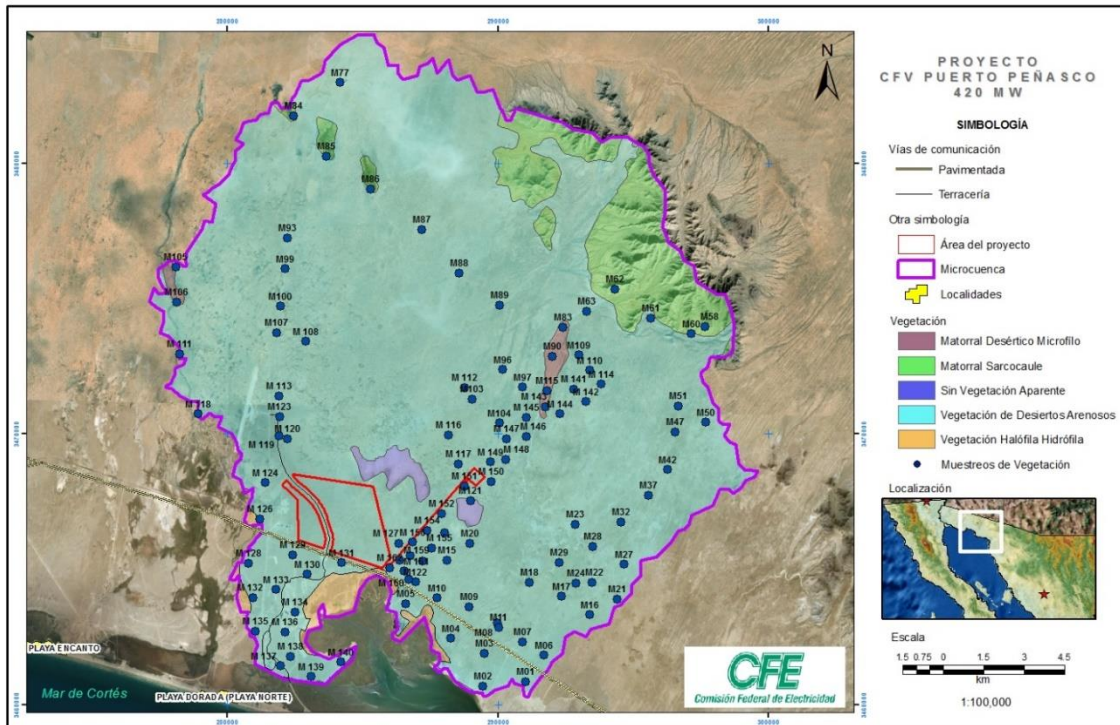


Figura IV.26. Sitios para muestreos de vegetación dentro del SAR.

### Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Comúnmente para inventarios forestales se han usado intensidades de muestreo en el orden de 1%, 0.5% y 0.1% dependiendo de los factores: superficie total, presupuesto disponible, precisión requerida. Vale la pena recordar que a mayor intensidad de muestreo aumentan los costos del inventario, pero también la precisión estadística de nuestros resultados. La intensidad de muestreo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

**IM** = Intensidad de muestreo en porcentaje  
**n** = Número de unidades de la muestra  
**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, observamos que dentro de nuestra superficie total de 35,507.75 ha puede contener hasta 355,077.5 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>, para tener un 100 % de la información. Mientras que se muestrearon 109 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>. De esta manera, la intensidad de muestreo como resultado del inventario es de un 0.030%.

## Diseño de muestreo

La forma de los sitios de muestreo se determina considerando los problemas prácticos que se puedan presentar al delimitarlos directamente en el campo, las diferentes formas factibles de uso, los objetivos del inventario, el tipo de vegetación, etc. Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las condiciones y el tiempo disponible. Así podemos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, irregulares, etc. El uso de los sitios circulares tiene la ventaja de que se delimitan con relativa facilidad en campo. Por el contrario, resulta más complicado delimitar los sitios cuadrados de longitudes considerables, puesto que es necesario trazar los transectos con un cierto ángulo y en terrenos accidentados cuesta trabajo cerrar los vértices.

Para el presente estudio el sistema de muestreo seleccionado fue aleatorio, este muestreo requiere que todas las posibles combinaciones de las  $n$  (tamaño de muestra), unidades muestrales tengan una probabilidad igual de ser elegidas entre la población  $N$  (tamaño de la población). La unidad de muestreo usada en este inventario fueron los sitios de área fija de forma circular con un área de 1,000 m<sup>2</sup> de manera aleatoria por toda la superficie el área del proyecto.

## Trabajo de campo

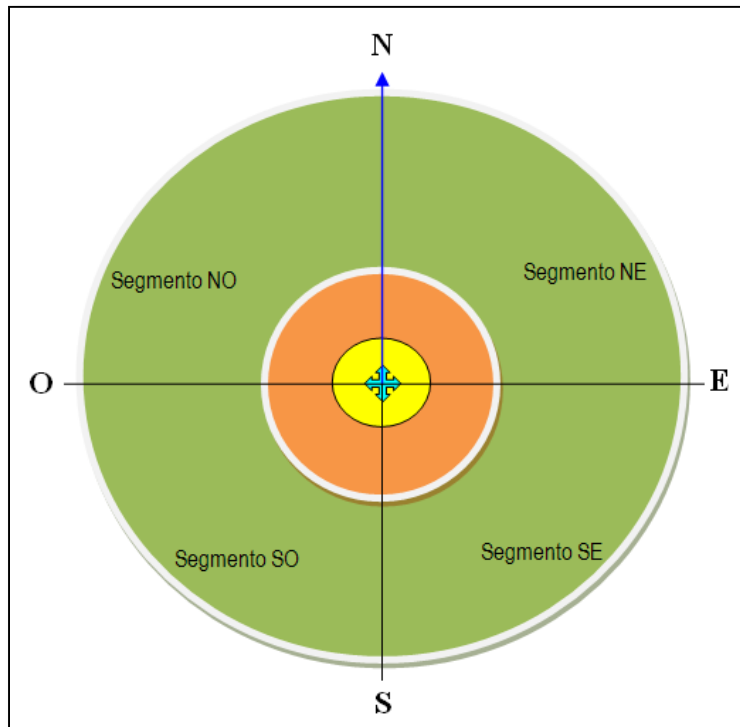
En la segunda etapa de la metodología se llevó a cabo la colecta de la información forestal en campo de la forma siguiente: primero se identificó el centro de cada uno de los sitios seleccionados, registrando sus coordenadas.





Se realizó con el criterio de delimitar un sitio circular a diferentes distancias de radio, considerando el cambio de pendiente en el terreno donde se ubica el sitio.

En el sitio de muestreo se estableció un punto central, el cual fue estacado y georreferenciado con coordenadas UTM. A partir de este punto central se delimitó un círculo, de **1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para el muestreo del estrato arbóreo y de plantas suculentas**, en este estrato de identificaron los individuos de especies arbóreas con un DAP mayor a tres cm; un segundo círculo de **100 m<sup>2</sup> (radio = 5.64 m) para el muestreo del estrato arbustivo**, donde se incluyen todos los individuos de especies arbustivas presentes; y un tercer círculo de **50 m<sup>2</sup> (radio = 4m) para el estrato herbáceo**, integrado por todas las plantas herbáceas existentes. Con la finalidad de dividir este círculo en cuatro segmentos y facilitar su muestreo, se tomó como

referencia los puntos cardinales: N, S, E y O, como se muestra en la Figura siguiente, a cada uno de estos puntos se despliega una cuerda que ayuda a delimitarlo.

A cada uno de los individuos muestreados, independientemente de su especie y el estrato al que pertenezca, se le medirá su altura total y cobertura de copa visto desde arriba en forma de cruz, es decir un diámetro mayor y uno menor para calcular una superficie en metros cuadrados (**Figura IV.27**).



	Sitio de 1000 m <sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para <b>estrato Arbóreo y suculentas</b> se incluyeron todos aquellos individuos de árboles y arbustos con una altura a partir de 3.01 m.
	Subsitio de 100 m <sup>2</sup> , (radio = 5.64 m) para <b>estrato Arbustivo</b> se incluyeron plantas arbustivas, árboles pequeños que se encuentren entre 1.01 m a 3.0 m de altura.
	En el subsitio de 50 m <sup>2</sup> (radio = 4.0 m), <b>estrato Herbáceo</b> , se registraron las plantas herbáceas, plántulas arbóreas y arbustivas menores a 1 m de altura.
	Este punto se ubicó como la coordenada central del sitio, que se utilizó para delimitar los radios de los sitios de muestreo, adicional sirvió como referencia para determinar los transectos N – S y E - O.

**Figura IV.27.** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto.

**Estrato Arbóreo**, con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m). En este estrato se mide y se registran el arbolado con altura mayor a 3 m sobre la superficie del suelo, en este estrato se incluyen individuos arbóreos y de ser el caso individuos arbustivos.

**Estrato Arbustivo**, con un área de 100 m<sup>2</sup>, (radio = 5.64). En este estrato se mide y registran que tengan entre 1.01 y 3.00 m de altura, las cuales comprenden por lo general las plantas arbustivas y aquellos árboles en etapas tempranas de su desarrollo, pudiendo registrarse incluso aquellos individuos herbáceos de gran tamaño.

**Estrato Herbáceo**. Con una superficie de 50 m<sup>2</sup> (radio = 4 m), se miden y se consignan las plantas herbáceas, arbustivas y plántulas de árboles que no alcanzan una altura superior a 1.00 m.

### ***Tipos de vegetación en el área del proyecto***

#### **Vegetación de desiertos arenosos**

Esta comunidad vegetal está constituida principalmente por arbustos perennes, cuyas raíces perforantes se anclan en la arena no consolidada y forman colonias por reproducción vegetativa. Se agrupan por “manchones” en desiertos sumamente áridos.

Algunas de las especies que se pueden encontrar son: *Larrea tridentata* (Gobernadora, Hediondilla), *Prosopis spp.* (Mezquites), *Yucca spp.*, *Atriplex spp.*, (Saladillos), *Opuntia spp.* (Chollas, Nopales), *Ephedra trifurca* (Hitamo), *Ambrosia dumosa* (Hierba del burro), etcétera. Estas especies proceden de las áreas circunvecinas, generalmente con matorral desértico micrófilo, mezquital u otros tipos de vegetación.

Este tipo de vegetación cubre amplias regiones, principalmente en las zonas áridas de Coahuila, Chihuahua, Sonora y Baja California, como sucede en buena parte del noroeste del país.

El proyecto se construirá en un 100 % de la superficie con este tipo de vegetación (**Tabla IV.20**)

**Tabla IV.20.** Uso de suelo y tipo de vegetación en el AP.

Uso de suelo y tipo de vegetación para el proyecto CFV Puerto Peñasco (Serie INEGI VI)			
Área del Proyecto		813.52 ha	Porcentaje
1	Vegetación desiertos arenosos	813.52	100.00
Total		813.52	

## Metodología

La metodología utilizada para la **delimitación, caracterización fitosociológica del SAR y del área del proyecto se realizó en dos etapas**, una comprendió el trabajo bibliográfico y de gabinete, y la otra el trabajo de campo.

En la primera etapa se realizó una búsqueda y consulta exhaustiva de la información disponible y relacionada con la vegetación y flora del área de estudio, para con ello tener un acercamiento hacia los principales tipos de vegetación y su flora componente.

Simultáneamente y con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se elaboró un mapa potencial de la vegetación y uso del suelo, para tener una idea general de la distribución de los principales tipos de comunidades vegetales en la región, así como para la poligonal que delimita la superficie de la construcción de la central fotovoltaica Puerto Peñasco 1000 MW. En donde se identificaron los tipos de vegetación anteriormente descritos.

La fase de campo consistió en dos tareas específicas, la primera fue la validación en el terreno del mapa de uso de suelo y comunidades vegetales generado mediante el SIG; y la segunda el muestreo de la vegetación agrupada en cuatro estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y suculentas). Es importante mencionar que los muestreos estuvieron distribuidos como las condiciones propias del ecosistema lo permitieron.

El trabajo de campo se realizó en una salida **15 días efectivos de muestreo (del 1 de agosto al 17 de agosto)**, con cinco equipos conformados de tres personas cada uno integrados con personal de la GPG y de las residencias (Residencia Los Azufres, Mich., Residencia de los Humeros, Pue. Residencia de las Tres Vírgenes, BCS. Residencia La Primavera, Jal.).

## Tamaño de muestra

El muestreo estadístico es una herramienta indispensable en la mayoría de los inventarios forestales; debido a que no es posible medir la totalidad de la superficie, es necesario tomar una muestra de esta. Esto nos proporciona información necesaria a un costo mucho menor y con mayor rapidez. El tamaño de muestra se refiere a la superficie de vegetación que es necesaria medir para poder hacer inferencias reales de una población. Se expresa generalmente en unidades de superficie (m<sup>2</sup> o ha), éstos a su vez se extrapolan a un número de sitios de acuerdo con la forma y tamaño de estos que se hayan elegido para realizar el inventario. El tamaño de muestra necesario en cada sitio depende de la precisión deseada y la variabilidad interna de la vegetación muestreada. La precisión de la muestra se expresa generalmente haciendo referencia a un intervalo de confianza tomando como referencia la media de la población.

Para determinar el tamaño de muestra en el presente estudio, se realizó un pre-muestreo con la intención de calcular la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación de la población, de acuerdo con el número de especies presentes en cada uno de los sitios. Se tomó



la información de siete sitios circulares de 1 000 m<sup>2</sup> distribuidos al azar en 813.52 ha de superficie (superficie correspondiente al área del proyecto). A continuación, se presentan los resultados de los cálculos:

**Varianza:**

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{1.7}{6} = \mathbf{0.3}$$

**Desviación estándar:**

$$\text{Desviación estándar } S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0.3} = \mathbf{0.53}$$

**Coefficiente de variación:**

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S^2}{x} \times 100 = \frac{0.3}{1.4} \times 100 = \mathbf{21}$$

Posterior al cálculo de la varianza se procede a determinar el tamaño de muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = t de Student

CV = coeficiente de variación

N = número de sitios de toda la población

E = error permitido

El valor de t se obtiene de la tabla de t de Student con un nivel de probabilidad de 95% y n -1 grados de libertad. E es el error permitido, se refiere al nivel de error que estamos dispuestos a aceptar dependiendo de la precisión que se requiera. N se determina dividiendo la superficie total de estudio entre la superficie de los sitios de muestreo. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos lo siguiente:

**Sustituyendo los valores en la fórmula**

$$n = \left( \frac{3.76}{100} \right) \left( \frac{441.00}{0.20} \right) = \frac{1659.75}{100.20} = 16.6$$

El tamaño de muestra se calculó basado en las especies presentes dentro de cada sitio de muestreo, como resultado del cálculo obtenemos que será necesario levantar información en 17 sitios de 1 000 m<sup>2</sup>, teniendo un error de muestreo permitido de 10% y un 95% de confiabilidad. Derivado de los pre-muestreos donde se pudo identificar una reducida riqueza de especies que es acorde con las características de un ecosistema árido, a continuación, se muestra el listado florístico derivado de los muestreos realizados en el área del proyecto (**Tabla IV.21**).

**Tabla IV.21.** Listado florístico del AP.

Listado florístico derivado de los muestreos de vegetación realizados en el Área del Proyecto CFV Puerto Peñasco 420 MW					
Estrato Arbóreo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Mezquite	2	---	---

Estrato Arbustivo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zigophyllaceae	Gobernadora	209	---	---
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Chamizo	265	---	---
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Ephedraceae	Cola de Zorra	22	---	---

Estrato Herbáceo					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
Sin vegetación				---	---

Estrato Suculentas					
Especie	Familia	Nombre común	No. de individuos /ha	Distribución	NOM-059
Sin vegetación				---	---

De acuerdo con lo anterior, se determinó muestrear 23 sitios de 1 000 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo teniendo una superficie total muestreada de 23,000 m<sup>2</sup>, mientras para el estrato arbustivo igual son 23 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, teniendo una superficie total de 2,300 m<sup>2</sup>. en la siguiente tabla se presentan las superficies muestreadas por estrato (**Tabla IV.22**).

Tabla IV.22. Superficies de muestreo en el AP.	
Estrato	Superficie muestreada (m <sup>2</sup> )
Arbóreo	23,000
Arbustivo	2,300
Herbáceo	1,150
Suculentas	23,000

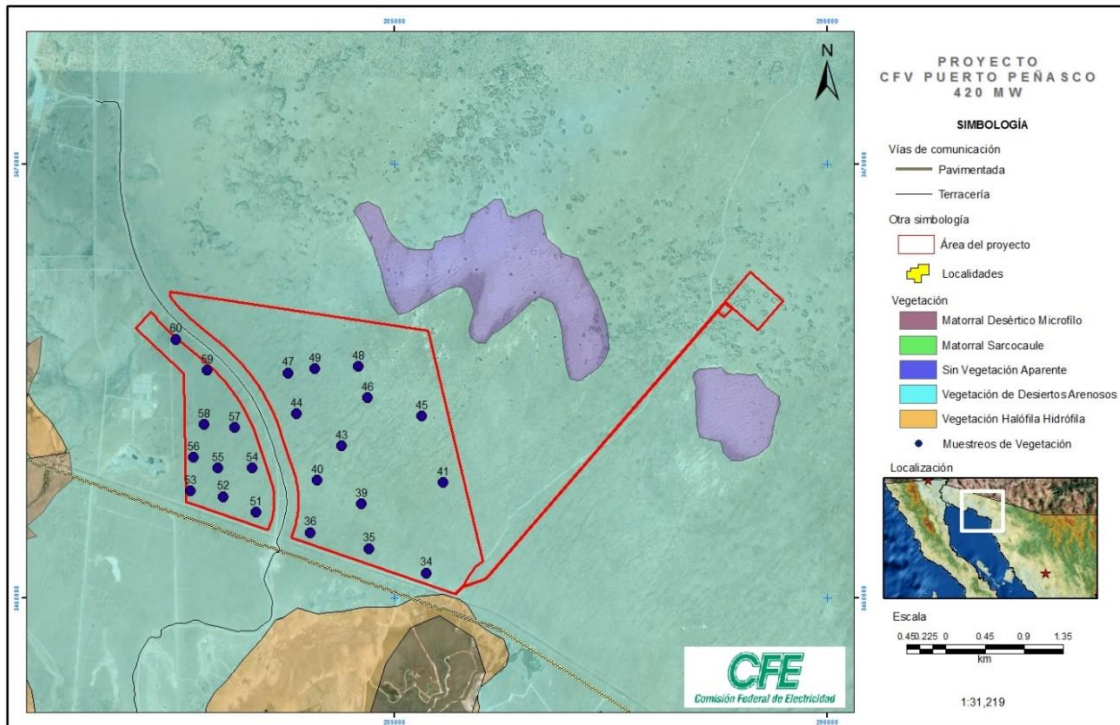
Lo anterior decisión se puede reforzar con el listado general de especies registradas en el área delimita para la realización del proyecto, donde solo se registró una especie en el estrato

arbóreo y tres especies en el estrato arbustivo, con la superficie muestreada en este inventario se considera que justifica la superficie calculada para el tamaño de muestra.

En la Tabla y Figura siguientes se presentan las coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el área del proyecto y su georreferenciación (**Tabla IV.23, Figura IV.28**). La información referente a la vegetación esta disponibles en formato Excel dentro del Anexo IV.7.

**Tabla IV.23.** Coordenadas de los sitios de muestreo del AP.

Coordenadas Sitios de Muestreo Area del Proyecto				
No. de Sitio	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y	Altura (msnm)	Tipo de vegetación
34	285,375	3,465,289	4	Vegetación de desiertos arenosos
35	284,711	3,465,571	7	Vegetación de desiertos arenosos
36	284,037	3,465,754	7	Vegetación de desiertos arenosos
39	284,622	3,466,083	8	Vegetación de desiertos arenosos
40	284,112	3,466,361	10	Vegetación de desiertos arenosos
41	285,567	3,466,334	17	Vegetación de desiertos arenosos
43	284,398	3,466,754	13	Vegetación de desiertos arenosos
44	283,873	3,467,123	12	Vegetación de desiertos arenosos
45	285,316	3,467,097	18	Vegetación de desiertos arenosos
46	284,692	3,467,307	18	Vegetación de desiertos arenosos
47	283,783	3,467,595	16	Vegetación de desiertos arenosos
48	284,585	3,467,669	18	Vegetación de desiertos arenosos
49	284,086	3,467,641	18	Vegetación de desiertos arenosos
51	283,405	3,465,987	11	Vegetación de desiertos arenosos
52	283,027	3,466,169	12	Vegetación de desiertos arenosos
53	282,656	3,466,236	14	Vegetación de desiertos arenosos
54	283,367	3,466,496	12	Vegetación de desiertos arenosos
55	282,971	3,466,500	16	Vegetación de desiertos arenosos
56	282,685	3,466,622	12	Vegetación de desiertos arenosos
57	283,167	3,466,966	12	Vegetación de desiertos arenosos
58	282,813	3,467,000	12	Vegetación de desiertos arenosos
59	282,845	3,467,624	12	Vegetación de desiertos arenosos
60	282,482	3,467,982	12	Vegetación de desiertos arenosos



**Figura IV.28.** Sitios para muestreos de vegetación dentro del área del proyecto.

### Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Comúnmente para inventarios forestales se han usado intensidades de muestreo en el orden de 1%, 0.5% y 0.1% dependiendo de los factores: superficie total, presupuesto disponible, precisión requerida. Vale la pena recordar que a mayor intensidad de muestreo aumentan los costos del inventario, pero también la precisión estadística de nuestros resultados. La intensidad de muestreo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

**IM** = Intensidad de muestreo en porcentaje  
**n** = Número de unidades de la muestra  
**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, observamos que dentro de nuestra superficie total de 813.52 ha puede contener hasta 8,135 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>, para tener un 100 % de la información. Mientras que se muestrearon 23 sitios de 1,000 m<sup>2</sup>. De esta manera, la intensidad de muestreo como resultado del inventario es de un 0.28%, que es un porcentaje estadísticamente aceptable.

## Diseño de muestreo

La forma de los sitios de muestreo se determina considerando los problemas prácticos que se puedan presentar al delimitarlos directamente en el campo, las diferentes formas factibles de uso, los objetivos del inventario, el tipo de vegetación, etc. Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las condiciones y el tiempo disponible. Así podemos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, irregulares, etc. El uso de los sitios circulares tiene la ventaja de que se delimitan con relativa facilidad en campo. Por el contrario, resulta más complicado delimitar los sitios cuadrados de longitudes considerables, puesto que es necesario trazar los transectos con un cierto ángulo y en terrenos accidentados cuesta trabajo cerrar los vértices.

Para el presente estudio el sistema de muestreo seleccionado fue aleatorio, este muestreo requiere que todas las posibles combinaciones de las  $n$  (tamaño de muestra), unidades muestrales tengan una probabilidad igual de ser elegidas entre la población  $N$  (tamaño de la población). La unidad de muestreo usada en este inventario fueron los sitios de área fija de forma circular con un área de 1,000 m<sup>2</sup> de manera aleatoria por toda la superficie el área del proyecto.

## Trabajo de campo

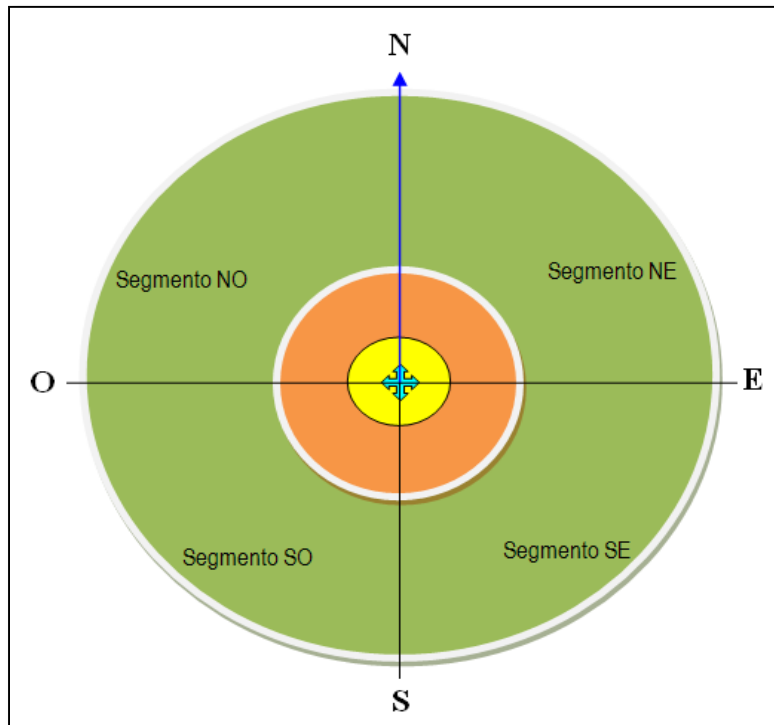
En la segunda etapa de la metodología se llevó a cabo la colecta de la información forestal en campo de la forma siguiente: primero se identificó el centro de cada uno de los sitios seleccionados, registrando sus coordenadas.

Se realizó con el criterio de delimitar un sitio circular a diferentes distancias de radio, considerando el cambio de pendiente en el terreno donde se ubica el sitio.

En el sitio de muestreo se estableció un punto central, el cual fue estacado y georreferenciado con coordenadas UTM. A partir de este punto central se delimitó un círculo, de **1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para el muestreo del estrato arbóreo y de plantas suculentas**, en este estrato de identificaron los individuos de especies arbóreas con un DAP mayor a tres cm; un segundo círculo de **100 m<sup>2</sup> (radio = 5.64 m) para el muestreo del estrato arbustivo**, donde se incluyen todos los individuos de especies arbustivas presentes; y un tercer círculo de **50 m<sup>2</sup> (radio = 4m) para el estrato herbáceo**, integrado por todas las plantas herbáceas existentes. Con la finalidad de dividir este círculo en cuatro segmentos y facilitar su muestreo, se tomó como

referencia los puntos cardinales: N, S, E y O, como se muestra en la Figura siguiente, a cada uno de estos puntos se despliega una cuerda que ayuda a delimitarlo.

A cada uno de los individuos muestreados, independientemente de su especie y el estrato al que pertenezca, se le medirá su altura total y cobertura de copa visto desde arriba en forma de cruz, es decir un diámetro mayor y uno menor para calcular una superficie en metros cuadrados (**Figura IV.29**).



	Sitio de 1000 m <sup>2</sup> (radio = 17.84 m) para <b>estrato Arbóreo y suculentas</b> se incluyeron todos aquellos individuos de árboles y arbustos con una altura a partir de 3.01 m.
	Subsitio de 100 m <sup>2</sup> , (radio = 5.64 m) para <b>estrato Arbustivo</b> se incluyeron plantas arbustivas, árboles pequeños que se encuentren entre 1.01 m a 3.0 m de altura.
	En el subsitio de 50 m <sup>2</sup> (radio = 4.0 m), <b>estrato Herbáceo</b> , se registraron las plantas herbáceas, plántulas arbóreas y arbustivas menores a 1 m de altura.
	Este punto se ubicó como la coordenada central del sitio, que se utilizó para delimitar los radios de los sitios de muestreo, adicional sirvió como referencia para determinar los transectos N – S y E - O.

**Figura IV.29.** Diseño del muestreo de vegetación en el área del proyecto.

**Estrato Arbóreo**, con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (radio = 17.84 m). En este estrato se mide y se registran el arbolado con altura mayor a 3 m sobre la superficie del suelo, en este estrato se incluyen individuos arbóreos y de ser el caso individuos arbustivos.

**Estrato Arbustivo**, con un área de 100 m<sup>2</sup>, (radio = 5.64). En este estrato se mide y registran que tengan entre 1.01 y 3.00 m de altura, las cuales comprenden por lo general las plantas arbustivas y aquellos árboles en etapas tempranas de su desarrollo, pudiendo registrarse incluso aquellos individuos herbáceos de gran tamaño.

**Estrato Herbáceo**. Con una superficie de 50 m<sup>2</sup> (radio = 4 m), se miden y se consignan las plantas herbáceas, arbustivas y plántulas de árboles que no alcanzan una altura superior a 1.00 m.

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

#### **Índice de Valor de Importancia (IVI)**

La vegetación es un recurso natural clave para mantener el equilibrio de los ecosistemas, por lo que es necesario disponer de información cuantitativa sobre sus características y distribución. El Índice de Valor de Importancia (IVI) fue desarrollado por (Curtis & McIntosh, 1951)<sup>15</sup>. Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados (Corella *et al.*, 2001)<sup>16</sup>.

En el presente estudio se calculó el índice de valor de importancia (IVI) agrupando la información de todos los sitios de muestreo dentro de la Microcuenca. Este Índice es uno de los más robustos para evaluar la diversidad, ya que se conforma de tres factores que ayudan a describir una comunidad. Estos factores son la **Frecuencia Relativa**, **Dominancia Relativa** y la **Densidad Relativa**. El (IVI) se calcula con la sumatoria de estos tres factores mediante la siguiente fórmula (Espinosa *et al.*, 2010)<sup>17</sup>.

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

Donde:

I.V.I. = Índice de valor de importancia

<sup>15</sup> Curtis J. T, McIntosh RP (1951) An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

<sup>16</sup> Corella J.F., Valdez HJI, Cetina A.V.M., González C.F.V., Trinidad, S.A. y Aguirre, R.J.R. (2001) Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México 26(90): 73-102.

<sup>17</sup> Espinosa V., Valdez J.I., Ángeles P.G. y Castillo A.O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia. 26(1) 1-17.



Fr = Frecuencia relativa  
Dor = Dominancia relativa  
Der = Densidad relativa

### Frecuencia Relativa

La frecuencia es un término bioestadístico que refiere a las veces con las que se repite un evento por unidad de tiempo. Por tanto, se obtiene distribución de frecuencias de observaciones realizadas o se establece escalas de frecuencia, i.e. abundante, frecuente, común, escaso, raro (Margalef, 1981)<sup>18</sup>.

La frecuencia relativa es el número de veces que apareció una especie en los segmentos de muestreo, respecto al total de segmentos muestreados, este valor se expresa en porcentaje. Para nuestro estudio, dividimos en cuatro segmentos los sitios circulares en los que muestreamos la vegetación. Por lo tanto, la especie más frecuente será la que tuvo presencia en los cuatro segmentos y su frecuencia relativa será el resultado de dividir el número de segmentos en los que fue identificada, dividido entre el número de segmentos totales y multiplicados por 100.

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de segmentos donde tiene presencia cada especie}}{\text{Número total de segmentos muestreados}}$$

### Dominancia Relativa

La dominancia ecológica se define como el ejercicio de una influencia de control superior de una o más especies sobre todas las demás especies que habitan en el mismo ecosistema (Magurran, A. E., 2004)<sup>19</sup>. Lo anterior, en virtud de su número, tamaño, productividad o actividades relacionadas. Se trata de una planta o un animal que es particularmente abundante en una zona determinada, o que controla una porción significativa del flujo de energía dentro de una comunidad. De hecho, la mayoría de las comunidades ecológicas están definidas por sus especies dominantes (Begon *et al.*, 2006)<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> Margalef, R. Ecología. Barcelona: Editorial Omega, 1981.

<sup>19</sup> Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, MA, EUA, Cap. 4, pp 100-121.

<sup>20</sup> Begon, M, Harper, JL & Townsend CR. 2006. Ecology, individuals, populations and communities. 4a ed. Blackwell Publishing, Cambridge, MA, USA. Caps. 16, 22; pp 479-483, 633-639.

La dominancia absoluta se representa por el área que ocupada una especie con relación a una superficie muestreada. Para nuestro caso, se determinó la dominancia absoluta de cada una de las especies, cuantificando la cobertura de las copas que proyectan las plantas en el estrato arbóreo, en la totalidad del sitio de 1000 m<sup>2</sup>. Para esto, fue necesario utilizar un densiómetro cóncavo, el resultado se expresa en un porcentaje que va de 1 a 100; el valor de 100 se otorga cuando la especie ocupa la totalidad de la superficie muestreada. Para calcular la dominancia absoluta en el estrato arbustivo y herbáceo, se estimó visualmente la cobertura que ocupa la especie en el sitio de muestreo, es decir en los 100 y 50 m<sup>2</sup> respectivamente.

Como la fórmula lo indica, la dominancia relativa se determina dividiendo la dominancia absoluta de cada especie entre la dominancia absoluta de todas las especies y multiplicada por 100 (Espinosa *et al*, 2010)<sup>3</sup>.

$$\text{Dominancia Relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta de cada especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Cobertura de copa por especie}}{\text{Cobertura de copa para todas las especies}}$$

### Densidad Relativa

La densidad es un parámetro que implica el número de individuos en relación a una superficie donde se encuentran distribuidos (Sarmiento, F., 2000)<sup>21</sup>. Aquí puede ser útil distinguir una densidad bruta, que considera al espacio total y la densidad específica o ecológica, que considera el espacio que efectivamente puede ser colonizado por una población dada. Cuando por alguna característica del organismo no resulta posible trabajar con el número de individuos, se puede utilizar la biomasa por unidad de espacio como una medida adecuada de la densidad (Morlan, 2004)<sup>22</sup>.

Para el presente estudio, la densidad absoluta se calculó usando el número de individuos por especie de acuerdo con la superficie muestreada.

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

<sup>21</sup> Sarmiento, F.O., 2000. Diccionario de Ecología. Quito, Ecuador. 512 p.

<sup>22</sup> Morlan, M.C. 2004 Introducción a la ecología de poblaciones. Universidad Nacional de Catamarca. 15 p.

Donde:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Superficie muestreada}}$$

### **Análisis del índice de Valor de Importancia (IVI) Microcuenca Sierra Pinta**

En las **Tablas** siguientes se reportan los **cálculos del Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies identificadas por estrato**, con su forma biológica y el número de individuos extrapolado a una hectárea **correspondientes a los 109 sitios de muestreo** distribuidos en la superficie de la Microcuenca, las tablas en formato digital se encuentran en el **Anexo IV.1**.

En el cuadro resumen, podemos analizar que tanto la riqueza de especies y su densidad son reducidas en estos ecosistemas desérticos, esto mismo se reporta en otros estudios que evalúan los ecosistemas desérticos (Wiggins, 1980)<sup>23</sup>. Lo anterior, se afirma ya que en **total se identificaron 22 especies distribuidas en los cuatro estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y suculentas)**.

Para el **Estrato Arbóreo se identificaron siete especies**, estas son: ***Tamarix ramosissima*** (Pino salado Eurasiático) introducida a México, ***Fouquieriaceae diguetii*** (Palo Adán, Ocotillo), ***Bursera hindsiana*** (Copal colorado), ***Bursera microphylla*** (Torote), ***Cercidium microphyllum*** (Palo verde), ***Olneya tesota*** (Palo fierro) sujeta a protección especial de acuerdo a la NOM-59 y ***Prosopis glandulosa*** (mezquite dulce) estas tres últimas especies de la familia fabácea, la cual se encuentra frecuentemente bien representada en el estrato arbóreo de los ecosistemas desérticos (Goodall D., y Perry R., 1979)<sup>24</sup>. La densidad de individuos extrapolada por ha para las especies encontradas es reducida **1.1, 3.94, 0.92, 3.85, 1.00, 0.73 y 3.30** respectivamente; es decir en promedio pudiéramos encontrar 15 individuos por hectárea correspondientes a estas especies. De acuerdo con la densidad, dominancia y frecuencia relativas, **los valores más altos del IVI son para el Palo Adán de 83.77, para el Torote de 81.82 y de 70.13 para *Prosopis glansulosa Torr.*** Que se presentan como las especies más importantes para este estrato, dado que se encuentran bien adaptado ante las condiciones ambientales extremas existentes en el ecosistema del Desierto Sonorense.

***Bursera microphylla*** Torote, es s una especie de árbol perteneciente a la familia de las burseráceas. Es originaria del norte de México (Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora y Zacatecas)<sup>25</sup> y el Suroeste de Estados Unidos (sur de California y Arizona), en

<sup>23</sup> Wiggins I. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, Stanford, California, 1025 pp.

<sup>24</sup> Goodall D, Perry R. 1979. Arid-land ecosystems: structure, functioning and management. Volume 1. Cambridge University Press, Cambridge, 880 pp.

<sup>25</sup> a b «*Bursera microphylla* information from NPGS/GRIN». www.ars-grin.gov. Archivado desde el original el 26 de septiembre de 2012. Consultado el 11 de enero de 2009.

biomas desérticos. Se le atribuyen numerosas propiedades medicinales<sup>26,27</sup>. Se conoce con los nombres comunes de cuajote, torote, torote blanco, torote colorado o copal. En inglés, se conoce como árbol del elefante (elephant tree) por su tronco "hinchado"<sup>28</sup>. Alcanza los 3.6-4.7 m de altura y su corteza es de color gris claro y blanco, con las ramas más jóvenes de un color rojizo. El follaje está compuesto de hojas largas, rectas y planas. Florece en redondeados capullos amarillos que se abren con pequeñas flores de color blanco o crema. El fruto es una drupa que contiene una semilla amarilla. Su hábitat es originario del desierto de Sonora. Habita en climas semicálidos, semisecos y secos hasta los 1500 metros. Está asociada a vegetación perturbada de bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y bosque de encino.<sup>29</sup>

La otra especie que resulto importante en el estrato arbóreo ***Fouquieria diguetii*** Palo Adán, es un árbol pequeño arbustivo de (1–) 2–4 (–8) m de altura. El taxón se extiende a áreas áridas y vegetación de bosque tropical caducifolio. Ocurre principalmente en amplias llanuras aluviales y colinas por debajo de los 600 m de altitud, pero se encuentra a una altura de hasta 1200 m en el Cerro de Gigantea. Crece en una amplia variedad de tipos de suelo, desde laderas volcánicas rocosas con poco suelo, hasta mesetas aluviales rocosas y laderas con arcillas volcánicas rojizas, arcillas y llanuras arcillosas arenosas, arena granítica descompuesta y playas costeras arenosas (Henrickson 1972)<sup>30</sup>, es endémica de México y se extiende desde la región del Cabo de la península de Baja California hasta las estribaciones de la Sierra Madre Occidental en Sonora y Sinaloa. El taxón es muy común en el Desierto Sonorense de Baja California desde unos 40 km al N de Punta Prieta hacia el sur hasta La Paz y Cabo San Lucas. La extensión de ocurrencia (EOO) es de 141 373 km<sup>2</sup>. El área de ocupación (AOO) del taxón es de 760 km<sup>2</sup>, pero es probable que sea mayor si se mantiene por debajo de los 2,000 km<sup>2</sup>. El taxón tiene de seis a nueve ubicaciones. Algunas de las amenazas observadas que representan un riesgo para *Fouquieria diguetii* son el turismo, el desarrollo costero, las actividades recreativas, la modificación del medio ambiente por el aumento del pastoreo de ganado y el uso de agroquímicos. Otras amenazas son la extracción de leña y los herbívoros invasores.<sup>31</sup>

Por otra parte, en el **Estrato Arbustivo se identificaron ocho especies con los siguientes valores de IVI respectivamente, *Atriplex canescens* Chamizo 132.13%, *Larrea tridentata* Gobernadora 112.81%, *Lycium berlandieri* Frutilla 18.70%, *Encelia farinosa* Incienso 10.60%, *Asclepias subulata* Candelilla Bronca 15.58%, *Jatropha cuneata* Lomboy 3.12%,**

<sup>26</sup> «Torote». Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. 2009. Consultado el 6 de junio de 2018.

<sup>27</sup> «Postales de BCS: Árbol torote (*Bursera microphylla*)». Sudcalifornios.com: El Portal de B.C.S., México. 27 de diciembre de 2015. Consultado el 6 de junio de 2018.

<sup>28</sup> «*Bursera microphylla*, Elephant Tree». Southwest Desert Flora (en inglés). 30 de abril de 2015. Consultado el 6 de junio de 2018.

<sup>29</sup> Enciclopedia CONABIO <https://enciclopedia.mx/especies/155000-bursera-microphylla>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

<sup>30</sup> Henrickson, J. 1972. A taxonomic revisión of the Fouquieriaceae. *Aliso* 7(4): 439-537.

<sup>31</sup> Enciclopedia CONABIO <https://enciclopedia.mx/especies/172177-fouquieria-diguetii>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

***Ephedra trifurca*** Cola de zorra 5.00% y ***Peucephyllum schottii*** Cedro Pigmeo 1.87%. La especie de chamizo y gobernadora son las que dominan este estrato y todo el ecosistema de acuerdo principalmente a su densidad y frecuencia, se tiene un estimado de 195 y 181 individuos por ha respectivamente. Su distribución cubre grandes extensiones del Desierto Sonorense siendo una de las plantas más exitosas y conspicuas de la región (Pesman, 1962)<sup>32</sup>. ***Atriplex canescens***, al igual que la gobernadora se encuentran ampliamente distribuidas en este ecosistema; Se desarrollan adecuadamente en terrenos planos y laderas de cerros. Las plantas adultas tienen la capacidad de soportar las temperaturas extremas, sus hojas son plateadas esto les ayuda a reflejar la radiación solar. Rara vez presentan daños por heladas, insolación, además de que presentan resistencia a la sequía, los incendios y la alta salinidad. Todo lo anterior la hacen una especie muy exitosa con una amplia distribución a lo largo de grandes extensiones del desierto (Vázquez *et al.*, 1999)<sup>33</sup>.

La segunda especie con mayor valor de IVI identificada en este estrato es ***Larrea tridentata*** presenta numerosas adaptaciones a los rigores del Desierto Sonorense: puede sobrevivir años sin lluvia y los individuos crecen separados, lo que les permite utilizar la humedad eficientemente; la resina de sus hojas previene la evaporación y refleja la luz para disminuir la temperatura de las hojas (Mabry *et al.*, 1977)<sup>34</sup>.

La tercera especie ***Lycium berlandieri***, tiene una densidad de 27 individuos por ha. es una especie de planta con flores de la familia de las solanáceas conocida por el nombre común de baya de lobo de Berlandier. Es originaria de México y el suroeste de los Estados Unidos desde Arizona hasta Texas. Este arbusto alcanza hasta dos metros de altura. Las raíces pueden extenderse nueve metros desde la planta. Tiene ramas espinosas. Pierde sus hojas y se vuelve inactivo durante los tiempos de sequía. Las flores en forma de campana son solitarias o nacen en parejas. El fruto es una baya roja jugosa. La vida útil de esta planta es de 90 años en promedio (Matthews, Robin F. 1994)<sup>35</sup>.

Esta planta es característica de la flora de los Desiertos de Sonora y Chihuahua. Rara vez es dominante, pero ocurre en muchos tipos de hábitat desértico. Puede crecer en salares del desierto y otros hábitats salinos. Puede invadir pastizales junto con mezquite durante el proceso de sucesión ecológica. Muchas aves y roedores consumen los frutos del arbusto. Las

<sup>32</sup> Pesman M. 1962. Meet flora Mexicana. An easy way to recognize some of the more frequently met plants of Mexico as seen from the main highways. Dale S. King. Six Shooter Canyon, Globe, Arizona, 278 pp.

<sup>33</sup> Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

<sup>34</sup> Mabry TJ, Hunziker JH, DiFeo DR (eds.). 1977. Creosote bush: biology and chemistry of *Larrea* in New World deserts. Dowden, Hutchinson, Halsted Press, Stroudsburg, Philadelphia, 284 pp

<sup>35</sup> Matthews, Robin F. 1994. *Lycium berlandieri*. En: Sistema de información de efectos de fuego, [en línea]. Departamento de Agricultura de EE. UU., Servicio Forestal, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas, Laboratorio de Ciencias del Fuego.

codornices de Gambel viven en un hábitat donde el arbusto es común y lo usan para cubrirse y anidar. Los nativos americanos consumían las frutas y usaban la planta con fines medicinales.<sup>36</sup>

La cuarta especie ***Encelia farinosa***, tiene una densidad de 16 individuos por ha. Flor de rocío o también llamada incienso, es una planta nativa de México que pertenece a la familia de las Asteraceae. Mide hasta 1 m de altura, con hojas aromáticas de 3-8 cm de largo, ovadas a deltoideas, floración de color grisáceas redondeadas terminadas en amarillo. Es la única especie con capítulos florales en varias ramas de tallos desnudos. Se distribuye en el sur de California en los Estados Unidos de América, Sonora y la Península de Baja California en México. Habita en una gran variedad de hábitats desde secas laderas pedregosas hasta abiertas cuencas arenosas. Algunos tipos de vegetación donde se desarrolla son: Matorral xerófilo, Vegetación de desiertos arenosos. Los misioneros españoles utilizaban sus tallos secos como incienso en sus ritos.<sup>37</sup>

La quinta especie ***Asclepias subulata***, tiene una densidad de 23 individuos por ha. Es una especie de angiosperma perteneciente a la familia de las apocináceas. Esta especie es nativa del desierto al suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. Esta es una hierba perenne erecta que pierde sus hojas a principios de la temporada y se erige como un racimo de tallos desnudos. Encima de los tallos se encuentran las inflorescencias de flores. Cada flor tiene una corola blanca recogida que revela el interior, una red de cinco brillantes columnas, cada una cubierta con un pequeño gancho. El fruto es un folículo que contiene muchas semillas planas y ovals con largos penachos sedosos.<sup>38,39</sup>

La sexta especie ***Jatropha cuneata***, tiene una densidad de 6 individuos por ha. Matacora arbusto de distribución reportada en literatura para México en Baja California, Sinaloa y Sonora, es nativa del desierto y perenne.<sup>40</sup>

La séptima especie del estrato arbustivo es ***Ephedra trifurca***, tiene una densidad de 7 individuos por ha. Presenta alturas entre 0.5 a dos metros, está distribuida por todo el desierto sonorenses (Valdés y Flores, 1987)<sup>41</sup>. Su follaje es color verde claro cuando es joven y conforme envejece se torna gris amarillento o verdoso, casi lisos, con numerosos surcos longitudinales

<sup>36</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/190492-lycium-berlandieri>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

<sup>37</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/180756-encelia-farinosa>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

<sup>38</sup> «*Asclepias subulata*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Consultado el 22 de noviembre de 2012.

<sup>39</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/163049-asclepias-subulata>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

<sup>40</sup> Martínez-Gordillo, M., Jiménez-Ramírez, J., Cruz-Durán, R., Juárez-Arriaga, E., García, R., Cervantes, A. & Mejía-Hernández, R. 2002. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. 73(2):155-281.

<sup>41</sup> Valdés, J. y H. Flores. 1987. Las gimnospermas en la flora halófila y gipsófila de México. An. Inst. Biol. Ser. Bot. 57: 45-58.

(USDA, 2008)<sup>42</sup>. Crece en suelos yesosos y dunas, dentro de vegetación de matorral xerófilo y pastizales, se desarrolla en altitudes de 10-2100 msnm, no se reportan usos potenciales para el hombre, pero es utilizada como refugio de aves y mamíferos pequeños (Villanueva L. y Fonseca R., 2011)<sup>43</sup>.

La octava especie *Peucephyllum schottii*, tiene una densidad de 3 individuos por ha. *Peucephyllum* es un género monotípico de plantas fanerógamas perteneciente a la familia de las asteráceas. Su única especie *Peucephyllum schottii* es originaria de Norteamérica. Es un arbusto o arbolito y en su mayoría con un tamaño de 100-300 cm. Tallos. (1-5 +), ramificados. Hojas caulinares, sésiles; hojas linear-filiformes, rara vez con 1-2 lóbulos laterales, los márgenes enteros, glandulosas. Inflorescencias discoides, solitarias. Los involucros cornetes a campanulados, de 6-12 mm de diámetro. Las brácteas persistentes o tardíamente caídas, 8-18 en  $\pm 2$  series (lineares a lanceoladas. Disco floretes 12-21, bisexuales y fértiles; las corolas de color amarillo, púrpura distal. Tiene un número de cromosomas de  $x = 10$ .<sup>44</sup> Se encuentra en el sudoeste de Estados Unidos, noroeste de México.<sup>45</sup>

**El Estrato Herbáceo es el menos diverso de los cuatro, únicamente se identificaron dos especies** estas son: *Euphorbia pediculifera* (Lentejilla) y *Plantago ovata* (Llantén), la densidad de individuos extrapolada por ha para las especies encontradas es **73 y 64** respectivamente; es decir en promedio pudiéramos encontrar 68 individuos por hectárea correspondientes a estas especies. De acuerdo con la densidad, dominancia y frecuencia relativas, **el valor más alto de IVI es de 161 para el Lentejilla**. Esto nos indica **que es la especie más importante en este estrato**, dado que se encuentran bien adaptado ante las condiciones ambientales extremas existentes en el Desierto Sonorense. *Euphorbia pediculifera* es una hierba perene anual postrada a ligeramente procumbente con ramas dicotómicas extendidas de 3-30 cm de largo, hierba puberulenta con pelos dispersos, simples y extendidos. Hierba a menudo de color marrón rojizo a marrón grisáceo. Hojas al menos dos veces más largas que anchas, pecioladas, láminas de 5,5 a 15,5 mm, ovadas a obovadas u oblongas, márgenes enteros o, a veces, con algunos dientes pequeños e irregulares. Flores: Cyathia 1.2-1.5 mm de ancho, glándulas granates, ovaladas, .6-.9 m de ancho, apéndices más bien vistosos, blancos, rosa pálido, generalmente considerablemente más anchos y más largos que las glándulas; las flores estaminadas 20-25 en el ciatio. Frutas: Cápsulas con 3 ángulos agudos, 1,2-1,4 mm de largo y ancho, hirsutula, insertados y reflejados en la madurez.

<sup>42</sup> USDA, 2008. "Ephedra trifurca". Germplasm Resources Information Network (GRIN). Agricultural Research Service (ARS), United States Department of Agriculture (USDA). Retrieved 2008-04-17.

<sup>43</sup> Villanueva L. y Fonseca R. 2011. Revisión taxonómica y distribución geográfica de Ephedra (Ephedraceae) en México. Act. Bot. Mex. No. 96 Pátzcuaro.

<sup>44</sup> «*Peucephyllum*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Consultado el 24 de junio de 2012.

<sup>45</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/184196-peucephyllum-schottii>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Ecología: Se encuentra en llanos arenosos y en pendientes suaves de 152 a 1219 m; flores durante todo el año.<sup>46</sup>

***Plantago ovata* (llantén)**, es originario de Oriente medio, Irán, y la India. Es una planta herbácea anual muy ramificada, con tallo erguido de hasta 30 cm de altura. Las hojas son lanceoladas, lineales, pubescentes y dentadas. Las flores, blancas, tienen 4 estambres sobresalientes que se agrupan en espigas densas. El fruto es un pixidio y sus semillas tienen un color de arena clara, pertenece a la familia de las Plantaginaceae (Blumental M., 1999)<sup>47</sup> (Espinoza, T. 2007)<sup>48</sup>. Su principal componente activo se encuentra en la cáscara de las semillas, es un mucílago con el que se prepara un laxante que ayuda a restaurar y mantener la regularidad intestinal. Otros usos para la semilla de *Plantago ovata* incluyen: como expectorante y antitusivo, en constipación, hipertensión arterial (debido a un suave efecto diurético), un agente antibacteriano, y en el tratamiento de afecciones reumáticas y gota, inflamación glandular, bronquitis. Por vía externa se emplea el macerado en forma de la cataplasma tibial, para el tratamiento de heridas y eczemas (Alonso, J. 2004)<sup>49</sup>.

Por último, **el grupo de las Suculentas siendo el que presenta la más baja densidad de individuos en relación a la superficie donde se encuentran distribuidos**, se identificaron **cinco especies** con los siguientes valores de IVI respectivamente, ***Cylindropuntia bigelovii*** Cholla güera **84%**, ***Mammillaria dioica*** Biznaguita **60%**, ***Cylindropuntia cholla*** Cholla pelona **60%**, ***Carnegiea gigantea*** Saguaro **52%**, ***Stenocereus thurberi*** Pitayo dulce **44%**. La especie de Cholla güera es de la familia Cactaceae, siendo una planta erecta, con 0,3-2 m de altura con un tronco. Las ramas se encuentran en la parte superior del tronco y son casi horizontales. Las ramas bajas, típicamente, se caen del tronco y se oscurece con la edad. Las espinas son de color blanco plateado, son en realidad un tipo de hojas, y el casi completamente cubren el tallo dándole un aspecto borroso y formando una defensa impenetrable. Las espinas son de 2,5 cm de largo y están cubiertas de una vaina suelta con apariencia de papel. Las flores de color verde-amarillo de este cactus surgen en las puntas de los tallos en mayo y junio. Las flores son generalmente de 3 cm de longitud. El fruto es de 2 cm de diámetro, tuberculado y puede o no tener espinas, los frutos, frecuentemente, no tienen semillas viables, pero la planta se reproduce por lo general por la dispersión de tallos.<sup>50</sup> Estos

<sup>46</sup> Red de Herbarios del Noroeste de México

<https://herbanwmex.net/portal/taxa/index.php?taxon=Euphorbia+pediculifera+&formsubmit=Search+Terms>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

<sup>47</sup> Blumenthal M. 1999. The Complete German Commission E Monographs, Austin, Texas, American Botanical Council, 1999, [cdroom], Horse chestnut seed.

<sup>48</sup> Espinoza T. 2007. Seminario de internado: Diagnóstico y actualización de la información de productos registrados como productos farmacéuticos complementarios: Homeopáticos, fitofármacos y otros de origen natural, vigentes hasta el año 2005, y elaboración de monografías de plantas medicinales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 195 p.

<sup>49</sup> Alonso J. (2004). Tratado de fitofármacos y nutracéuticos. 1º Ed. Editorial Corpus Libros. Rosario. Argentina. Pág: 633-635.

<sup>50</sup> «*Cylindropuntia bigelovii*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Consultado el 17 de mayo de 2013.



tallos son llevados a menudo a cierta distancia adheridos al pelo de los animales. Es nativa de Norteamérica en México, California y Arizona. Crecen en el desierto en alturas de 30 a 1100 msnm. Crece en laderas rocosas en el matorral del desierto de Sonora. La especie también crece en las dunas de arena a lo largo de la playa en la costa donde dominan los matorrales de *Atriplex* y más hacia el interior aparece en las laderas rocosas (en su mayoría de roca volcánica) entre el matorral desértico.<sup>51</sup>

***Mammillaria dioica*** (Biznaguilla) cuenta con una baja densidad, de aproximadamente un individuo cada dos hectáreas. es una planta de la familia de las cactáceas. Generalmente tiene uno o varios tallos hasta una altura de 20 cm, aunque ocasionalmente puede alcanzar los 30 cm. Las flores son amarillas hasta casi blancas, y algunas plantas tienen flores que son estrictamente femeninas, sin estambres. Los frutos de un bonito rojo brillante a partir de las flores femeninas, que a menudo permanecen cuando aparecen las nuevas flores.<sup>52</sup> Florece en primavera y fructifica en verano.<sup>53</sup> Su hábitat se encuentra a menudo sobre cauces rocosos. En altitudes por encima de los 1,500 msnm. Se distribuye nativamente en el oeste del Desierto de Sonora. En California, noroeste de México, Baja California y Sonora.<sup>54</sup>

***Cylindropuntia cholla*** (Cholla pelona) cuenta con una baja densidad, de aproximadamente un individuo cada dos hectáreas. es una especie de la familia Cactaceae nativa de Norteamérica, se encuentra en Arizona, México y Baja California. Esta especie se registra en la Reserva de la Biosfera Desierto de Vizcaíno y están protegidas en todas las islas costeras. Forma un arbusto muy ramificado que puede alcanzar más de 18 dm de altura. De tallos cilíndricos, cortos (9 a 15 cm) de color verde o verde grisáceo. Cada areola tiene entre 18 a 27 espinas, fuertes y largas (2,6 a 4,4 cm), de color blanquecino. Las flores son rosas.<sup>55,56</sup>

***Carnegiea gigantea*** (Saguaro) cuenta con una baja densidad, de aproximadamente un individuo cada tres hectáreas. Es un cactus columnar de tallo de color verde, que alcanza hasta los 16 m de altura. El tallo principal suele ramificarse muy poco. Las ramas alcanzan hasta 65 cm de diámetro, con 12 a 30 costillas. Sus flores son de color blanco y miden de 10 a 12 cm de longitud, son polinizadas por murciélagos, aves e insectos, y sus flores y frutos son un recurso vital para los organismos del desierto, por lo que se le considera una especie clave. El fruto es una baya de color rojo o púrpura, de hasta 9 cm de largo, comestible, a veces con 1 a 3 espinas o sin ellas; las semillas son casi esféricas, de 1.5 mm de diámetro. Se cree que

<sup>51</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/146210-cylindropuntia-bigelovii> Consultado el 26 de agosto de 2021.

<sup>52</sup> Morhardt, Sia; Morhardt, Emil (2003). California Desert Flowers. Berkeley:University of California Press. ISBN 0-520-24003-0.

<sup>53</sup> «*Mammillaria dioica*». Flora of North America. «FNA Vol. 4 Page 248, 253, 254».

<sup>54</sup> Naturalista <https://www.naturalista.mx/taxa/68191-Mammillaria-dioica> Consultado el 27 de agosto de 2021.

<sup>55</sup> «*Cylindropuntia cholla*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Consultado el 17 de mayo de 2013.

<sup>56</sup> Enciclovida CONABIO <https://enciclovida.mx/especies/146217-cylindropuntia-cholla>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

pueden llegar a vivir hasta 300 años. En México crece en el Desierto Chihuahuense, en el estado de Sonora y en Estados Unidos en Arizona y en una pequeña porción de California en sitios con matorral xerófilo. Es catalogada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie Amenazada (A), en Preocupación menor en el Listado de la IUCN y está incluida en el Apéndice II de la CITES.<sup>57</sup> Se distribuye en el Desierto Sonorense (Anderson 2001)<sup>58</sup>, en el estado de Sonora (Felger y Wilder 2012)<sup>59</sup>, sobre la planicie costera hasta Mesa Mesiaca, al sureste de Navojoa (Paredes Aguilar *et al.* 2000)<sup>60</sup>, en las islas Tiburón, Alcatraz, Patos y Cholludo, mpio. de Hermosillo. En EE. UU. se distribuye en Arizona y al sur de California, al oeste del río Colorado.

***Stenocereus thurberi*** (pitahaya dulce) cuenta con una baja densidad, de aproximadamente un individuo cada cuatro hectáreas. Pertenece a la familia de las cactáceas, es endémica de Norteamérica, crece de 1 a 8 m de altura, puede contar con varias ramas columnares, las flores nocturnas de color rosado polinizadas regularmente por murciélagos, los frutos comestibles color rojo con alrededor de 2,000 semillas por fruto (Samón, B. *et al.*, 2016)<sup>61</sup>. Se distribuye desde Arizona a la península de Baja California y Noreste de México, son susceptibles de las heladas. En las llanuras costeras del Desierto Sonorense y Sinaloa algunos individuos alcanzan alturas entre 12 y 15 m (Turner *et al.*, 1995)<sup>62</sup>, la fecundidad está asociada el número de tallos, debido a que las plantas más grandes tienen mayor área fotosintética y tejido suculento para almacenar agua que las plantas pequeñas, por otro lado son capaces de acumular y asignar más recursos a la función reproductiva (Nobel, 2002)<sup>63</sup>.

Los principales factores que influyen en la baja densidad y cobertura vegetal de las especies que componen el desierto Sonorense, son la escasa precipitación anual, la temperatura alta más o menos constantes a lo largo de todo el año, la uniformidad en la composición del substrato y la reducida influencia antropogénica causante de disturbios (Delgadillo, 1998)<sup>64</sup> (Davies *et al.*, 2013)<sup>65</sup>. Las especies de árboles anteriormente descritas se adaptaron mediante la aparición de hojas pequeñas, que reducen la pérdida de agua.

<sup>57</sup> Enciclopedia CONABIO <https://enciclopedia.mx/especies/143915-carnegiea-gigantea>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

<sup>58</sup> Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press, Inc., U.S.A.

<sup>59</sup> Felger, R. S., y B. T. Wilder 2012. Plant life of a desert archipelago. The University of Arizona Press, EE.UU.

<sup>60</sup> Paredes Aguilar, R., T. R. Van Devender, y R. S. Felger 2000. Cactáceas de Sonora, México: su diversidad, uso y conservación. IMADES & Arizona-Sonora Desert Museum Press.

<sup>61</sup> Samón, B., Reyes, A. y Sánchez B. 2016. Fenología reproductiva de *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) en una región de transición del norte de Sinaloa, México. Gayana Bot. Vol 73 No. 2.

<sup>62</sup> Turner, R.M., J.E. Bowers y T.L. Burgess. 1995. Sonoran Desert plants: an ecological atlas. Tucson, AZ: University of Arizona Press. 501pp.

<sup>63</sup> Nobel, P.S. 2002. Cacti: biology and uses. University of California Press, Berkeley. 290 pp.

<sup>64</sup> Delgadillo J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California. UABC, Ensenada, Baja California, 407 pp

<sup>65</sup> Davies, T.J., E.M. Wolkovich, N.J.B. Kraft, N. Salamin, J.M. Allen, T.R. Ault, J.L. Betancourt, K. Bolmgren, E.E. Cleland, B.I. Cook, T.M. Crimmins, S.J. Mazer, G.J. McCabe, S. Pau, J. Regetz, M.D. Schwartz y S.E. Travers. 2013. Phylogenetic conservatism in plant phenology (S. Bonser, ed.). Journal of Ecology 101(6): 1520-1530

Las plantas del desierto sonoreño se desarrollan en condiciones ambientales muy adversas, por lo cual debemos apreciarlas más. Muchas de ellas crecen muy lentamente, y a cambio de ello llegan a vivir muchos años. Entre las plantas más longevas del desierto sonoreño se encuentran los saguaros, que pueden vivir hasta ciento cincuenta años, y algunos individuos de palo fierro y gobernadora, pueden llegar a vivir cientos de años (Pierson y Turner, 1998)<sup>66</sup> (Tabla IV.24 a 27).

---

<sup>66</sup> Pierson, E. A. y Turner, R. M., 1998. An 85-year study of saguaro (*Carnegiea gigantea*) demography. Ecology, 79:2676-2693.

**Tabla IV.24.** Índice de Valor de Importancia (IVI) del estrato arbóreo en el SAR.

Calculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación en la Microcuenca - SAR.											
ESTRATO ARBÓREO											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 109,000 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Tamaricaceae	Pino salado Eurasiático	M24,124	12	1.10	7.79	2.20	7.79	24.00	7.79	23.38
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tlegl.) I.M. Johnst.	Fouquieriaceae	Palo Adán, Ocotillo	M57,58,60,62,63	43	3.94	27.92	7.89	27.92	86.00	27.92	83.77
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Fabaceae	Palo fierro	M57,63,115	10	0.92	6.49	1.83	6.49	20.00	6.49	19.48
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Burseraceae	Torote	M57,62	42	3.85	27.27	7.71	27.27	84.00	27.27	81.82
<i>Bursera hindsiana</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	Copal colorado	M62	3	1.00	1.95	0.55	1.95	6.00	1.95	5.84
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst	Fabaceae	Palo verde, Dipú	M62,121	8	0.73	5.19	1.47	5.19	16.00	5.19	15.58
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Fabaceae	Mezquite dulce	M106,120,121,150	36	3.30	23.38	6.61	23.38	72.00	23.38	70.13
<b>Total</b>				<b>154</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>308</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.25.** IVI del estrato arbustivo en el SAR.

Calculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación en la Microcuenca - SAR.											
ESTRATO ARBUSTIVO											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 10,900 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Chamizo, Cenizo	M01,02,03,06,08,09,11,15,16,17,18,20,21,22,27,29,77,84,93,99,100,107,108,113,118,119,120,123,124,126,127,129,132,149,150,153,154,155,156,157	213	195.41	43.98	388.99	44.07	424	44.07	132.13
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville	Zygophyllaceae	Gobernadora	M08,10,15,16,17,18,21,22,23,24,27,28,29,32,37,47,50,51,57,58,60,61,63,77,83,85,86,87,88,90,92,93,96,97,99,100,103,104,105,107,111,113,116,117,122,123,127,129,130,132,133,135,143,144,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162	181	166.06	37.55	332.11	37.63	362	37.63	112.81
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Watson	Ephedraceae	Cola de zorra	M01,06,57,153,154	8	7	1.66	14.68	1.66	16	1.66	5.0
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Solanaceae	Frutilla, Cilindrillo	M18,23,29,120,132	30	27.52	6.22	55.05	6.24	60	6.24	18.70
<i>Asclepias subulata</i> Decne.	Apocináceas	Candelilla Bronca	M57,62,77	25	22.94	5.19	45.87	5.20	50	5.20	15.58
<i>Jatropha cuneata</i> Wiggins & Rollins	Euphorbiaceae	Lomboy, Matacora	M58,60	5	4.59	1.04	9.17	1.04	10	1.04	3.12
<i>Encelia farinosa</i> Torr & A. Gray	Asteraceae	Incienso, rama blanca	M61,58,60,62,63	17	15.60	3.53	31.19	3.53	34	3.53	10.60
<i>Peucephyllum schottii</i> A.Gray	Asteraceae	Cedro Pigmeno	M106	3	2.75	0.62	5.50	0.62	6	0.62	1.87
<b>Total</b>				<b>482</b>	<b>442</b>	<b>100</b>	<b>883</b>	<b>100</b>	<b>962</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.26.** IVI del estrato herbáceo en el SAR.

CALCULO DE ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN EN EL SAR, POR ESPECIE, SITIO Y ESTRATO.												
ESTRATO HERBÁCEO												
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 5,450 m <sup>2</sup>	Densidad absoluta / ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Euphorbia pediculifera</i> Engelm.	Euphorbiaceae	Herbácea	Lentejilla	M03,04,05,08,09	40	73.39	53.33	113.69	54.92	80	53.33	161.58
<i>Plantago ovata</i> Forsk.	Plantaginaceae	Herbácea	Llantén	M58,60,140,142	35	64.22	46.67	93.33	45.08	70	46.67	138.42
<b>Total</b>					<b>75</b>	<b>138</b>	<b>100</b>	<b>207</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.27.** IVI de las suculentas en el SAR.

Calculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación en la Microcuenca - SAR.											
SUCULENTAS											
Espece	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 109,000 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Carnegieia gigantea</i> Briton & Rose	Cactaceae	Saguaro	M57,62,63	4	1.00	20.00	0.73	16.00	8	16.00	52.00
<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegeee	Cactaceae	Biznaguila, viejita	M60,62	5	1.00	20.00	0.92	20.00	10	20.00	60.00
<i>Cylindropuntia bigelovii</i> (Engelm.) F.M.Knuth	Cactaceae	Cholla güera	M58,63,131,136	8	1.00	20.00	1.47	32.00	16	32.00	84.00
<i>Cylindropuntia cholla</i> (Engelm. & Bigelow) F.M.	Cactaceae	Cholla pelona	M62,99,114	5	1.00	20.00	0.92	20.00	10	20.00	60.00
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	Cactaceae	Pitallo Dulce	M63,89,143	3	1.00	20.00	0.55	12.00	6	12.00	44.00
<b>Total</b>				<b>25</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

## Análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) Área del proyecto

En las Tablas siguientes se reportan los cálculos del Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies identificadas por estrato, con su forma biológica y el número de individuos extrapolado a una hectárea correspondientes a los 23 sitios de muestreo distribuidos en la superficie del Área del Proyecto, las tablas en formato digital se encuentran en el Anexo IV. En el cuadro resumen, podemos analizar que derivado de los muestreos tanto la riqueza de especies como la densidad de individuos es reducida, esto mismo se reporta en otros estudios que evalúan los ecosistemas desérticos (Wiggins, 1980<sup>67</sup>). Lo anterior, se afirma puesto que en los 23 sitios de muestreo se identificaron en **total cuatro especies; solo una en el estrato arbóreo y tres en el arbustivo; mientras que, en los estratos herbáceo y suculentas no se encontró ninguna especie.**

Para el Estrato Arbóreo se identificó una especie, *Prosopis glandulosa* (mezquite dulce) de la familia fabácea, esta familia se encuentra frecuentemente bien representada en el estrato arbóreo de los ecosistemas desérticos (Goodall D., y Perry R., 1979<sup>68</sup>). La densidad de individuos extrapolada por ha es reducida, ya que solamente se proyecta encontrar **dos individuos de mezquite por ha**. Esta baja diversidad y abundancia de individuos por ha, nos hace pensar que en el ecosistema no existen las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo y crecimiento de los árboles, especialmente la disponibilidad de agua en el suelo. Esto puede ser una razón por la que existen más especies e individuos de las especies arbustivas, que demandan menos recursos respecto a los árboles con una copa más grande. De acuerdo con la densidad, dominancia y frecuencia relativas, **el mezquite al ser la única especie identificada en el estrato Arbóreo su valor de IVI es de 300%**. Esto nos indica que **el mezquite dulce es la especie más importante** dentro del grupo de los árboles, puesto que se encuentra bien adaptado al ambiente extremo existente en el ecosistema del Desierto Sonorense. Posiblemente, si aumentamos el número de muestreos de vegetación en el área del proyecto, logremos identificar un par de especies arbóreas que observamos durante los recorridos en campo pero que presentan una menor densidad de individuos.

El mezquite dulce, es un árbol nativo del sur de Estados Unidos y del norte de México, que puede llegar a crecer hasta 12 m de alto y unos 65 cm de diámetro en condiciones óptimas (Pizaña F., *et al.*, 1996<sup>69</sup>). Está ampliamente distribuido por el mundo, siendo considerada una especie invasora en algunos países donde se ha introducido con fines de repoblación en el

<sup>67</sup> Wiggins I. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, Stanford, California, 1025 pp.

<sup>68</sup> Goodall D, Perry R. 1979. Arid-land ecosystems: structure, functioning and management. Volume 1. Cambridge University Press, Cambridge, 880 pp.

<sup>69</sup> Franco-Pizaña, J.G., Fulbright, T.E., Gardiner, D.T., Tipton, A.T. 1996. Shrub emergence and seedling growth in microenvironments created by *Prosopis glandulosa*. Journal of Vegetation Science, 7 (2): 257-264.



continente asiático y africano (Golubov, J. *et al.*, 1999<sup>70</sup>). En esta región del estado de Sonora, la especie es de importancia para la población rural, ya que de ella se obtiene madera, el follaje y frutos se usan como forraje. Además, cuenta con uso en la medicina tradicional por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, por lo que se usa como remedio de desórdenes digestivos, tratamiento de la conjuntivitis y curación de heridas (Henciya, S. *et al.*, 2016<sup>71</sup>).

Por otra parte, en el **Estrato Arbustivo se identificaron tres especies**, resultando ser el estrato con más especies e individuos de los cuatro. Esto nos sugiere que las condiciones ambientales existentes, favorecen el establecimiento de estas especies de porte medio, con un sistema radical adaptado para explorar el suelo y acceder a la escasa agua disponible, así como un área foliar reducida que reduce la pérdida de agua mediante la transpiración.

Las tres especies de arbustos identificadas son: ***Larrea tridentata*** (gobernadora), ***Atriplex canescens*** (chamizo) y ***Ephedra trifurca***, con estos valores de IVI 127%, 158% y 15% respectivamente. **La especie de *Atriplex canescens* es la que domina en este estrato y en la mayor parte del ecosistema**; de acuerdo con los muestreos realizados se tiene un estimado de **265 individuos por ha.**, al igual que la gobernadora se encuentran ampliamente distribuidas en este ecosistema y se desarrollan adecuadamente en terrenos planos y laderas de cerros. Las plantas adultas tienen la capacidad de soportar las temperaturas extremas, sus hojas son plateadas esto les ayuda a reflejar la radiación solar. Rara vez presentan daños por heladas, insolación, además de que presentan resistencia a la sequía, los incendios y la alta salinidad. Todo lo anterior, la hacen una especie muy exitosa con una amplia distribución a lo largo de grandes extensiones del desierto (Vázquez *et al.*, 1999<sup>72</sup>).

La segunda especie con mayor valor de IVI identificada en este estrato es: *Larrea tridentata* tiene una densidad estimada de 209 individuos por ha, su distribución cubre grandes extensiones del Desierto Sonorense siendo una de las plantas más exitosas y conspicuas de la región (Pesman, 1962<sup>73</sup>). La gobernadora presenta numerosas adaptaciones a los rigores del Desierto Sonorense: puede sobrevivir años sin lluvia y los individuos crecen separados, lo

---

<sup>70</sup> Golubov, J., Mandujano, M.C., Franco, M., Montaña, C., Eguiarte, L.E., López-Portillo, J. 1999. Demography of the invasive woody perennial *Prosopis glandulosa* (honey mesquite). *Journal of Ecology*, 87: 955-962.

<sup>71</sup> Henciya, S., Seturaman, P., Rathinam-James, A., Tsai, Y.H., Nikam, R., Wu, Y.C., Dahms, H.U., Chang, F.R. 2016. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25 (1): 187-196.

<sup>72</sup> Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

<sup>73</sup> Pesman M. 1962. Meet flora Mexicana. An easy way to recognize some of the more frequently met plants of Mexico as seen from the main highways. Dale S. King. Six Shooter Canyon, Globe, Arizona, 278 pp.

que les permite utilizar la humedad eficientemente; la resina de sus hojas previene la evaporación y refleja la luz para disminuir la temperatura de las hojas (Mabry *et al.*, 1977<sup>74</sup>). La tercera especie del estrato arbustivo es: ***Ephedra trifurca*** (cola de zorra), tiene una densidad de 22 individuos por ha. Presenta alturas entre 0.5 a dos metros, está distribuida por todo el desierto sonorense Valdés y Flores (1987<sup>75</sup>). Su follaje es color verde claro cuando es joven y conforme envejece se torna gris amarillento o verdoso, casi lisos, con numerosos surcos longitudinales (USDA, 2008<sup>76</sup>). Crece en suelos yesosos y dunas, dentro de vegetación de matorral xerófilo y pastizales, se desarrolla en altitudes de 10-2100 msnm, no se reportan usos potenciales para el hombre, pero es utilizada como refugio de aves y mamíferos pequeños (Villanueva L. y Fonseca R., 2011<sup>77</sup>).

En el **estrato Herbáceo junto con el de las Plantas Suculentas no se identificó ninguna especie**. Posiblemente, no se observaron plantas vivas en el estrato herbáceo porque al ser anuales, su ciclo de vida es reducido en el tiempo. Es decir, inicia cuando se presentan las escasas precipitaciones en el sitio y se desarrolla rápidamente en unos cuantos días o meses hasta su muerte, posteriormente a esto permanecen las plantas secas por un tiempo, pero no son contabilizadas en los muestreos.

Los principales factores que influyen en la baja densidad y cobertura vegetal de las especies que componen la Vegetación de desiertos arenosos, son la escasa precipitación anual, la presencia constante de una temperatura alta a lo largo de todo el año, la uniformidad en la composición del sustrato y la reducida influencia antropogénica causante de disturbios (Delgadillo, 1998<sup>78</sup>; Davies *et al.*, 2013<sup>79</sup>). Las especies de árboles predominantes en el ecosistema, se adaptaron mediante la aparición de hojas pequeñas que reducen la pérdida de agua.

Las plantas del desierto sonorense se desarrollan en condiciones ambientales muy adversas, por lo cual debemos apreciarlas más. Muchas de ellas crecen muy lentamente, por lo que llegan a vivir muchos años. Entre las plantas más longevas del desierto sonorense se

---

<sup>74</sup> Mabry TJ, Hunziker JH, DiFeo DR (eds.). 1977. Creosote bush: biology and chemistry of Larrea in New World deserts. Dowden, Hutchinson, Halsted Press, Stroudsburg, Philadelphia, 284 pp

<sup>75</sup> Valdés, J. y H. Flores. 1987. Las gimnospermas en la flora halófila y gipsófila de México. An. Inst. Biol. Ser. Bot. 57: 45–58.

<sup>76</sup> USDA, 2008. "Ephedra trifurca". Germplasm Resources Information Network (GRIN). Agricultural Research Service (ARS), United States Department of Agriculture (USDA). Retrieved 2008-04-17.

<sup>77</sup> Villanueva L. y Fonseca R. 2011. Revisión taxonómica y distribución geográfica de Ephedra (Ephedraceae) en México. Act. Bot. Mex. No. 96 Pátzcuaro.

<sup>78</sup> Delgadillo J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California. UABC, Ensenada, Baja California, 407 pp

<sup>79</sup> Davies, T.J., E.M. Wolkovich, N.J.B. Kraft, N. Salamin, J.M. Allen, T.R. Ault, J.L. Betancourt, K. Bolmgren, E.E. Cleland, B.I. Cook, T.M. Crimmins, S.J. Mazer, G.J. McCabe, S. Pau, J. Regetz, M.D. Schwartz y S.E. Travers. 2013. Phylogenetic conservatism in plant phenology (S. Bonser, ed.). Journal of Ecology 101(6): 1520-1530

encuentran los saguaros, que pueden vivir hasta ciento cincuenta años, y algunos individuos de palo fierro y gobernadora, pueden llegar a vivir más de cien años (Pierson y Turner, 1998<sup>80</sup>) (Tabla IV.28 a 30).

---

<sup>80</sup> Pierson, E. A. y Turner, R. M., 1998. An 85-year study of saguaro (*Carnegiea gigantea*) demography. Ecology, 79:2676-2693.

**Tabla IV.28.** IVI del estrato arbóreo en el AP.

Calculo de Indice de Valor de Importancia en el Área del Proyecto por Especie y Sitio.												
Estrato Arbóreo												
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 23,000 m2	Densidad absoluta / ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I. (%)
<i>Prosopis glandulosa</i>	Fabaceae	Árbol	Mezquite dulce	48	2	0.9	40	27	39.7	5	33	113
				49	1	0.4	20	16	23.5	4	27	70
				52	1	0.4	20	6	8.8	3	20	49
				60	1	0.4	20	19	27.9	3	20	68
<b>Total</b>				<b>5</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>68</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	

**Tabla IV.29.** IVI del estrato arbustivo en el AP.

Estrato Arbustivo												
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 2,300 m2	Densidad absoluta / ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I. (%)
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Zygophyllaceae	Arbusto	Gobernadora	35	2	9	1.8	12	2.2	5	1.6	6
				36	1	4	0.9	3	0.5	3	1.0	2
				36	1	4	0.9	4	0.7	2	0.6	2
				39	2	9	1.8	5	0.9	5	1.6	4
				40	1	4	0.9	3	0.5	2	0.6	2
				41	1	4	0.9	3	0.5	3	1.0	2
				43	1	4	0.9	4	0.7	3	1.0	3
				46	2	9	1.8	4	0.7	6	1.9	4
				47	3	13	2.6	7	1.3	12	3.8	8
				51	1	4	0.9	8	1.5	2	0.6	3
				52	3	13	2.6	13	2.4	15	4.8	10
				53	3	13	2.6	15	2.7	11	3.5	9
				54	1	4	0.9	3	0.5	4	1.3	3
				55	2	9	1.8	9	1.6	5	1.6	5
				56	1	4	0.9	5	0.9	3	1.0	3
57	1	4	0.9	3	0.5	2	0.6	2				
58	5	22	4.4	24	4.4	14	4.5	13				
59	9	39	7.9	48	8.7	28	8.9	26				
60	8	35	7.0	39	7.1	21	6.7	21				
<b>Subtotal</b>					<b>48</b>	<b>209</b>	<b>42.1</b>	<b>212</b>	<b>38.5</b>	<b>146</b>	<b>46.5</b>	<b>127</b>
<i>Ephedra trifurca</i>	Ephedraceae	Arbusto	Cola de zorra	41	1	4	0.9	4	0.7	3	1.0	3
				43	1	4	0.9	6	1.1	5	1.6	4
				44	1	4	0.9	5	0.9	4	1.3	3
				47	1	4	0.9	6	1.1	3	1.0	3
				52	1	4	0.9	5	0.9	3	1.0	3
<b>Subtotal</b>					<b>5</b>	<b>22</b>	<b>4.4</b>	<b>26</b>	<b>4.7</b>	<b>18</b>	<b>5.7</b>	<b>15</b>
<i>Atriplex canescens</i>	Amaranthaceae	Arbusto	Chamizo	36	1	4	0.9	5	0.9	2	0.6	2
				41	11	48	9.6	56	10.2	25	8.0	28
				43	3	13	2.6	16	2.9	7	2.2	8
				44	14	61	12.3	72	13.1	33	10.5	36
				46	2	9	1.8	7	1.3	5	1.6	5
				47	11	48	9.6	61	11.1	27	8.6	29
				49	3	13	2.6	16	2.9	7	2.2	8
				52	9	39	7.9	45	8.2	24	7.6	24
				54	1	4	0.9	4	0.7	2	0.6	2
				55	4	17	3.5	21	3.8	12	3.8	11
56	2	9	1.8	9	1.6	6	1.9	5				
<b>Subtotal</b>					<b>61</b>	<b>265</b>	<b>53.5</b>	<b>312</b>	<b>56.7</b>	<b>150</b>	<b>47.8</b>	<b>158</b>
<b>Total</b>					<b>114</b>	<b>496</b>	<b>100</b>	<b>550</b>	<b>100</b>	<b>314</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.30.** IVI de los estratos herbáceo y el de suculentas en el AP.

Estrato Herbáceo												
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta / ha	Densidad absoluta / ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I. (%)
Sin vegetación												

Estrato Suculentas												
Especie	Familia	Forma Biológica	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 23,000 m2	Densidad absoluta / ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I. (%)
Sin vegetación												

---

## Análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) de la Vegetación de Desiertos Arenosos en la Microcuenca.

A continuación, analizamos los resultados derivados del cálculo del IVI para los sitios de muestreo que se encuentran dentro de la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR, ya que este es el tipo de vegetación que resultará afectado con el cambio de uso de suelo. El número de sitios de muestreo realizados con esta vegetación son 98, derivado de los cuales se identificaron en el **Estrato Arbóreo seis especies con siete individuos por ha** promedio entre las seis especies; es decir, cinco de estas especies tienen en promedio un individuo por ha. Las dos especies con el valor de IVI más alto son: ***Prosopis glandulosa* 104.93%, ya que es la única con dos individuos por ha.** La segunda en importancia, de acuerdo con el valor de IVI 63 % es *Tamarix ramosissima* con un individuo por ha en promedio. Tres de las especies que integran este estrato, *Prosopis glandulosa*, *Olneya tesota* y *Cercidium microphyllum*, pertenecen a la familia de las **Fabaceas**; esta familia es la tercera más numerosa de las angiospermas con 20,000 especies y 750 géneros (Lewis *et al.*, 2013<sup>81</sup>). Son muy importantes en la nutrición animal, tanto por el valor alimenticio de frutos y semillas, como por el resto de la planta usada como forraje. Además, las leguminosas poseen una característica generalizada que es albergar en sus raíces **bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico**, asociación que origina los nódulos radicales que presentan.

**El Estrato Arbustivo lo componen seis especies y es el de mayor número de individuos con 428** por ha en promedio. De estas especies, las más representativas son: *Atriplex canescens* 148.1% y *Larrea tridentata* 107.4% y *Lycium berlandieri* con un 21.1%. Aún y cuando es el estrato dominante en el ecosistema, por ser el componente vegetal que domina el paisaje, la diversidad identificada en la Microcuenca resulta ser baja, respecto a otros estudios realizados en el ecosistema del Desierto Sonorense. La mayor cantidad de individuos de arbustos que uno observa en este ecosistema pertenecen al chamizo y la gobernadora, lo que nos indica que están perfectamente adaptadas a las condiciones extremas de escasa precipitación y altas temperaturas.

Las **plantas Herbáceas** se encuentran representadas por dos especies: *Euphorbia pediculifera* con un promedio de 82 individuos por ha, con un valor de IVI de 235.4% es la especie dominante en este estrato. La otra especie que compone el estrato es *Plantago ovata* que cuenta con 22 individuos en promedio por ha, y un valor de IVI de 64.6%. La existencia de dos especies en el estrato herbáceo, resulta ser un indicativo de la escasa y errática precipitación en la región. Al ser especies de ciclo de vida corto, días o meses, si al momento de realizar el muestreo no se encuentran vivas, no son registradas en los muestreos.

---

<sup>81</sup> Lewis, G.P., Schrire, B.D., Mackinder, B.A., Rico, L. y Clark, R. 2013. A linear sequence of legume genera set in a phylogenetic context — a tool for collections management and taxon sampling. South African Journal of Botany, 89: 76–84. Doi:10.1016/j.sajb.2013.06.005.

Finalmente, el Estrato de las **plantas Suculentas**, se encuentra representado por **cuatro especies de la familia Cactaceae**, con una densidad promedio de **un individuo por ha** para cada una de ellas. Las dos especies con los valores de IVI más alto son: *Cylindropuntia bigelovii*, *Cylindropuntia cholla* con el mismo valor de 80.8%. Estas especies al presentar un lento crecimiento, ciclo de vida largo y tener una capacidad adaptativa a las condiciones aridez. Una vez que se arraigan, pueden permanecer por muchos años en el sitio siendo un referente de otros fenómenos ambientales del ecosistema.

En general para los estratos Arbóreo y Suculentas localizamos una densidad reducida de un individuo por ha en promedio. Esto nos indica que los recursos disponibles en el ecosistema principalmente la disponibilidad de agua, no son suficientes para el establecimiento, desarrollo, crecimiento y reproducción de estas especies. Lo anterior, favorece la presencia de un paisaje extenso y homogéneo dominado por dos o tres especies de arbustos (**Tabla IV.31 a 33**).



**Tabla IV.31.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato arbóreo).

Cálculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación de desiertos arenosos en la Microcuenca - SAR.											
ESTRATO ARBÓREO											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 98,000 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Tamaricaceae	Pino salado Eurasiático	M24,124	12	1	16.81	2.45	23.08	24.00	23.08	63.0
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tlegh.) I.M. Johnst	Fouquieriaceae	Palo Adán, Ocotillo	M57,63	10	1	14.01	2.04	19.23	20.00	19.23	52.5
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Fabaceae	Palo fierro	M57,63	3	1	13.73	0.61	5.77	6.00	5.77	25.3
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Burseraceae	Torote	M57	5	1	13.73	1.02	9.62	10.00	9.62	33.0
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst.	Fabaceae	Palo verde, Dipú	121	2	1	13.73	0.41	3.85	4.00	3.85	21.4
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Fabaceae	Mezquite dulce	M120,150	20	2	28.01	4.08	38.46	40.00	38.46	104.9
<b>Total</b>				<b>52</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.32.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato arbustivo).

Cálculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación de desiertos arenosos en la Microcuenca - SAR.											
ESTRATO ARBUSTIVO											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 9,800 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Chamizo, Cenizo	M01,02,03,06,08,09,11,15,16,17,18,20,21,22,27,29,77,93,99,100,107,108,113,118,119,120,123,124,126,127,129,132,149,150,153,154,155,156,157	212	216	49.30	430.61	49.41	422	49.41	148.1
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville	Zygophyllaceae	Gobernadora	M08,10,15,16,17,18,21,22,23,24,27,28,29,32,37,47,50,51,57,61,63,77,86,87,88,92,93,96,97,99,100,103,104,105,107,111,113,116,117,122,123,127,129,130,132,133,135,144,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162	153	156	35.75	312.24	35.83	306	35.83	107.4
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Watson	Ephedraceae	Cola de zorra	M01,06,57,153,154	8	8	1.87	16.33	1.87	16	1.87	5.6
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Solanaceae	Frutilla, Cilindrillo	M18,23,29,120,132	30	31	7.01	61.22	7.03	60	7.03	21.1
<i>Asclepias subulata</i> Decne.	Apocináceas	Candelilla Bronca	M57,77	14	14	3.27	28.57	3.28	28	3.28	9.8
<i>Encelia farinosa</i> Torr & A. Gray	Asteraceae	Incienso, rama blanca	M61,63	11	11	2.57	22.45	2.58	22	2.58	7.7
<b>Total</b>				<b>428</b>	<b>437</b>	<b>100</b>	<b>871</b>	<b>100</b>	<b>854</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Tabla IV.33.** Análisis del IVI para la Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR (estrato herbáceo y suculentas).

Cálculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación de desiertos arenosos en la Microcuenca - SAR.											
ESTRATO HERBÁCEO											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 5,450 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Euphorbia pedunculifera</i> Engelm.	Euphorbiaceae	Lentejilla	M03,04,05,08,09	40	82	78.43	157.98	78.55	80	78.43	235.4
<i>Plantago ovata</i> Forssk.	Plantaginaceae	Llantén	140,142	11	22	21.57	43.14	21.45	22	21.57	64.6
<b>Total</b>				<b>51</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>201</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Cálculo del Índice de Valor de Importancia para los muestreos de vegetación de desiertos arenosos en la Microcuenca - SAR.											
SUCULENTAS											
Especie	Familia	Nombre común	No. de sitio	Densidad absoluta 109,000 m <sup>2</sup>	Densidad/ ha	Densidad Relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa (%)	I.V.I.
<i>Carnegiea gigantea</i> Britton & Rose	Cactaceae	Saguaro	M57,63	3	1	25.00	1.00	25.00	6	23.08	73.1
<i>Cylindropuntia bigelovii</i> (Engelm.) F.M.Knuth	Cactaceae	Cholla güera	63,131,136	4	1	25.00	1.00	25.00	8	30.77	80.8
<i>Cylindropuntia cholla</i> (Engelm. & Bigelow) F.M.	Cactaceae	Cholla pelona	99,114	4	1	25.00	1.00	25.00	8	30.77	80.8
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	Cactaceae	Pitallo Dulce	M63,89,	2	1	25.00	1.00	25.00	4	15.38	65.4
<b>Total</b>				<b>13</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

---

## Comparación del Índice de Valor de Importancia entre los Sitios de Vegetación de Desiertos Arenosos del SAR y el Área del Proyecto.

Si comparamos los resultados del análisis del IVI para los sitios de muestreo en el Área del Proyecto (AP) contra los sitios de muestreo realizados en el SAR dentro del polígono con Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA). Podemos observar que, tanto la riqueza de especies y la abundancia de individuos por ha dentro del AP es menor respecto a la VDA. **En el AP se identificaron un total de cuatro especies englobando los cuatro estratos analizados con una densidad promedio de 498 individuos por ha. Mientras que, en los sitios con VDA del SAR se determinaron 18 especies con 511 individuos promedio por ha.** Es importante señalar que tanto en el AP como en los sitios de VDA, el estrato con más especies fue el Arbustivo, seguido del arbóreo, suculentas y finalmente el menos diverso y abundante es el herbáceo. Otra cosa que debemos resaltar es que la totalidad de las especies identificadas en el AP se encuentran ampliamente distribuidas en la VDA. Si analizamos estrato por estrato, en la VDA existen en promedio más especies e individuos por ha respecto del AP.

El estrato Arbustivo al ser el más representativo en este ecosistema, nos indica que los recursos ambientales no son suficientes para el establecimiento y permanencia de las especies arbóreas. Por lo que, son solamente suficientes para el establecimiento de especies de porte intermedio características del estrato arbustivo. Estas especies, se encuentran perfectamente adaptadas anatómicamente y fisiológicamente a las condiciones ambientales extremas, existentes en el ecosistema del Desierto Sonorense. Es importante resaltar la baja presencia de individuos en el estrato de las herbáceas, puede deberse a la escasa y errática precipitación que se presenta en la región, aunado con una intensa radiación solar y altas temperaturas, no permiten el establecimiento de las especies arbóreas (**Tabla IV.34**). Las memorias de cálculo del IVI están disponibles en formato Excel dentro del Anexo IV.8.

**Tabla IV.34.** Comparación del IVI entre los sitios de Vegetación de Desiertos Arenosos del SAR y el AP.

Calculo del IVI para el Área del Proyecto y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el (SAR).					
Estrato Arbóreo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	2	270	2	104.9
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Palo Fierro	---	---	1	25.3
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M.	Palo Verde	---	30	1	21.4
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Pino Salado	---	---	1	63
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tlegh.) I.M. Johnst.	Ocotillo	---	---	1	52.5
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Torote Colorado	---	---	1	33
<b>No. de individuos</b>		<b>2</b>	<b>300</b>	<b>7</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>1</b>		<b>6</b>	

Estrato Arbustivo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Chamizo	265	158	216	148.1
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Gobernadora	209	127	156	107.4
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Frutilla	---	---	31	21.1
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Cola de Zorra	22	15	8	5.6
<i>Asclepias subulata</i>	Candelilla Bronca	---	---	14	9.8
<i>Encelia farinosa</i> Torr & A. Gray	Incienso	---	---	11	7.7
<b>No. de individuos</b>		<b>496</b>	<b>300</b>	<b>436</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>3</b>		<b>6</b>	

Estrato Herbáceo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Euphorbia pediculifera</i> Engelm.	Lentejilla	---	---	82	235.4
<i>Plantago Ovata</i>	Llantan	---	---	22	64.6
<b>No. de individuos</b>		<b>0</b>		<b>104</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>0</b>		<b>2</b>	

Estrato Sucentas		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Cylindropuntia cholla</i> (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in	Cholla	---	---	1	80.8
<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	Cholla Guera	---	---	1	80.8
<i>Carnegiea gigantea</i>	Saguaro	---	---	1	73.1
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	Pitaya dulce	---	---	1	65.4
<b>No. de individuos</b>		<b>0</b>		<b>4</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>0</b>		<b>4</b>	

<b>No. de individuos Total</b>		<b>498</b>		<b>551</b>	
<b>No. de especies Total</b>		<b>4</b>		<b>18</b>	

## **Biodiversidad**

La biodiversidad se define como "La variabilidad de organismos vivos de cualquier tipo". Estos se pueden encontrar formando parte de los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos. Los sistemas ecológicos están integrados por un grupo de especies, la variabilidad se presenta dentro de cada especie, entre las especies y entre los ecosistemas". No obstante, a efecto de evitar la ambigüedad o discrecionalidad de lo que se establece en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, debemos aclarar que el término de biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca la diversidad de especies de plantas y animales que viven en un sitio, su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes (PROFEPA, 2018<sup>82</sup>).

## **Índice de Diversidad Shannon-Wiener**

El índice de Shannon o índice de Shannon-Wiener se utiliza para medir la biodiversidad específica de un sitio determinado. Este concepto en ecología de comunidades ha sido durante años intensamente discutido por los ecólogos, derivándose de su utilización algunos problemas de tipo semántico, conceptual y técnico Hurlbert, 1971<sup>83</sup>. Sin embargo, a pesar de los debates y las precauciones que se deben tener en cuenta al aplicarlos, los índices de diversidad continúan siendo populares entre los ecólogos. Es importante señalar que si bien, como ocurre con numerosos métodos, el cálculo a través de los índices de diversidad es relativamente sencillo, aún desde un conocimiento rudimentario, pero es fundamental al utilizarlos considerar atentamente sus limitaciones para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

Las comunidades biológicas poseen una propiedad emergente, la diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades, este atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies. El segundo componente es la equitatividad, que se refiere a cómo se distribuye la abundancia de las especies de la comunidad. La equitatividad máxima se logra cuando todas las especies de la comunidad tienen el mismo número de individuos. Margalef, 1972<sup>84</sup> refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente varía de 0 a 5, e interpreta los valores menores de 2 como diversidad baja, de 2 a 3.5 media y superiores a 3.5 como diversidad alta.

---

<sup>82</sup> PROFEPA, 2018. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. DOF. 05-06-2018. 135 p.

<sup>83</sup>Hurlbert, S.H. (1971). Nonconcept of species diversity - critique and alternative parameters. Ecology, 52: 577.

<sup>84</sup>Margalef, R. 1972. Homage to E. Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences 44: 211-235.

Este índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S = Número de especies (riqueza de especies)

Pi= Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir, la abundancia relativa de la especie i) ni/N

ni= Número de individuos de la especie i

N=Número de todos los individuos de todas las especies

### Índice de Diversidad Simpson

El índice de diversidad de Simpson es una fórmula que se utiliza para medir la diversidad de una comunidad. En ecología, a menudo se utiliza el índice de Simpson (entre otros índices) para cuantificar la biodiversidad de una comunidad. Esta toma en cuenta la cantidad de especies presentes en la comunidad, así como la abundancia de esta. A medida que la riqueza y la equitatividad de las especies aumentan, la diversidad aumenta. El índice de diversidad de Simpson es una medida de la diversidad que tiene en cuenta tanto la riqueza como la equitatividad.

Las comunidades más estables tienen un gran número de especies que se distribuyen de manera bastante uniforme en poblaciones de buen tamaño. La contaminación a menudo reduce la diversidad al favorecer a unas pocas especies dominantes. La diversidad es, por lo tanto, un factor importante en la gestión exitosa de la conservación de especies.

El índice de Simpson es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma comunidad y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango del índice de Simpson va de 0 a 1. Es decir, cuanto más se acerca el valor de D a 1, menor es la diversidad del hábitat. En cambio, cuanto más se acerca el valor de D a 0, mayor es la diversidad del hábitat. Esto no es fácil de interpretar de manera intuitiva y podría generar confusión, razón por la cual se llegó al consenso de restar el valor de D a 1, quedando de la siguiente manera: 1- D. En este caso, el valor del índice también oscila entre 0 y 1, pero ahora, cuanto mayor es el valor, mayor es la diversidad de la muestra.

$$D = \sum (n/N)^2$$

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

n = el número total de organismos de una especie en particular.

N = el número total de organismos de todas las especies.

El valor de D oscila entre 0 y 1:

Si el valor de D da 1, significa diversidad infinita.

Si el valor de D da 0, significa que no hay diversidad.

### Índice de Equitatividad de Pielou

Índice de Equidad de Pielou ( $J'$ ) mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad.

La equitatividad se acerca a cero cuando una especie domina sobre todas las demás en la comunidad y se acerca a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares. Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total.

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Donde:

$H'$  = índice de Shannon-Wiener

$\log_2 S$  = es la diversidad máxima ( $H'$ max) que se obtendría si las distribuciones de las abundancias de las especies en la comunidad fuesen perfectamente equitativas

### Índice de Margalef

El índice de diversidad específica de Margalef, es una medida utilizada en ecología para estimar la diversidad de una comunidad, con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

Valores por debajo de 2 suelen hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad (antropizados) y superiores a 5 son producto de ecosistemas diversos.



$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Donde:

S= es el número de especies presentes

N= es el número de individuos encontrados

## Vegetación

### Análisis de diversidad en la Microcuenca (Tabla IV.35)

**Tabla IV.35.** Índices de diversidad por estrato en el SAR.

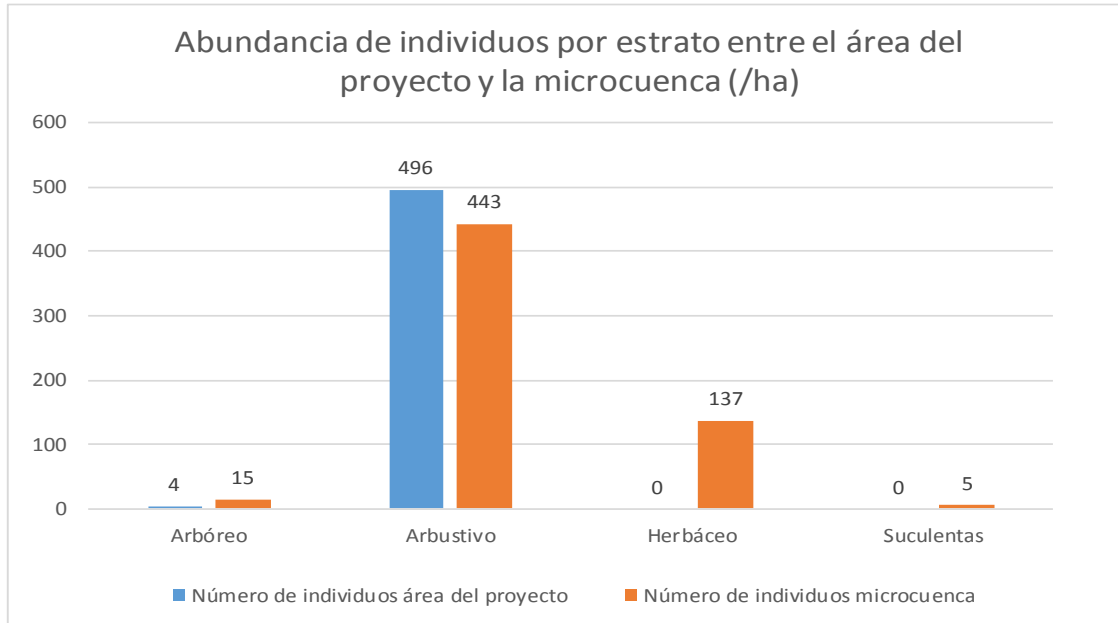
Índices de diversidad de especies de flora por estrato en la Microcuenca							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos Arenosos	15	7	1.7490	0.8571	0.8988	2.2156
Arbustivo		443	8	1.3270	0.6589	0.6382	1.1488
Herbáceo		137	2	0.6910	0.5015	0.9969	0.2033
Suculentas		5	5	1.6094	1.0000	1.0000	2.4853

Las características del desierto son fácilmente identificables al corresponder a un suelo árido donde las temperaturas son extremas y las precipitaciones muy escasas. En realidad, el bioma desértico es el más seco de todos, con un paisaje prácticamente desnudo donde la ausencia de vegetaciones es palpable, se trata de medios particularmente hostiles.

Las principales características de un desierto son las precipitaciones donde prácticamente son nulas, además de presentar suelos tipo arenosos, que generalmente crean un paisaje de color gris y amarillento por la arena.

Así pues, tanto la fauna como la flora de estos biomas es escasa y, de hecho, las pocas especies que podemos encontrar muestran grandes rasgos de adaptación a fin de poder sobrevivir en uno de los biomas más hostiles de la Tierra, los resultados de nuestros muestreos de vegetación son reflejo de las condiciones antes mencionadas al solo registrarse 16

especies en los cuatro estratos clasificados, en la siguiente grafica se representa lo anterior, el número de individuos en ambas áreas, para los cuatro estratos (**Figura IV.30**).



**Figura IV.30.** Abundancia de individuos por estrato.

A continuación, describimos el comportamiento del estrato arbóreo por medio de la riqueza de especies, índices de diversidad Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef e índice de equitabilidad de Pielou.

Es importante mencionar que este análisis se hace a partir de los datos registrados en campo extrapolados a una hectárea, esto para que sea posible hacer más adelante una comparación con la información del área del proyecto.

El **estrato arbóreo** registro las especies *Prosopis glandulosa*, *Cercidium microphyllum* (Torr.) Rose & I.M. Johnst, *Bursera hindsiana* (Benth.) Engl., *Bursera microphylla* A. Gray, *Olneya tesota* A. Gray, *Fouquieria diguetii* (Tlegh.) I.M. Johnst., *Tamarix ramosissima* Ledeb con 15 individuos/hectárea.

El primero de los índices en analizar es el índice de Shannon que es un índice de los más usados en las investigaciones ecológicas, ya que su aplicación conlleva ciertas ventajas, comparadas con los otros índices de diversidad, por ejemplo, este índice no es afectado de manera significativa por el tamaño de la muestra.

Al registrar siete especies el Índice de diversidad de **Shannon-Wiener** nos da un valor de 1.7490, este valor está por debajo de los valores normales para este índice que son de dos a tres, y como sabemos el valor de tres nos indicaría una alta biodiversidad, por consecuencia nos refleja una baja diversidad en la microcuenca para este estrato.

El siguiente índice en analizar es el **de Simpson** que es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango para este índice va de 0 a 1, así tenemos que en cuanto más cerca sea el valor a cero, mayor es la diversidad del hábitat, el valor de este índice para este estrato es de 0.8871, por lo que de acuerdo a este índice el hábitat presenta baja diversidad.

El índice de equitabilidad **de Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, en esta ocasión el valor del índice de Pielou para el estrato arbóreo es de 0.8988, un valor muy cercano a 1 lo que nos indica que las especies registradas en el estrato comparten abundancias similares en el hábitat.

Por último, para este estrato tenemos el índice **de Margalef** con un valor de 2.2156, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Este valor esta apenas por encima de dos por lo que indica poca diversidad en el ecosistema, al tener como máxima referencia un valor de cinco para este índice.

A continuación, se presenta el análisis del **estrato arbustivo** con los diferentes índices, donde se registra un total de ocho especies: *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Ephedra trifurca* Torr. ex S.Wats., *Lycium berlandieri* Dunal, *Asclepias subulata*, *Jatropha cuneata* Wiggins & Rollins, *Encelia farinosa* Torr. & A. Gray y *Peucephyllum schottii* con 443 individuos/hectárea, es importante mencionar que este es el estrato con mayor riqueza, congruente con las características descritas del ecosistema.

Para el estrato arbustivo el índice **Shannon-Wiener** es de 1.3270, aunque como se mencionó este es el estrato que más riqueza registra en cuanto a número de especies e individuos registrados, el valor 1.3270 es más cercano a cero que a cinco que es el valor más alto para este índice y el que representa la mayor diversidad, por lo que nos dice este valor es que en ecosistema existe una baja diversidad.

El índice **de Simpson** tiene un valor de 0.6589 apenas por encima de la parte media de los valores de referencia que maneja este índice que van de cero a 1, lo que nos indica que el número total de individuos se distribuye de una manera más o menos uniforme.

El 0.6382 del valor del índice de equitatividad **de Pielou** nos hace referencia a que las ocho especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es más cercano a 1 donde todas las especies serían igualmente abundantes.

Por último tenemos el índice **de Margalef** que se utiliza en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos, este valor es de 1.1488, lo cual representa un valor bajo de diversidad considerando que el valor más alto para este índice es de cinco y se presenta cuando hay un número relativamente grande de especies.

Para presentar el análisis correspondiente para el **estrato herbáceo** es importante mencionar que solo se tienen dos especies registradas *Euphorbia pediculifera Engelm.* y *Plantago ovata* con 137 individuos/hectárea.

En este estrato al solo registrar dos especies se espera que el resultado de los índices sea relativamente bajo, y es el caso del valor del índice **de Shannon-Wiener** que nos da es de 0.6910, el siguiente índice **de Simpson** tiene un valor de 0.5015, en seguida se tiene el análisis del índice **de Margalef** con valor de 0.2033 un valor muy bajo considerando que el mejor valor para este índice es de cinco.

Por otro lado, tenemos el índice de Pielou de 0.9969, muy cercano a la unidad nos indica que las dos especies existentes presentan una abundancia muy parecida.

Finalmente tenemos el estrato alusivo **a suculentas**, donde se registra un total de cinco especies: *Carnegiea gigantea*, *Mammillaria dioica K. Brandegeee*, *Cylindropuntia cholla (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in Backeb.*, *Cylindropuntia bigelovii subsp. ciribe (Engelm. ex J.M.Coult.)* y *Stenocereus thurberi (Engelm.) Buxbaum*. Con un total estimado de cinco individuos/hectárea.

El índice **de Shannon-Wiener** nos da un valor de 1.6094, este valor está por debajo de los valores normales para este índice que son de dos a tres, esto nos representa la baja diversidad de especies en el área de la microcuenca.

El índice **de Simpson** nos da un valor de 1.0000, esto nos indica según los rangos que maneja este índice que no existe dominancia de alguna especie, y es acorde ya que se estimó un individuo para cada especie registrada para este estrato.

El índice de equitatividad **de Pielou** nos da un valor de 1.000, esto nos indica según los rangos que maneja el antes mencionado índice que todas las especies son igualmente abundantes. Por último, tenemos el índice **de Margalef** con un valor de 2.4853, tenemos un valor entre 2 y

3 lo que nos indica que el número de especies es relativamente bueno, muy de acorde a las características presentadas de un hábitat desértico.

Estos resultados coinciden con las características que al principio se describen típicas de un hábitat desértico con paisajes de suelos desnudos carentes de vegetación, donde las pocas especies que existen desarrollan características particulares de sobrevivencia en estos medios hostiles, y que fue reflejo en los muestreos de flora empleados para realizar la descripción del área para la construcción del proyecto que nos ocupa (Tabla IV.36).

### Análisis de diversidad Área del proyecto

**Tabla IV.36.** Índices de diversidad por estrato en el AP.

Índices de diversidad de especies de flora por estrato en el Área del Proyecto							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos arenosos	2	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Arbustivo		496	3	0.8373	0.5361	0.7621	0.3222
Herbáceo		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suculentas		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Los resultados de nuestros muestreos de vegetación en el área del proyecto no marcan mucha diferencia entre los resultados de los muestreos de vegetación para la microcuenca (SAR), en el área del proyecto se registraron cuatro especies compartidas con el área SAR. A continuación, describimos el comportamiento del estrato arbóreo por medio de la riqueza de especies, índices de diversidad Shannon-Wiener, de Simpson, de Matgalef e índice de equitatividad de Pielou.

El **estrato arbóreo** la única especie que se registró es *Prosopis glandulosa*, con cuatro individuos, aquí es importante mencionar que para poder desarrollar más adelante una comparación entre la biodiversidad del área del proyecto y la que se presenta en el SAR, los datos obtenidos en campo para los cuatro estratos se extrapolaron una hectárea.

El primero de los índices en analizar es el índice de Shannon que es un índice de los más usados en las investigaciones ecológicas, ya que su aplicación conlleva ciertas ventajas, comparadas con los otros índices de diversidad, por ejemplo, este índice no es afectado de manera significativa por el tamaño de la muestra.

Al solo registrar una especie el Índice de diversidad de **Shannon-Wiener** nos da un valor de  $H = 0.0000$ , este resultado era esperado ya que, al tener registro de solo una especie en el estrato, no se puede llevar a cabo este análisis y se infiere que no existe diversidad de las especies arbóreas en el área del proyecto.

El siguiente índice en analizar es el de **Simpson** que es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango para este índice va de 0 a 1, así tenemos que en cuanto más cerca sea el valor 0 menor es la diversidad del hábitat, el valor de este índice para este estrato es de 0.0000, por lo que de acuerdo a este índice el hábitat no presenta una diversidad nuevamente para este estrato.

El índice de equitatividad de **Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, en esta ocasión el valor del índice de Pielou para el estrato arbóreo es de  $J = 0.0000$ , lo que nos indica la poca abundancia que hay en este sitio.

Por último tenemos el índice de **Margalef** con un valor de 0.0000, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Los valores por debajo de dos nos hacen referencia a ecosistemas con poca diversidad, en este caso el valor está por muy debajo de dos lo que es congruente con la información registrada en el estrato solo se tiene el registro de una especie, poca diversidad en el hábitat congruente con el ecosistema desértico.

A continuación, se presenta el análisis del estrato arbustivo con los diferentes índices, donde se registra un total de tres especies con 496 individuos, es importante mencionar que este es el estrato con mayor riqueza, congruente con las características descritas del ecosistema.

Para el **estrato arbustivo** el índice de **Shannon-Wiener** es de 0.8373, aunque como se mencionó este es el estrato que más riqueza registra en cuanto a número de especies e individuos registrados, el valor 0.8373 es más cercano a cero que a cinco que es el valor más alto para este índice y el que representa la mayor diversidad, por lo que nos dice este valor es que en el ecosistema existe una baja diversidad para las especies arbustivas.

El índice de **Simpson** tiene un valor de 0.5361 justo está en la parte media de los valores de referencia que maneja este índice que van de cero a 1, lo que nos indica que el número total de especies se distribuye de una manera más o menos uniforme.

El 0.7621 del valor del índice de equitatividad de **Pielou** nos hace referencia a que a que las tres especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es más cercano a la unidad donde todas las especies serían igualmente abundantes. Por último tenemos el índice de **Margalef** que presenta un valor de 0.3222, que es un valor bajo ya esperado por el poco registro de especies en el estrato, solo se registraron tres especies y para este índice en menor valor que puede registrarse es cero cuando existe una especie en la muestra, así que tenemos un resultado congruente con los datos registrados en el trabajo de campo.

Para presentar el análisis correspondiente para el **estrato herbáceo** es importante mencionar que no se registró ninguna especie lo que nos indica que este estrato carece de riqueza, biodiversidad y composición herbácea, situación que queda evidenciada con los resultados de los índices aplicados donde son de 0.0000 para todos.

El estrato alusivo a las **Suculentas** presenta una situación parecida que el estrato herbáceo no se presentó el registro de ninguna especie, por lo que es explicable que los diferentes índices aplicados para el análisis de biodiversidad nos dan resultado de 0.0000.

Estos resultados coinciden con las características que al principio se describen típicas de un hábitat desértico con paisajes de suelos desnudos carentes de vegetación, castigados por las altas temperaturas y bajas precipitaciones, sequías y muchas veces antropizados que limitan el desarrollo de la vegetación y la poca que existe es porque desarrollo características particulares de sobrevivencia en estos medios hostiles, y que fue reflejado en los trabajos de muestreo de flora para realizar la descripción del área para la construcción del proyecto que nos ocupa.

#### **Análisis de biodiversidad para Vegetación Desiertos Arenosos de la microcuenca/SAR**

**Vegetación de Desiertos Arenosos (VD):** Esta comunidad vegetal está constituida principalmente por arbustos perennes, cuyas raíces perforantes se anclan en la arena no consolidada y forman colonias por reproducción vegetativa. Se agrupan por “manchones” en desiertos sumamente áridos. Este tipo de vegetación ocupa la mayor extensión dentro de la superficie de la microcuenca/SAR; se extiende en 31,432.6 ha o el 88.5% de la superficie, mientras que en el área del proyecto ocupa el 100% de la superficie (813.52 ha).

Las especies que identificamos en los muestreos de vegetación para el estrato arbóreo son: ***Tamarix ramosissima*** (Pino salado), ***Fouquieria diguetii*** (Palo Adán), ***Olneya tesota*** (Palo fierro), ***Bursera microphylla*** (Torote colorado), ***Prosopis glandulosa*** (Mezquite dulce); en el estrato arbustivo existen: ***Larrea tridentata*** (Gobernadora, Hediondilla), ***Atriplex canescens*** (Chamizo), ***Ephedra trifurca*** (Cola de zorra), ***Lycium berlandieri*** (Frutilla), ***Asclepias subulata*** (Candelilla bronca) y ***Encelia farinosa*** (Inciense). Mientras que en el estrato herbáceo se identificó solamente a ***Euphorbia pediculifera*** (Lentejilla) y en el estrato

de las suculentas cuatro especies: ***Carnegiea gigantea* (Saguaro)**, ***Cylindropuntia bigelovii* (Cholla güera)**, ***Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum** (**Pitahaya Dulce**). Este tipo de vegetación cubre amplias regiones, principalmente en las zonas áridas del estado de Sonora (Tabla IV.37).

**Tabla IV.37.** Índices de diversidad para Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR.

Índices de diversidad para vegetación de Desiertos Arenosos de la Microcuenca/SAR							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J'')
Arbóreo	Vegetación de desiertos Arenosos	7	6	1.7492	0.9472	0.9763	2.5177
Arbustivo		437	6	1.1824	0.6213	0.6599	0.8225
Herbáceo		104	2	0.5160	0.3368	0.7444	0.2153
Suculentas		4	4	1.3863	1.0000	1.0000	2.1640

El primero de los índices en analizar es el índice de Shannon que es un índice de los más usados en las investigaciones ecológicas, ya que su aplicación conlleva ciertas ventajas, comparadas con los otros índices de diversidad, por ejemplo, este índice no es afectado de manera significativa por el tamaño de la muestra.

El **estrato arbóreo** al registrar seis especies el Índice de diversidad **de Shannon-Wiener** nos da un valor de 1.7492, este valor está por debajo de los valores normales para este índice que van de dos a tres, esto nos representa la baja diversidad de especies arbóreas presentes en la vegetación de desiertos arenosos del área de la microcuenca, situación que se pudo ver en los trabajos de campo y se evidencia en el anexo fotográfico.

El siguiente índice en analizar es el **de Simpson** que es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango para este índice va de 0 a 1, así tenemos que en cuanto más cerca sea el valor a 0 mayor es la diversidad del hábitat, el valor de este índice para este estrato es de 0.9472 por lo que de acuerdo a este índice hay una dominancia de alguna especie para este estrato, las especie que domina es *Atriplex canescens*.

El índice de equitabilidad **de Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, en esta ocasión el valor del



índice de Pielou para el estrato arbóreo es de 0.9763, por lo tanto, todas las especies para este estrato comparten abundancias.

Por último tenemos el **índice de Margalef** con un valor de 2.5117, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Este valor está entre 2 y 3 por lo que indica que no hay un número relativamente grande de especies registradas con el número de individuos registrados.

A continuación, se presenta el análisis del **estrato arbustivo** con los diferentes índices, donde se registra un total de seis especies: *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt, *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Ephedra trifurca* Torr. ex S.Wats., *Lycium berlandieri* Dunal, *Asclepias subulata* y *Encelia farinosa* Torr & A. Gray con 437 individuos/hectárea, es importante mencionar que este es el estrato con mayor riqueza, congruente con las características descritas del ecosistema.

Para el **estrato arbustivo** el índice **Shannon-Wiener** es de 1.1824, aunque como se mencionó este es el estrato que más riqueza registra en cuanto a número de especies e individuos registrados, el valor 1.1824 es más cercano a cero que a cinco que es el valor más alto para este índice y el que representa la mayor diversidad, por lo que nos dice este valor que las seis especies registradas presentan baja diversidad en el ecosistema.

El índice **de Simpson** tiene un valor de 0.6213 justo en la parte media de los valores de referencia que maneja este índice que van de cero a 1, lo que nos indica que el número total de individuos se distribuye de una manera más o menos uniforme. El resultado de 0.6599 del valor del índice de equitabilidad **de Pielou** nos hace referencia a que las seis especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es más cercano a 1 donde todas las especies serían igualmente abundantes.

Por último tenemos el **índice de Margalef** que presenta un valor de 0.8225, lo cual representa un valor bajo de diversidad en congruencia con el número de individuos registrados y para este índice el menor valor que puede registrarse es cero.

Para presentar el análisis correspondiente para el **estrato herbáceo** es importante mencionar que solo se tienen dos especies registradas *Euphorbia pediculifera* Engelm. con 82 individuos/hectárea. y *Plantago ovata* con 22

Donde el índice **Shannon-Wiener** es el índice que se usa para medir la biodiversidad específica el cual en la mayoría de los ecosistemas naturales varía de 0.5 y 5 para este estrato el valor que nos da es de 0.5160, como los valores inferiores a dos se consideran bajos de diversidad entonces este estrato es bajo con las especies registradas.

El siguiente índice en analizar es el **de Simpson** también conocido índice de dominancia nos da un valor de 0.3368, el rango de este índice nos dice que entre más cerca el valor de este índice a la unidad existe más posibilidad de dominancia de una especie, lo que nos dice que no hay dominancia de alguna especie de las dos registradas. El resultado de 0.7444 del valor del índice de equitabilidad **de Pielou** nos hace referencia a que las dos especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es más cercano a 1 donde todas las especies serían igualmente abundantes.

El **índice de Margalef** el valor mínimo que puede tener es de cero y ocurre cuando solo existe una especie registrada y el máximo valor es de cinco cuando el número de especies es relativamente grande en este ejercicio el valor que nos da es de 0.2153, lo cual representa un valor bajo de diversidad en congruencia con solo las cuatro especies registradas.

Lo que nos indica que este estrato carece de riqueza, biodiversidad y composición herbácea, situación que queda evidenciada con los resultados de los índices aplicados donde todos dan valores por debajo de los rangos que presentarían las mejores condiciones.

Finalmente tenemos el estrato alusivo a **suculentas**, donde se registra un total de cuatro especies: *Carnegiea gigantea*, *Cylindropuntia cholla* (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in Backeb., *Cylindropuntia bigelovii* subsp. *ciribe* (Engelm. ex J.M.Coult.) y *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum. Con un total de cuatro individuos/hectárea.

El índice **de Shannon-Wiener** nos da un valor de 1.3863, este valor está por debajo de los valores normales para este índice que son de dos a tres, esto nos representa la baja diversidad de especies arbóreas para la vegetación de Desiertos Arenosos de la microcuenca, esto de acuerdo con los rangos que maneja este índice.

El índice **de Simpson** nos da un valor de 1.0000, esto nos indica según los rangos que maneja este índice que no existe diversidad, ya que las cuatro especies tienen un individuo registrado, esto de acuerdo con los rangos que maneja este índice que van de cero a uno.

El índice de equitabilidad **de Pielou** nos da un valor de 1.0000, esto nos indica según los rangos que maneja el índice antes mencionado que todas las especies comparten abundancias similares.

Por último tenemos el **índice de Margalef** con un valor de 2.1640, tenemos un valor apenas por encima de dos lo que nos indica que la diversidad es baja, por las cuatro especies registradas en este estrato.

Estos resultados coinciden con las características que al principio se describen típicas de un hábitat desértico con paisajes de suelos desnudos carentes de vegetación, donde las pocas

especies que existen desarrollan características particulares de sobrevivencia en estos medios hostiles, y que fue reflejo en los muestreos de flora empleados para realizar la descripción del área para la construcción del proyecto que nos ocupa.

### **Análisis de biodiversidad para Vegetación de Desiertos Arenosos (muestreos de la microcuenca) con el área del proyecto.**

La diversidad es un interesante parámetro del conjunto del ecosistema, expresa el número de especies y abundancia relativa de las mismas en una comunidad. Se pueden distinguir comunidades de baja diversidad como los médanos, charcos efímeros y comunidades de alta diversidad, como las selvas tropicales y los arrecifes de coral.

Cuando todos los individuos pertenecen a la misma especie, el índice es cero, significa que la diversidad es nula. Por lo contrario, altos valores del índice corresponden a una gran diversidad específica en la comunidad, cuando ocurren condiciones favorables del medio que permite la instalación de numerosas especies, como ocurre en el caso de una selva clímax. Bajos valores de índice implican condiciones desfavorables, con pocas especies adaptadas a esas situaciones extremas, que sería el caso de las comunidades halófilas.

Así se puede decir que:

- La diversidad es baja en comunidades transitorias, muy explotadas o bajo condiciones ambientales precarias y muy fluctuantes.
- La diversidad aumenta al pasar un ecosistema de condiciones rigurosas o extremas a condiciones óptimas.
- La diversidad aumenta desde regiones templadas a tropicales y desde colinas arenosas a bosques.

El Índice de diversidad se calcula a través de expresiones matemáticas que relacionan el número de especies de una comunidad y los valores de importancia tales como número, biomasa, productividad, etc., de los individuos, A continuación, se desarrolla un análisis entre los puntos de muestreo con tipo de vegetación de desiertos arenosos identificados en la microcuenca y los resultados obtenidos para el área del proyecto que presenta este mismo tipo de vegetación, y que sería la vegetación afectada con la instalación del proyecto (**Tabla IV.38**).

**Tabla IV.38.** Análisis de los índices de diversidad de la VDA en el SAR y AP.

Índices de diversidad para vegetación de desiertos arenosos del Área del Proyecto							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos arenosos	4	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Arbustivo		496	3	0.8373	0.5361	0.7621	0.3222
Herbáceo		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suculentas		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Índices de diversidad para vegetación de desiertos arenosos de la Microcuenca/SAR							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos Arenosos	7	6	1.7492	0.9472	0.9763	2.5177
Arbustivo		437	6	1.1824	0.6213	0.6599	0.8225
Herbáceo		104	2	0.5160	0.3368	0.7444	0.2153
Suculentas		4	4	1.3863	1.0000	1.0000	2.1640

Empezaremos por analizar la riqueza para el estrato arbóreo de los muestreos de la microcuenca con tipo de vegetación desértico arenosa, el cual presenta seis especies con siete individuos por hectárea, este estrato en cuestión de riqueza específica presenta más especies que el estrato arbóreo del área del proyecto. En general este análisis presenta mejores condiciones que el que se tiene para el área del proyecto en los cuatro estratos ya que tenemos un total de 18 especies con 552 individuos estimados por hectárea mientras que en el predio del proyecto se registraron solo cuatro especies con 500 individuos, enseguida se desarrollara un análisis por cada estrato.

Para el **estrato arbóreo** el índice de **Shannon-Wiener** presenta los valores de 1.7492 y de 0.0000 respectivamente, considerando que este índice presenta valores que van de 0.5 a 5 donde los valores menores a dos se consideran bajos en biodiversidad, se puede concluir que el área del proyecto presenta una menor biodiversidad por presentar aun el valor más bajo, en

los muestreos de campo esta condición pudo ser observada, al ver las pocas comunidades vegetativas en el área.

El índice **de Simpson** presenta los valores de 0.9472 para el análisis del tipo de vegetación desiertos arenosos de la microcuenca y de 0.0000, que de acuerdo con los muestreos de este estrato la especie de *Prosopis glandulosa* es ampliamente dominante en la vegetación de desiertos arenosos como en el área del proyecto, y como en el análisis solo se registró una especie el resultado para este estrato es de 0.0000 para el área del proyecto.

Enseguida tenemos los valores para el índice de equitatividad **de Pielou**, este índice presenta rangos que van de cero a uno, y en nuestro análisis tenemos 0.9763 para el análisis de vegetación de desiertos arenosos y 0.0000 para el área del proyecto, lo que nos dice que las especies registradas en la vegetación de desiertos arenosos son igual de abundantes entre sí, y representan mejor abundancia que los resultados en el área del proyecto. Por último, los valores de 2.5477 y 0.0000 para el índice **de Margalef** nos indican que en la vegetación de desiertos arenosos de la microcuenca se registraron un número mayor de especies, por ende, mejores condiciones.

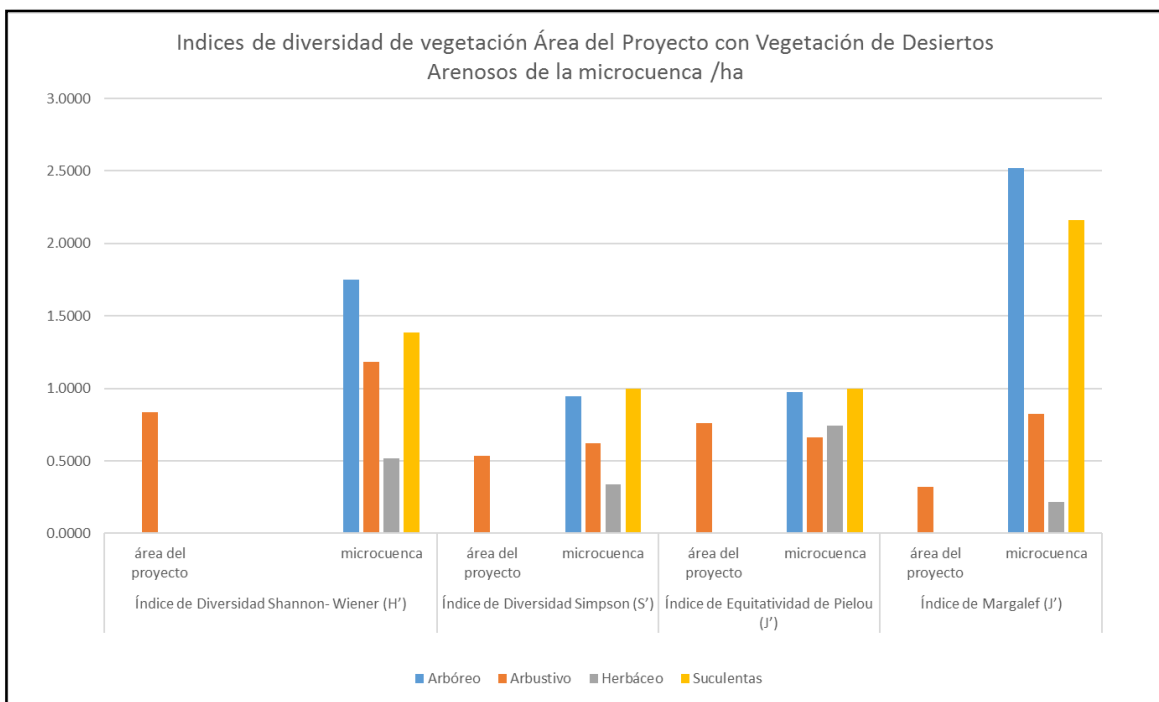
Para el **estrato arbustivo** los valores del índice **de Shannon – Wiener** son de 1.1824 para la vegetación de desiertos arenosos y 0.8373 para el área del proyecto, ambos valores son menores a dos por lo que se identifica que en ambas áreas existe una baja biodiversidad, aún más baja en el área del proyecto ya que nos va el valor más cercano a cero. El siguiente índice en interpretar es el **índice de Simpson** el cual nos da los resultados siguientes 0.6213 y 0.5361, lo que nos dice que el valor de 0.6213 correspondiente a la vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca representa, mayor probabilidad de dominancia de una especie en este caso se puede identificar que *Larrea tridentata* es la especie con mayor dominancia. El **índice de Pielou** que mide la diversidad observada entre la diversidad esperada nos da como resultado que en el área de estudio con vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca con valor de 0.6599 es menor que el valor que nos da para el área de proyecto que es de 0.7621. Por último tenemos los valores de 0.8225 y 0.3222 para el índice **de Margalef**, que al presentar mejores valores igual que los índices anteriores hace que el análisis de desiertos arenosos de la microcuenca presente mejores condiciones de biodiversidad.

En el **estrato herbáceo** es importante mencionar que dentro del análisis para la vegetación de desiertos arenosos se registran solo dos especies mientras para el área del proyecto no se registró ninguna especie, razón por la cual no se puede hacer un análisis comparativo de valores, ya que el valor de los índices es de 0.0000 en el área del proyecto. En particular para las especies que conforman este estrato presentan muchas dificultades para desarrollarse debido a las características antes mencionadas en este tipo de ecosistemas.

Por último tenemos el **estrato de suculentas** donde se repite la misma situación que en el estrato de herbáceas en el análisis de vegetación de desiertos arenosos se registraron cuatro

especies con cuatro individuos dando como resultados los valores de 1.3863 para el índice de **Shannon-Wiener**, Para los índices de **Simpson y de Pielou** al registrar cuatro especies con cuatro individuos el valor para estos índices es de 1.0000, por último, el **índice de Margalef** tiene un valor de 2.1640. Por otro lado, en el área del proyecto no se registró ninguna especie para este estrato. Las memorias de cálculo de biodiversidad están disponibles en formato Excel dentro del Anexo IV.9.

Por lo anterior se infiere que las condiciones de diversidad que actualmente presenta la vegetación de desiertos arenosos de la microcuenca no se van a poner en riesgo al realizar el cambio de uso de suelo para el desarrollo del proyecto, ya que estas condiciones están mejor representadas según los análisis de biodiversidad aplicados y que proyectan mejores condiciones en la microcuenca, tratando de representar lo anterior se muestra la gráfica siguiente (**Figura IV.31**):



**Figura IV.31.** Índices de diversidad de vegetación.

## FAUNA

Son diversos los factores que pueden delimitar el área de distribución de las especies de fauna silvestre, estos factores pueden ser geográficos, físicos y biológicos como son los tipos de vegetación y la orografía.

Cabe mencionar también que, pese a la extrema aridez del lugar, la zona alberga una rica comunidad de fauna, con respecto a otras áreas menos áridas. Otro factor importante que llega a determinar los patrones de distribución de las especies, son las actividades humanas y a pesar de no ser una zona con alta densidad poblacional, existe cierto grado de modificación del ambiente, dado por el crecimiento de las poblaciones y por las carreteras.

En estos trabajos se describen las comunidades florísticas y faunísticas, y en algunos de estos trabajos se presentan las listas de especies de los diversos grupos de flora y fauna

## **Metodología**

El muestreo de especies de fauna silvestre es una herramienta que se utiliza para determinar cambios en el ecosistema y es requisito indispensable en la evaluación de impacto ambiental, en dicho estudio se identifica la composición de especies en la línea base ambiental con la finalidad de prevenir los efectos negativos de las actividades humanas sobre el ambiente, integrando la conservación de éste con el desarrollo socioeconómico (De la Maza, 2007).

Para la planeación del levantamiento de fauna, se consideraron tres etapas, en la primera a partir de revisión bibliográfica se definió la amplitud del trabajo en tiempo, dependiendo del tiempo y el área de estudio; la segunda sirvió para seleccionar las técnicas más apropiadas para las especies y área, además de llevar a cabo este trabajo y la tercera fue la integración de la teoría y la práctica (Greenwood, 1996; Bautista Zúñiga, 2011).

## **Revisión bibliográfica**

Consistió en realizar una búsqueda bibliográfica actualizada para generar un listado de la fauna potencial del área del proyecto y el sistema ambiental. En dicho listado, se incluyeron atributos como estatus de conservación y endemismo de las especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El listado resultante se muestra al final de esta descripción metodológica a manera de apéndice.

## **Muestreos en campo**

La segunda etapa de este estudio consistió en realizar muestreos directos e indirectos en el SAR y AP. Los esfuerzos se llevaron a cabo en 60 diferentes puntos distribuidos, 51 en el SAR y 9 en el AP. Los muestreos realizados se apegaron a lo que, para tal efecto, dictan las metodologías en la materia, mismas que se describen con detalle en los párrafos subsiguientes.

Es necesario señalar que, tanto en el SAR como en el AP, fueron empleadas las mismas técnicas de muestreo para el registro de fauna silvestre (para los cuatro grupos principales),

habiendo variación, tan solo, en la cantidad de puntos levantados en función de las superficies que dichas áreas representan.

El muestreo tiene como objetivos principales: estimar la riqueza de las especies (número de las especies presentes) y la abundancia (s) de la(s) especies (número de individuos de cada especie) dentro de un área en particular. Pero, esta información obtenida, también puede servir para la comparación de la biodiversidad entre dos áreas y justificar acciones de diferentes tipos de manejo de la zona. Las técnicas de estudio pueden incluir observación directa (trampas y redes) o indirecta (transectos y fototruampas) de las especies objetivo, la evaluación numérica requiere la concepción de unidades que pueden ser de tiempo o de área, lo que permite una comparación fiable y representativa de la zona de estudio (Bautista Zuñiga, 2011). Existen diferentes aproximaciones para obtener información sobre la presencia y abundancia de las poblaciones de fauna silvestre. La más directa consiste en contar a todos los individuos de una población mediante un censo. Desafortunadamente, en muchas ocasiones (la mayoría) es imposible detectar a todos los individuos en una población. Debido a esto, se han desarrollado métodos que consideran el conteo de sólo una parte de los individuos que están presentes (muestra), para luego estimar la población total (para lo cual debe considerarse la posibilidad de detección de la especie). Estos métodos son útiles también para detectar cambios en la abundancia de las poblaciones, sin necesidad de estimar el tamaño de la población. Los principales métodos de muestreo utilizan transectos, puntos de conteo y “captura, marcaje y recaptura” (De la Maza M., *et al*, 2013).

Para determinar abundancias, deben realizarse varios muestreos por hábitat, dependiendo del área total que se quiere cubrir y de la variabilidad de la especie (a mayor variabilidad en la abundancia de la especie, deben realizarse más muestreos). Idealmente, se deben utilizar un mínimo de cinco muestreos por hábitat. Dentro de ellos, los transectos o puntos de conteo deben estar separados entre sí a una distancia significativa, para evitar registrar los mismos individuos en puntos o transectos vecinos. Por ejemplo, en el caso de animales grandes y de rápido desplazamiento, debe haber una distancia de al menos 1 km entre muestreos. Por otro lado, en aves de bosque, la distancia entre muestreos puede ser de 100 m (De la Maza M., *et al*, 2013).

El trabajo de campo se realizó en una salida a campo de **23 días efectivos de muestreo (del 27 de agosto al 19 de septiembre del 2021)**, con tres equipos conformados por personal especializado en Fauna silvestre de la Gerencia de Proyectos Ambientales de la CFE.

#### **Tamaño de muestra para la descripción de fauna en el SAR**

Para determinar el tamaño de muestra en el presente estudio, se realizó un pre-muestreo con la intención de calcular la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación de la población, de acuerdo con el número de especies presentes en cada uno de los sitios.



Se tomó la información de 26 puntos de 20 000 m<sup>2</sup> distribuidos al azar en 35,507.52 ha de superficie (superficie correspondiente al SAR). A continuación, se presentan los resultados de los cálculos:

**Varianza:**

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{84.3}{25} = \mathbf{3.4}$$

**Desviación estándar:**

$$\text{Desviación estándar } S = \sqrt{S^2} = \sqrt{3.4} = \mathbf{1.84}$$

**Coefficiente de variación:**

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S^2}{x} \times 100 = \frac{3.4}{11.6} \times 100 = \mathbf{15.87}$$

Posterior al cálculo de la varianza se procede a determinar el tamaño de muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = t de Student

CV = coeficiente de variación

N = número de sitios de toda la población

E = error permitido

El valor de t se obtiene de la tabla de t de Student con un nivel de probabilidad de 95% y n -1 grados de libertad. E es el error permitido, se refiere al nivel de error que estamos dispuestos a aceptar dependiendo de la precisión que se requiera. N se determina dividiendo la superficie total de estudio entre la superficie de los sitios de muestreo. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos lo siguiente:

Sustituyendo los valores en la fórmula

$$n = \left( \frac{2.92}{25} \right) \left( \frac{251.73}{0.04} \right) = \frac{734.37}{25.04} = 29.3$$

El tamaño de muestra se calculó basado en las especies presentes dentro de cada sitio de pre-muestreo, como resultado del cálculo obtenemos que será necesario levantar información en 29 sitios de 20 000 m<sup>2</sup>, teniendo un error de muestreo permitido de 10% y un 95% de confiabilidad. Sin embargo, en campos se pudo realizar 51 sitios de 20 000 m<sup>2</sup> Derivado de los pre-muestreos donde se pudo identificar una reducida riqueza de especies que es acorde con las características de un ecosistema árido.

### Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Comúnmente para inventarios forestales se han usado intensidades de muestreo en el orden de 1%, 0.5% y 0.1% dependiendo de los factores: superficie total, presupuesto disponible, precisión requerida. Vale la pena recordar que a mayor intensidad de muestreo aumentan los costos del inventario, pero también la precisión estadística de nuestros resultados. La intensidad de muestreo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

**IM** = Intensidad de muestreo en porcentaje  
**n** = Número de unidades de la muestra  
**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, observamos que dentro de nuestra superficie total de 35,507.75 ha puede contener hasta 17,753 sitios de 20,000 m<sup>2</sup>, para tener un 100 % de la información. Mientras que se muestrearon 51 sitios de 20,000 m<sup>2</sup>. De esta manera, la intensidad de muestreo como resultado del inventario es de un 0.28%, que es un porcentaje estadísticamente aceptable.

En seguida se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo en el SAR (**Tabla IV.39, Figura IV.32**).

**Tabla IV.39.** Coordenadas de los sitios de muestreo de fauna en el SAR.

Muestreros de Fauna para el SAR			
Sitio de muestreo	Coordenada UTM		Tipo de Vegetación
	X	Y	
1	289222	3460608	Vegetación de desiertos arenosos
2	291679	3461433	Vegetación de desiertos arenosos
3	290471	3462369	Vegetación de desiertos arenosos
4	292560	3463888	Vegetación de desiertos arenosos
5	291738	3465792	Vegetación de desiertos arenosos
6	292205	3466388	Vegetación de desiertos arenosos
7	294493	3465806	Vegetación de desiertos arenosos
8	295763	3467326	Vegetación de desiertos arenosos
9	295314	3468927	Vegetación de desiertos arenosos
10	297375	3469400	Vegetación de desiertos arenosos
11	297881	3470826	Vegetación de desiertos arenosos
12	297900	3472895	Vegetación de desiertos arenosos
13	298091	3473495	Vegetación de desiertos arenosos
14	297044	3473533	Vegetación de desiertos arenosos
15	286513	3462894	Vegetación de desiertos arenosos
16	288367	3463624	Vegetación de desiertos arenosos
17	286353	3464391	Vegetación de desiertos arenosos
18	285193	3464863	Vegetación halófila hidrófila
19	287763	3468078	Vegetación de desiertos arenosos
20	289396	3471027	Vegetación de desiertos arenosos
21	288403	3472358	Vegetación de desiertos arenosos
22	291945	3473931	Vegetación de desiertos arenosos
23	294789	3473696	Vegetación de desiertos arenosos
24	293905	3474693	Vegetación de desiertos arenosos
25	293850	3475608	Matorral sarcocaulé
26	294801	3474982	Matorral sarcocaulé
27	295875	3474775	Matorral sarcocaulé
28	295459	3475894	Matorral sarcocaulé
29	282323	3461029	Vegetación de desiertos arenosos
30	282749	3462663	Vegetación halófila hidrófila
31	281869	3463336	Vegetación de desiertos arenosos
32	284681	3464098	Vegetación halófila hidrófila
33	281262	3465722	Vegetación de desiertos arenosos
34	280149	3470252	Vegetación de desiertos arenosos
35	283221	3470252	Vegetación de desiertos arenosos
36	280547	3473082	Vegetación de desiertos arenosos
37	278545	3475038	Vegetación de desiertos arenosos
38	281579	3475266	Vegetación de desiertos arenosos
39	282689	3480262	Vegetación de desiertos arenosos
40	282474	3481914	Matorral sarcocaulé
41	284521	3483349	Vegetación de desiertos arenosos
42	285519	3479008	Vegetación de desiertos arenosos
43	286679	3464721	Vegetación de desiertos arenosos
44	287275	3466498	Vegetación de desiertos arenosos
45	288451	3466763	Vegetación de desiertos arenosos
46	288765	3468173	Vegetación de desiertos arenosos
47	290294	3469429	Vegetación de desiertos arenosos
48	291432	3470694	Vegetación de desiertos arenosos
49	292355	3469966	Vegetación de desiertos arenosos
50	292466	3472483	Vegetación de desiertos arenosos
51	293429	3471338	Vegetación de desiertos arenosos

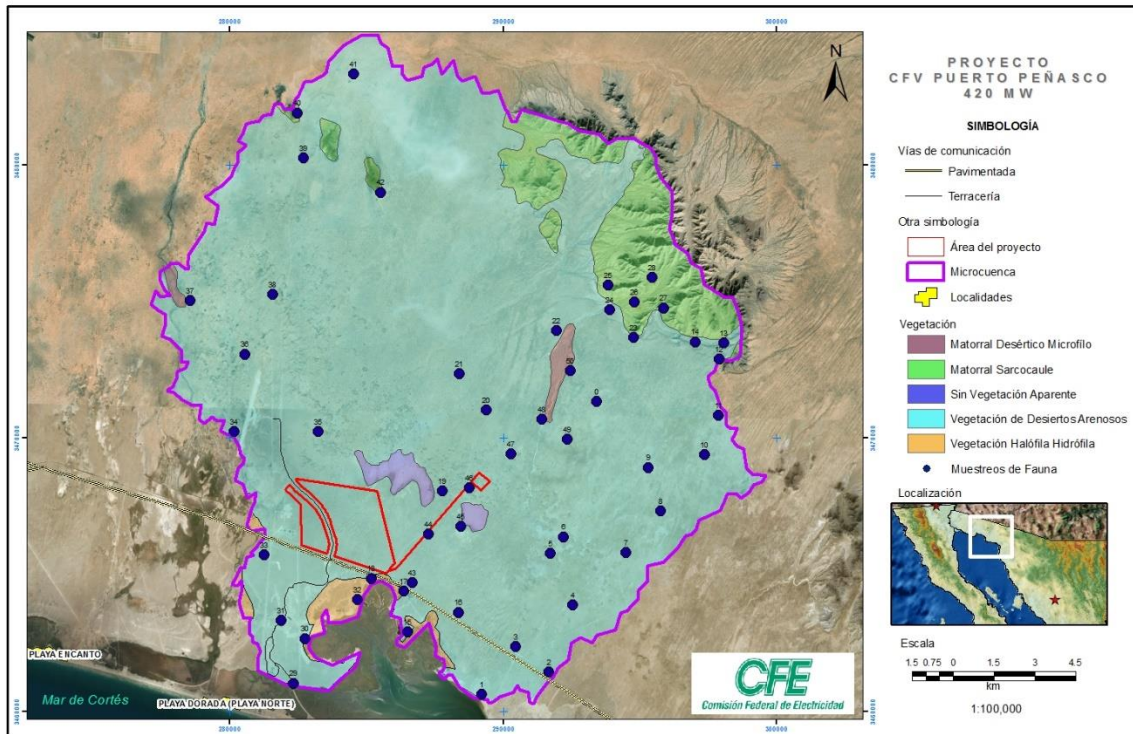


Figura IV.32. Muestras de fauna en la microcuenca/SAR.

Tamaño de muestra para la descripción de fauna en el Área del proyecto

Varianza:

$$Varianza = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{5.3}{5} = 1.1$$

Desviación estándar:

$$Desviación\ estándar \quad S = \sqrt{S^2} = \sqrt{1.1} = 1.03$$

**Coefficiente de variación:**

$$\text{Coeficiente de Variación} = \frac{S^2}{x} \times 100 = \frac{1.03}{7.3} \times 100 = \mathbf{14.08}$$

Posterior al cálculo de la varianza se procede a determinar el tamaño de muestra, empleando la fórmula siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = t de Student

CV = coeficiente de variación

N = número de sitios de toda la población

E = error permitido

El valor de t se obtiene de la tabla de t de Student con un nivel de probabilidad de 95% y n -1 grados de libertad. E es el error permitido, se refiere al nivel de error que estamos dispuestos a aceptar dependiendo de la precisión que se requiera. N se determina dividiendo la superficie total de estudio entre la superficie de los sitios de muestreo. Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos lo siguiente:

**Sustituyendo los valores en la fórmula**

$$n = \left( \frac{4.06}{100} \right) \left( \frac{198.35}{1.98} \right) = \frac{805.33}{101.98} = \mathbf{7.9}$$

El tamaño de muestra se calculó basado en las especies presentes dentro de cada sitio de pre-muestreo, como resultado del cálculo obtenemos que será necesario levantar información en 8 sitios de 20 000 m<sup>2</sup>, teniendo un error de muestreo permitido de 10% y un 95% de confiabilidad. Sin embargo, en campos se pudo realizar 9 sitios de 20 000 m<sup>2</sup>.

## Intensidad de muestreo

La intensidad de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Comúnmente para inventarios forestales se han usado intensidades de muestreo en el orden de 1%, 0.5% y 0.1% dependiendo de los factores: superficie total, presupuesto disponible, precisión requerida. Vale la pena recordar que a mayor intensidad de muestreo aumentan los costos del inventario, pero también la precisión estadística de nuestros resultados. La intensidad de muestreo se calcula con la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

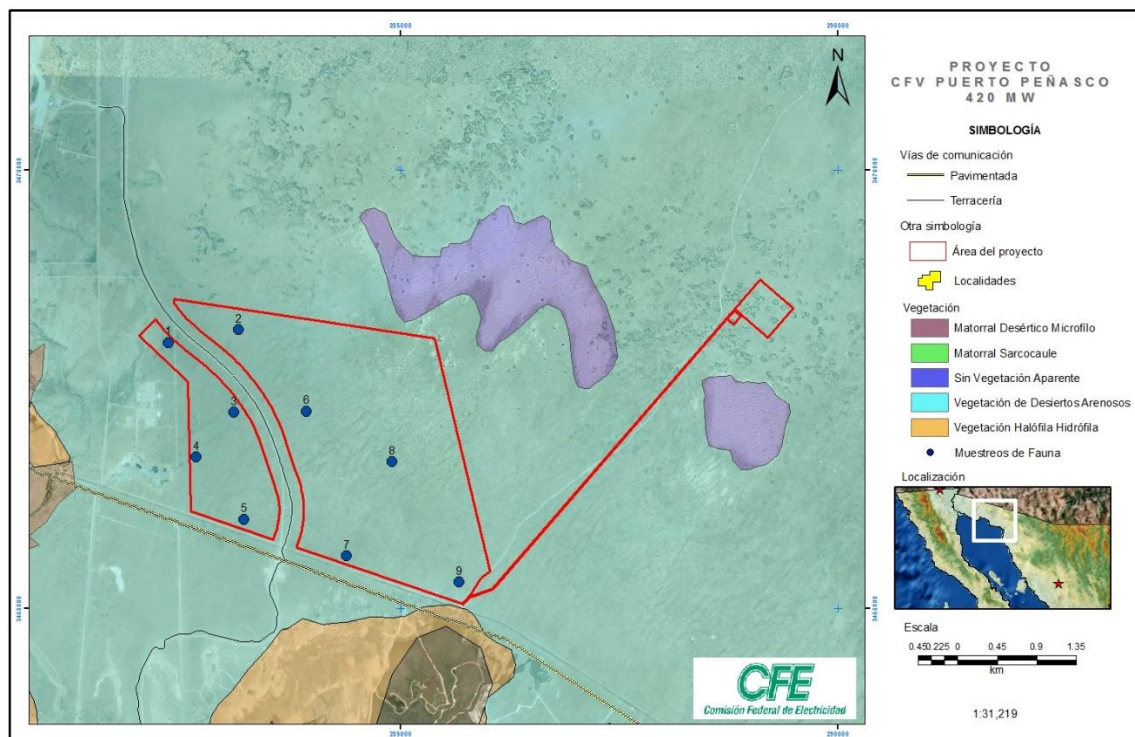
**IM** = Intensidad de muestreo en porcentaje  
**n** = Número de unidades de la muestra  
**N** = Número de unidades de toda la población

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, observamos que dentro de nuestra superficie total de 813.52 ha puede contener hasta 406 sitios de 20,000 m<sup>2</sup>, para tener un 100 % de la información. Mientras que se muestrearon 9 sitios de 20,000 m<sup>2</sup>. De esta manera, la intensidad de muestreo como resultado del inventario es de un 2.21%, que es un porcentaje estadísticamente aceptable.

En seguida se presentan las coordenadas de los sitios de muestreo para fauna en el área del proyecto (**Tabla IV. 40, Figura IV.33**).

**Tabla IV.40.** Coordenadas de los sitios de muestreo de fauna en el AP.

Muestreos de Fauna para el área del Proyecto			
Sitio de muestreo	Coordenada UTM		Tipo de Vegetación
	X	Y	
1	282353	3468036	Vegetación de desiertos arenosos
2	283154	3468181	Vegetación de desiertos arenosos
3	283100	3467236	Vegetación de desiertos arenosos
4	282669	3466728	Vegetación de desiertos arenosos
5	283213	3466019	Vegetación de desiertos arenosos
6	283930	3467251	Vegetación de desiertos arenosos
7	284385	3465598	Vegetación de desiertos arenosos
8	284902	3466675	Vegetación de desiertos arenosos
9	285670	3465300	Vegetación de desiertos arenosos



**Figura IV.33.** Muestreos de fauna en el área del proyecto.



## Métodos directos

### Transectos de observación

El muestreo mediante transectos de observación se utiliza comúnmente para todos los taxones de vertebrados (aves, mamíferos, anfibios y reptiles), adecuando la escala del transecto a cada taxa, especie y hábitat determinado. En este tipo de método se registran los individuos observados (y escuchados) a lo largo de un recorrido lineal. La longitud de cada transecto debe definirse con anterioridad y depende de la especie que estamos muestreando (taxones con menor densidad de individuos necesitan transectos de mayor longitud). El transecto puede realizarse tanto a pie (común en el caso de las aves) o en vehículo (más utilizado para muestreo de grandes mamíferos), pero la velocidad durante el recorrido debe mantenerse constante y a velocidad reducida (<20 km/hora). Para ello, existen dos posibilidades o tipos de transectos, el de ancho fijo y el de ancho variable (De la Maza M., *et al*, 2013).

**Transecto de ancho fijo:** Debe determinarse con anterioridad un “ancho de transecto”, que es la distancia a la que es posible avistar y reconocer los individuos hacia cada lado de la línea de transecto (puede variar desde aproximadamente 20.0 m en transectos de aves en un bosque, hasta 1.0 km para transectos de mamíferos grandes en zonas abiertas), dependiendo de las condiciones de visibilidad, dado principalmente por características del hábitat. Solamente se registrarán los individuos que se encuentren dentro del ancho definido con anterioridad (se obviarán a aquellos que se observen a una distancia mayor) -(De la Maza M., *et al*, 2013)- (Figura IV.34).

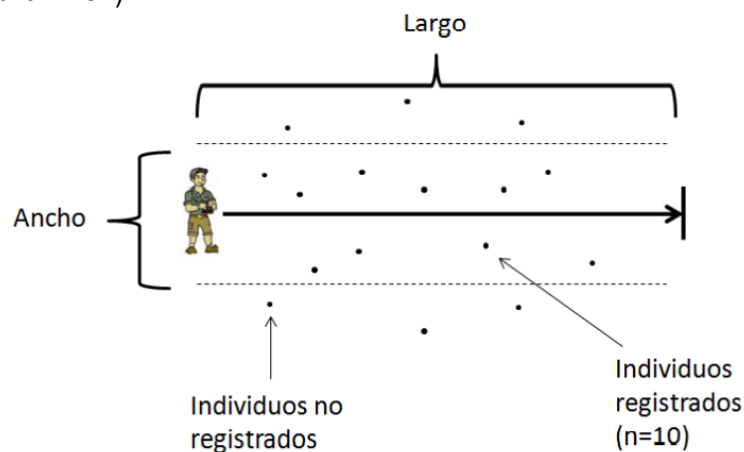
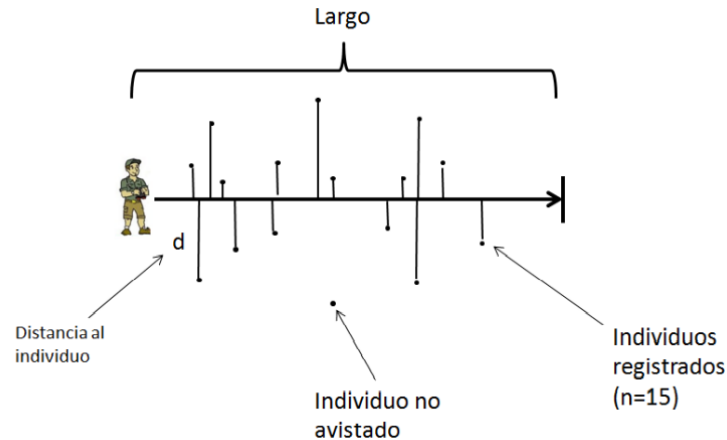


Figura IV.34. Transectos de ancho fijo.

**Transecto de ancho variable:** No se fija un ancho de transecto. Se registran todos los individuos avistados y se miden las distancias perpendiculares desde la línea del transecto a cada individuo (De la Maza M., *et al*, 2013) (**Figura IV.35**).



**Figura IV.35.** Transectos de ancho variable.

#### **Ventajas:**

- Cubre un área extensa en poco tiempo.
- Método eficaz de registro, ya que al estar en movimiento el observador evita recontar un mismo individuo.

#### **Desventajas:**

- Especies menos visibles pueden ser pasadas por alto.
  - Requiere de un terreno homogéneo para que el registro no se dificulte
- Otro método directo para el registro de la fauna es el que considera la captura de organismos, la descripción del mismo se da a continuación:

#### **Captura *In Vivo* de Ejemplares**

La captura de especies silvestres ha evolucionado mucho en los últimos años, siendo una práctica muy extendida en la actualidad. Entre los objetivos de las capturas están la necesidad de conocer las especies presentes en un área específica, los estudios que requieren el marcaje de animales para su seguimiento y el traslado de animales para repoblar determinadas zonas (De la Maza M., *et al*, 2013).

La captura de animales silvestres debe ser realizada por personal experto. Estas prácticas son muy delicadas, ya que representan una situación muy estresante para los animales, que en ocasiones pone en peligro su vida... En la actualidad, existe gran diversidad de técnicas de captura, pudiendo elegirse la más adecuada para una especie y lugar determinados, dando preferencia a aquellas que sean seguras para los animales, ocasionen el mínimo estrés y la mínima mortalidad. La elección de la técnica también ha de considerar el costo económico y

el riesgo que pueda existir para las personas, cuando se trate de animales agresivos (De la Maza M., *et al*, 2013).

A continuación, se detallan algunas de las trampas y metodologías más utilizadas para la captura de pequeños mamíferos (micromamíferos, como roedores), mamíferos medianos (pequeños felinos y cánidos) y mamíferos grandes (De la Maza M., *et al*, 2013).

**Micromamífero.** - La captura de micromamíferos es una de las prácticas más frecuentes para determinar de manera directa la presencia de especies de roedores y para efectuar diversos estudios en este grupo. Existen diferentes modelos de trampas diseñados para capturar roedores, según su tamaño y hábitos. Las trampas más comúnmente utilizadas son (De la Maza M., *et al*, 2013):

**Trampas Sherman.** - Son trampas de captura viva construidas en aluminio y en variedades no plegables y plegables, lo que las hace livianas y de fácil transporte. Se suele utilizar cebo (por ejemplo, cebos con mantequilla de maní y avena), el que es depositado al interior de la trampa. El peso ejercido por el animal al ingresar en la trampa, libera el mecanismo de acción que mantiene la puerta abierta. Una ventaja de este tipo de trampa, es que la puerta no se bloquea fácilmente con los cuartos traseros del animal y la tasa de mortalidad es baja. La disposición de estas trampas en terreno puede ser en transectos o grillas, en lugares propicios de paso del animal.

**Trampas Tomahawk.** - Son jaulas de tamaño variable, según la especie que se pretenda capturar, generalmente metálicas y fijadas al suelo. La trampa más utilizada para carnívoros es la trampa Tomahawk. Pueden tener una o dos puertas en forma de V, impidiendo que el animal escape de la jaula. Se colocan en los pasos de los animales, que previamente se han detectado por los rastros y según la especie animal que queramos capturar y se utilizan distintos tipos de cebo en el interior de la trampa. Al entrar a comer el cebo, los animales accionan un dispositivo que hace que se cierre la puerta.

También se pueden diseñar trampas artesanales, las que son adaptadas a los requerimientos de la especie. Luego de cebadas, las jaulas deben ser revisadas al menos cada 12 horas. Las jaulas son menos eficaces que cepos y lazos, pero más seguras ya que minimizan el daño al animal capturado.

**Trampas cámara o fototrampas.**- Hace unas décadas, los científicos comenzaron a ver el potencial de poder obtener información adecuada de especies que presentaban serias dificultades para ser observadas directamente, como es el caso de carnívoros en ambientes boscosos. Entre las décadas de los 60 y 80, aprovechando los avances tecnológicos, hubo un gran desarrollo de mecanismos fotográficos activados por el paso de los animales, permitiendo aumentar los esfuerzos de muestreo total, disminuyendo el esfuerzo del investigador en

terreno. Posteriormente en los 90, se empiezan a desarrollar sistemas con venta comercial. A inicios del 2000, comienzan a utilizarse los primeros equipos digitales comerciales, que llegarían a revolucionar la forma en que se realizan los estudios por la capacidad que tienen para almacenar un sin número de fotos, así como, por su duración en terreno y facilidad de instalación. En efecto, las cámaras trampa análogas (con rollo) han cedido paso a la era digital, y ya muy pocas, o tal vez ninguna investigación o monitoreo de vida silvestre las utiliza. En sus inicios, las cámaras digitales fueron cuestionadas por su rapidez de gatillo, es decir, el lapso de tiempo transcurrido entre la detección del animal y la foto. Si esta es muy lenta, el animal es detectado, pero podría no aparecer en la foto, implicando una pérdida de datos. Este es un tema no menor, ya que puede significar perder información luego de invertir mucho en el monitoreo (compra de equipo, logística, instalación, mantención y análisis de datos). El desarrollo digital ha permitido obtener cámaras cada vez más rápidas (Reconyx; velocidad de gatillo <0.2 segundos). Además, por la capacidad de almacenar un mayor número de fotos (a diferencia de rollos fotográficos limitados a 24 o 36 fotos), las cámaras digitales pueden ser ajustadas para sacar varias fotos de un mismo individuo cuando este gatilla la detección (hasta 10 fotos). Esto permite asegurar el registro, en el caso de que el animal gatille la primera foto y después ya no se encuentre en el área de detección de la cámara. También, permite obtener registros del comportamiento del animal.

Se ha postulado que las cámaras trampas han logrado una revolución en la forma en que la sociedad interactúa con la vida silvestre, existiendo una gran diversidad de usuarios y aplicaciones. Por ejemplo, científicos han vuelto a detectar especies que se pensaban extintas o fuera del rango de distribución conocido, o aprendido más sobre su uso de hábitat, interacción con otras especies y los efectos de distintos tipos de manejo forestal sobre las poblaciones. También, personas con motivaciones naturalistas que logran determinar la diversidad de animales que utilizan el patio trasero de sus hogares, o nos deslumbran con fotos de comportamientos inéditos para una especie. Sin duda, las cámaras trampa son una herramienta que aumenta nuestra capacidad para observar el mundo natural y conocer de forma más completa los ecosistemas donde trabajamos.

Las cámaras trampas funcionan mediante un sensor infrarrojo que, dadas ciertas condiciones de movimiento, gatilla la cámara para la toma de fotos. Es el mismo principio que ocupan las luces de seguridad que se prenden con el movimiento de personas. Las condiciones de movimiento o sensibilidad del sensor (baja, media, alta) pueden ser establecidas por el usuario, por lo que su ajuste dependerá de la especie objetivo. Tradicionalmente han existido dos sistemas de cámaras: activo y pasivo. El sistema activo, utilizado principalmente por la compañía Trailmaster®, será descrito brevemente ya que la mayoría de las cámaras actuales utiliza el sistema pasivo.

**Activo:** Mediante dos dispositivos permite cruzar un rayo infrarrojo a través del sendero objetivo. Un dispositivo emite el rayo (emisor) y el otro lo recibe (receptor). El rayo infrarrojo

enviado por el emisor no es constante, sino que a modo de pulsaciones. El receptor se conecta a una cámara vía un cable, y cuando el rayo se rompe (deja de recibir señal infrarroja), éste envía una señal a la cámara para que saque una foto. El usuario puede determinar cuántas pulsaciones deben ser bloqueadas para que se gatille una foto, pudiendo realizar ajustes según el tamaño de la especie objetivo. Así, probablemente un animal grande necesite bloquear un mayor número de pulsaciones para gatillar una foto, en comparación a un animal.

**Pasivo:** También ocupa rayos infrarrojos, pero solo utilizando un emisor. Los rayos se disponen en forma de abanico, pudiendo tener un alcance entre 3 a 10 metros. El emisor gatilla fotos vía dos criterios que funcionan de forma simultánea. Primero, por el número de rayos en el abanico que se bloquean y en un determinado período de tiempo. Es decir, una especie grande como un jabalí, bloqueará más ventanas en un período corto de tiempo en comparación a una guiña, que bloqueará menos ventanas en el mismo tiempo. Muchos sistemas permiten ajustar esto para la especie objetivo. Por otro lado, se gatillan fotos cuando el sensor capta diferenciales de temperatura entre un objeto y el ambiente circundante. De este modo, la temperatura corporal del animal resaltarán de la temperatura ambiente, indicándole al sensor que un animal se encuentra en el área de detección. Por esta razón, hay que tener especial cuidado de que el sensor no reciba luz solar directa, ya que de esta forma se pueden llegar a gatillar cientos de fotos sin que sea un animal el causal.

**Selección de sitio:** Esta decisión debe estar basada en el diseño definido, la especie objetivo, así como también, las condiciones del sitio. A nivel de micro-sitio, es decir, el punto exacto de muestreo, debemos intentar instalar los equipos en un lugar que asegure el paso de animales. Cabe recordar que estos utilizarán caminos de forma similar a la nuestra, buscando vías de fácil tránsito para hacer uso eficiente de su energía (senderos en bosque, fondos de quebradas y pasos entre valles utilizados por ganado, serán probablemente utilizados por diversas especies).

La altura de instalación dependerá de la especie objetivo. Sin embargo, un rango entre 30 y 60 cm es generalmente adecuado para obtener un campo de detección aceptable. También hay que considerar una distancia de 50 y 120 cm entre la cámara y el área objetivo (i.e., el área donde se estima que pasará el animal). Cabe destacar que los rayos infrarrojos tienen gran alcance y en algunos modelos logran captar movimientos hasta a 10 metros de distancia. En condiciones de bosque esto no ayuda, ya que un animal puede estar escondido entre la vegetación fuera del área objetivo, y, por ende, la foto no dejará ver la especie que gatilló la foto, quedando como un registro sin identificar. Para ello, se recomienda apuntar la cámara hacia abajo, permitiendo así restringir el área de detección y asegurar que lo que gatilla el sensor se encuentre disponible para el campo visual de la cámara.

El ajuste de la sensibilidad de la cámara dependerá de la especie objetivo de estudio. Por ejemplo, si queremos evitar fotos de roedores y aves, debemos ajustar el equipo a modos

menos sensibles (medio a baja). Para esto, resulta recomendable realizar pruebas de instalación previas.

**Uso de trampas de caída o Pitfall.** - Estas trampas consisten en una barrera de malla de al menos 5.0 m de longitud y unos 15.0 a 20.0 cm de altura. En los extremos de estas barreras se entierran botes o embudos en los que caen los reptiles o anfibios al tratar de bordear el cerco. Al utilizar este tipo de trampas se debe tener la precaución de revisarlas en intervalos cortos y regulares de tiempo para evitar la mortalidad de individuos.

**Redes de niebla.** - Una de las metodologías más utilizadas para la captura de aves son las redes de captura. A pesar de que existen otros métodos, en esta sección nos concentraremos en éstas. Es posible encontrar distintos tipos de redes de captura, dependiendo de la forma en que ésta se realice. De esta manera, podemos encontrar distintos tipos de redes de captura. Así, las más frecuentemente utilizadas son las (i) redes niebla y las (ii) redes de cañón. Las primeras, se instalan verticalmente, siendo invisibles a la vista de las aves y es una forma de captura pasiva, es decir, la red está estática. Existen disponibles de diversos largos (3, 6, 9, 12 o 18 metros) y de distintos tamaños de nudos (dependiendo del tamaño de las especies que se quieren capturar). Por otro lado, la red de cañón, es una red de captura activa y que se dispone horizontalmente, permite atrapar aves en un gran número, como las aves de costa marina (ej. gaviotas). Consta de proyectiles de pólvora que se encuentran en pequeños cañones atados a la red, por lo que se requiere un permiso de manejo de explosivos. Cuando las aves están en zona de captura, estos se disparan simultáneamente quedando la mayoría de los individuos bajo la red.

De acuerdo a Ralph, C. John, *et al* (1996), para obtener mayor éxito en el registro de aves mediante captora con redes de niebla, estas deben comenzar a abrirse durante los 15 minutos siguientes a la hora oficial del amanecer local, y deben operarse durante un mínimo de 4 horas al día, preferiblemente 6. Hay que revisar las redes cada 45 min (más a menudo en situaciones de frío o calor intensos, o cuando la densidad de aves sea alta) y nunca menos de una vez cada hora.

Los mamíferos por sus hábitos y sus requerimientos alimenticios se pueden encontrar tanto en el día como en la noche. El uso de trampas para la captura de mamíferos pequeños o medianos es muy usual utilizar trampas de tipo Sherman (mamíferos pequeños) y Tomahawk (Mamíferos medianos) (Romero-Almaraz *et al.* 2007).

El horario para colocar las trampas depende de lo que se desee registrar; para mamíferos de hábitos crepusculares o nocturnos, las trampas se colocan en la tarde; su revisión se da al próximo día y es recomendable recoger las trampas para evitar daños a los especímenes capturados. Para el caso de mamíferos de hábitos diurnos, se colocan trampas por la mañana y estrictamente revisar varias veces en el día (Romero-Almaraz *et al.* 2007).

En el caso de mamíferos voladores (murciélagos), tradicionalmente se usan redes de nieblas, que son redes que están constituidas principalmente por nylon. Son de diferentes tamaños y están elaboradas con hilos de nilón o seda; tienen cinco líneas principales unidas entre sí por una malla de hilos. Se colocan entre la vegetación, sobre o a los lados del camino y cauces de cuerpos de agua y en el interior y exterior de los refugios diurnos, entre otros. Tradicionalmente, las redes de nylon se han colocado desde 0.5 a 2.5 metros, capturando principalmente a los murciélagos que forrajean en el sotobosque, y descartando aquellos que vuelan cerca o arriba del dosel (Romero-Almaraz *et al.* 2007).

El uso de las redes de niebla o, también conocidas como redes japonesas, es considerado uno de los métodos más tradicionales y antiguos en la captura de aves y murciélagos. Es efectiva en la mayoría de los tipos de murciélagos (nectarívoros, frugívoros, hematófagos e insectívoros de sustrato). Por lo que, es un método directo que nos permite obtener información valiosa de muchas especies de murciélagos (Rizo-Aguilar *et al.* 2015).

Se comprende como herpetofauna al conjunto faunísticos de los anfibios y reptiles, ya que comparten características anatómicas y fisiológicas (Lara-Reséndiz, 2019; Vitt y Caldwell, 2014)). Una de ellas son los requerimientos ambientales que necesitan para realizar sus actividades, ambos grupos, dependen de la temperatura y humedad relativa del ambiente (Lara-Reséndiz, 2019; Vitt y Caldwell, 2014).

Por lo anterior se deben tener en cuenta dos factores importantes para el registro de la herpetofauna, las condiciones climáticas y el tipo de vegetación presentes en el sitio de muestreo (Lara-Reséndiz, 2019; Casas-Andreu *et al.* 1991). De acuerdo con, Casas-Andreu *et al.* (1991) en zonas desérticas se debe tener en cuenta que las temperaturas del medio día son altas, por lo que muchos animales son nocturnos o crepusculares. El monitoreo a pie con una lámpara de mano o en un vehículo con las luces encendidas, que avance lentamente a lo largo de las carreteras, puede ser muy productiva, principalmente durante las primeras noches calientes del año y después de fuertes lluvias, que es cuando se activan muchos anfibios y reptiles del desierto. Moviendo rocas o cúmulos de arena, podemos encontrar serpientes y lagartijas. Sobre las rocas es posible encontrar iguánidos y serpientes. La revisión de los huecos o pequeñas madrigueras pueden ser muy productiva, ya que son sitios adecuados para evitar las altas temperaturas que prevalecen durante algunas horas del día.

El cuándo realizar la búsqueda de anfibios y reptiles, podría llegar a complicarse, ya que sus patrones de actividad, además de ser diferentes para cada especie, son altamente dependientes de las condiciones climáticas, por lo que varían según la estación. En consecuencia, el éxito de la recolecta dependen en gran medida de las horas y estación en que se colecte. Idealmente se deben realizar recolectas durante cada estación a diferentes horas del día y revisar las diferentes comunidades vegetales, con la finalidad de obtener la

mayor diversidad de especies. Cuando esto no es posible, debemos considerar que, en términos generales, las estaciones más favorables serán aquellas con mayor temperatura y humedad ambiental y precipitación. En desiertos, las recolectas deben realizarse durante las primeras horas de la mañana (entre 06:00 h y 11:00 h), ya que los organismos tienden a evadir las altas temperaturas del medio día. Debido a que existen un gran número de formas crepusculares y nocturnas, la recolecta durante el crepúsculo e inmediatamente después de las primeras horas de la noche es imprescindible (Casas-Andreu *et al.* 1991).

Como se menciona en el párrafo anterior, establecer un horario para la búsqueda de anfibios y reptiles, está muy ligado a las condiciones climáticas propias del lugar. Sin embargo, varios estudios dedicados a realizar inventarios de herpetofauna realizan la actividad en dos horarios, diurno y crepuscular-nocturno. De manera general, para anfibios de 06:00 h a 10:00 h y 18:00 h a 23:00 h; por otro lado, los reptiles de 09:00 a 14:00 h y 18:00 h a 00:00 h (Cruz-Elizalde *et al.* 2016; Leyte-Manrique *et al.* 2016; Muñoz-Alonso *et al.* 2018; Vite-Silva *et al.* 2010). Cabe mencionar, que estos horarios se ajustan para poder registrar ambos grupos al mismo tiempo.

### **Métodos indirectos**

Existen, además, técnicas de monitoreo indirecto o que no involucran mediciones de abundancia de individuos, que poseen un importante valor para el seguimiento de las poblaciones. Fecas y huellas en el caso de los mamíferos y nidos activos e inactivos para las aves, entre otras, entregan información relevante sobre la ecología de las poblaciones de fauna (De la Maza M., *et al.* 2013).

En algunas especies es muy difícil generar este tipo de información requiriere estudios extensos y costosos. Particularmente nos referimos a aquellas que (i) tienen grandes territorios, (ii) habitan en densidades bajas, (iii) son difíciles de detectar, (iv) tienen preferencia por ambientes de difícil acceso y/o (iv) son de hábito nocturno (De la Maza M., *et al.* 2013). En este tipo de organismos, en que la probabilidad de observación directa es muy baja, en general vamos a depender del hallazgo de signos indirectos para la generación de datos sobre presencia. Fundamentalmente nos referimos a huellas, deposiciones y pelo. Otros signos de presencia posibles de encontrar son revolcaderos (i.e. guanaco, liebre), restos de alimento (i.e. semillas de Retamilla ephedra partidas por loro), restos de presa atribuibles a algún depredador (i.e. puma), y/o madrigueras o galerías característicos (i.e. conejo, cururo)- (De la Maza M., *et al.* 2013).

El criterio específico de búsqueda de signos va a depender en gran medida de los objetivos del estudio, de la zona geográfica y de la especie de interés. Sin embargo, en general podemos distinguir dos tipos de estudio (De la Maza M., *et al.* 2013):

1. Aquellos que se basan en la búsqueda sistemática de signos en trayectos predefinidos, que son recorridos repetidas veces en el tiempo. Este tipo de estudios son útiles como



programas de monitoreo para detectar cambios en la abundancia de especies que utilizan extensamente los trayectos muestreados.

2. Un segundo tipo de estudios busca maximizar la probabilidad de detección de presencia de una determinada especie. Este tipo de estudios se utiliza sobre todo en especies con preferencia de hábitat muy específica o con baja probabilidad de detección, y cuando interesa determinar si está presente o no en una zona.

### **Método directo**

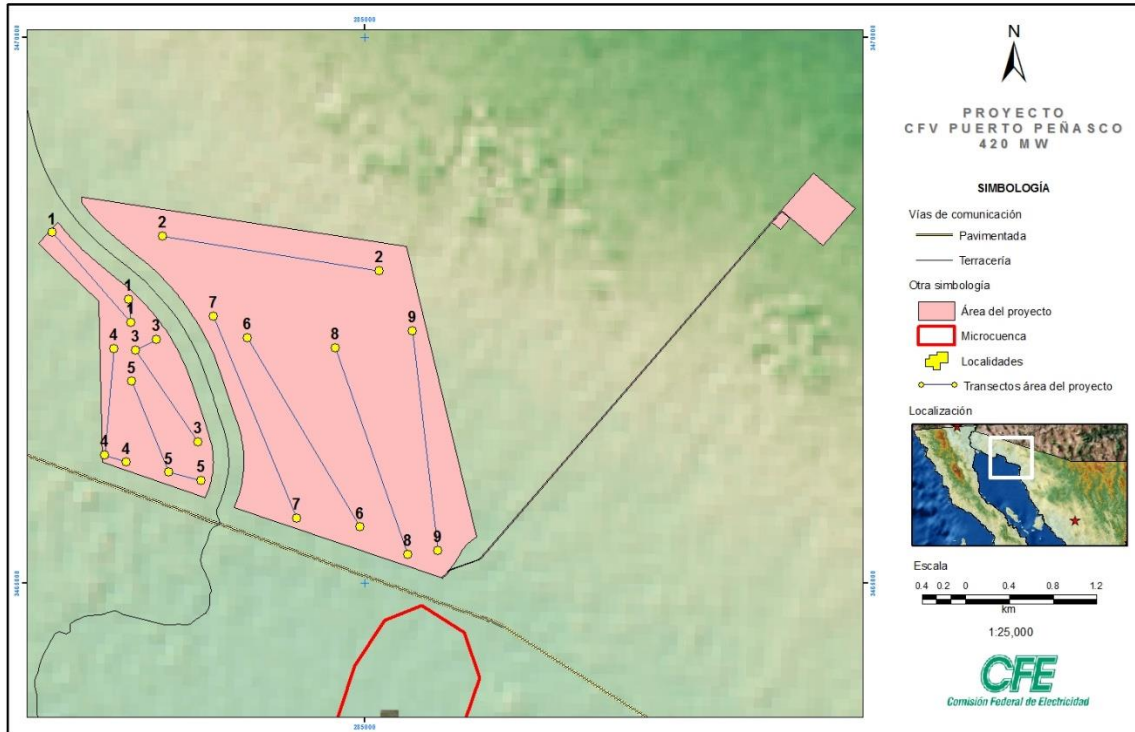
- **Transectos de dimensiones fijas**

De manera general, el registro de la fauna silvestre para las áreas del proyecto Fotovoltaico Puerto Peñasco, se llevó a cabo mediante transectos de ancho y longitud fijos, tanto en el SAR como en el AP, con una longitud de 2.0 km y ancho de 10.0 m, por lo que, las coordenadas son las mismas para los tres grupos faunísticos y conforme lo precisa la Tabla 2. Estos transectos se consideraron activos durante un periodo de 24 hrs.

En las tablas siguientes se muestran las coordenadas de los transectos en donde se llevó a cabo el registro de fauna en el área del proyecto y en el SAR, y en las figuras se georreferencian.

**Tabla IV.41.** Coordenadas de los transectos en el AP.

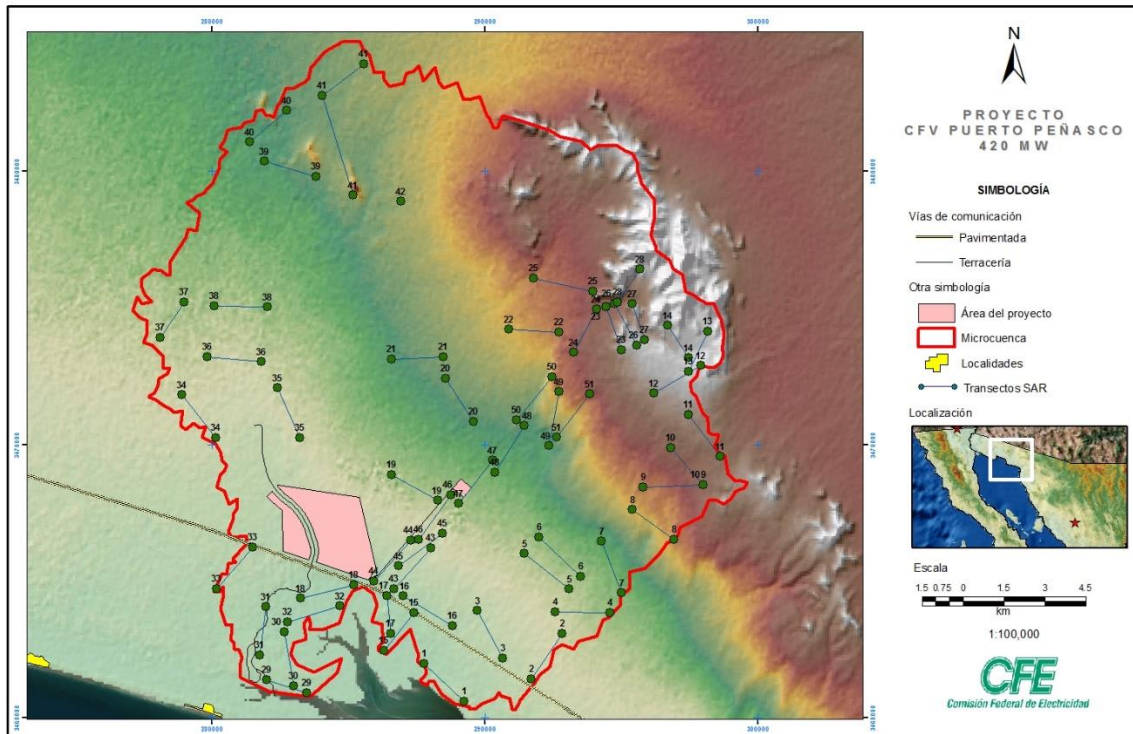
<b>TRANSECTOS EN EL AP</b>		
<b>No de transecto</b>	<b>Coordenadas UTM WGS 84</b>	
	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	282842	3467603
	282146	3468212
	282863	3467390
2	283154	3468181
	285135	3467864
3	283100	3467236
	283479	3466295
	282909	3467135
4	282626	3466179
	282708	3467150
	282823	3466109
5	283213	3466019
	282871	3466851
	283504	3465944
6	283930	3467251
	284958	3465516
7	284385	3465598
	283623	3467446
8	284735	3467157
	285400	3465266
9	285670	3465300
	285437	3467312



**Figura IV.36.** Transectos de fauna en el área del proyecto.

**Tabla IV.42.** Coordenada de los transectos en el SAR.

TRANSECTOS EN EL SAR			TRANSECTOS EN EL SAR		
No de transecto	Coordenadas UTM WGS 84		No de transecto	Coordenadas UTM WGS 84	
	X	Y		X	Y
1	289222	3460608	27	295379	3475159
	287770	3461987		295851	3473842
2	291679	3461433	28	294860	3475225
	292818	3463083		295668	3476426
3	290659	3462183	29	282021	3461394
	289716	3463919		283472	3460909
4	292560	3463888	30	282668	3463156
	294570	3463861		282988	3461175
5	293063	3464712	31	281990	3464069
	291428	3466010		281768	3462298
6	293506	3465185	32	284681	3464098
	291987	3466627		282766	3463508
7	294257	3466467	33	281494	3466259
	294981	3464577		280181	3464736
8	295388	3467625	34	280149	3470252
	296905	3466541		278911	3471830
9	295771	3468462	35	283221	3470252
	297987	3468531		282400	3472084
10	296809	3469893	36	281825	3473037
	297987	3468531		279841	3473228
11	297444	3471110	37	278115	3473931
	298616	3469574		278987	3475228
12	297900	3472895	38	282044	3475044
	296170	3471879		280092	3475084
13	298159	3474153	39	281913	3480376
	297450	3472696		283829	3479826
14	296687	3474366	40	282748	3482239
	297453	3473178		281386	3481089
15	287414	3463845	41	284033	3482786
	286302	3462467		285560	3483953
16	286995	3464457	42	285185	3479136
	288804	3463366		286924	3478913
17	286424	3464476	43	286679	3464721
	286558	3463083		288012	3466216
18	285193	3464863	44	287275	3466498
	283245	3464371		285932	3465010
19	288270	3467956	55	288451	3466763
	286593	3468912		286841	3465563
20	289564	3470853	46	288765	3468173
	288554	3472434		287584	3466543
21	288486	3473217	47	290294	3469429
	286574	3473139		289046	3467847
22	292695	3474120	48	291432	3470694
	290887	3474222		290354	3468997
23	294426	3475053	49	292355	3469966
	294997	3473486		292707	3471943
24	294098	3474962	50	292466	3472483
	293244	3473383		291147	3470914
25	293950	3475624	51	293840	3471859
	291777	3476102		292620	3470277
26	294742	3475168			
	295553	3473656			



**Figura IV.37.** Transectos de fauna en la microcuenca/SAR.

Cada transecto fue recorrido en ocho ocasiones durante el día y en cada recorrido participaban cuatro responsables a cargo de los registros de fauna. Dichos responsables contaban con cámara fotográfica personal, binoculares, gancho y/o pinza herpetológica. Haciendo una representación del alcance de este esfuerzo de muestreo, el resultado es como se muestra en la **Tabla IV.43**.

**Tabla IV.43.** Representación numérica del esfuerzo de muestreo ejecutado mediante transectos.

Área de estudio	Número de transectos por PM	Dimensión del transecto (m)		Recorrido por transectos por día	Total de transectos	Superficie muestreada	
		Largo	Ancho			(m <sup>2</sup> )	ha
AP	1	2,000	10	8	18	1,440,000	144
SAR	1	2,000	10	8	42	3,360,000	336
<b>Total</b>					<b>60</b>	<b>4800000</b>	<b>480</b>

En estos puntos, se consideraron a los cuatro grupos de vertebrados principales: aves (Avifauna), mamíferos (Mastofauna), reptiles y anfibios (Herpetofauna). Para cada grupo faunístico se utilizaron distintas técnicas de captura, observación y determinación.

Para la observación y registro de la avifauna, las actividades en los transectos se realizaron a una velocidad de 1 km/h siempre constante, el tiempo por recorrido de transecto fue de dos horas por la mañana y dos horas por la tarde, esto en un horario de 6:00-8:00 y 16:00-18:00 horas, debido a la mayor actividad de las aves al amanecer y al atardecer. La ilustración siguiente evidencia el desarrollo de este esfuerzo de muestreo (**Figura IV.38**).



**Figura IV.38.** Evidencia de observación de avifauna en los transectos de muestreo.

En lo que concierne al esfuerzo para el registro de mamíferos mediante recorridos, estos se llevaron a cabo en dos horarios, por la mañana de 8:00-10:00 y por la tarde 16:00-18:00, buscando intensivamente rastros y observaciones directas de las especies (**Figura IV.39**).



**Figura IV.39.** Evidencia de observación de mamíferos en los transectos de muestreo.

Para el registro de la herpetofauna, el esfuerzo se realizó en diversas horas del día y bajo condiciones climáticas particulares que favorecen el registro de especies. En detalle, para los anfibios los recorridos se realizaron por la mañana de 08:00 a 10:00 en una primera etapa y posteriormente de 18:00 a 20:00 horas en una segunda etapa. En tanto, para los reptiles se

realizaron de 09:00 a 14:00 y en la tarde-noche en un horario de 18:00 h a 23:00 horas (**Figura IV.40**).



**Figura IV.40.** Evidencia de búsqueda y observación de reptiles en los transectos de muestreo

Los horarios empleados en el esfuerzo para el registro de la fauna, corresponden a los que, conforme a la literatura, le aplican a cada grupo en función de su dinamismo.

### **Técnicas de trampeo**

Otro método directo empleado en el registro de fauna tanto en el SAR como en el AP, fue el correspondiente al trampeo, las cuales estuvieron en apego a las recomendaciones de la literatura especializada.

### **Redes de niebla**

Para el registro de la fauna (aves y murciélagos) mediante la captura con redes de niebla se emplearon dos piezas por punto de muestreo, una de 9.0 y otra de 12.0 metros, esto representa la colocación de 36 redes en el AP y 88 en el SAR. Siguiendo las recomendaciones de la literatura, para el registro de aves las redes fueron colocadas por la mañana en las primeras horas del amanecer (6:00-10:00) y durante el atardecer (16:00-18:00). Las revisiones se llevaron a cabo cada media hora con la finalidad de corroborar la captura o no de organismos y en su caso, proceder a su determinación taxonómica, registro fotográfico y finalmente a su liberación.

El esfuerzo para el registro de mamíferos voladores implicó la colocación de las redes en las mismas proporciones por puntos, durante la noche en horario de 20:00 a 23:00 horas. Las revisiones se hicieron con el mismo lapso expuesto para las aves (**Figura IV.41**).



**Figura IV.41.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con redes de niebla.

Se siguieron las recomendaciones de Ralph et al. (1996) para la colocación de las redes, así como, la manipulación para liberar a las aves capturadas.

Las redes de niebla fueron colocadas dentro de un radio de 50.0 con relación al punto de muestreo señalado en la Tabla 1, en sitios estratégicos según las recomendaciones de la literatura.

### **Trampas Sherman**

El registro de pequeños mamíferos mediante el método de trampeo empleando Trampas Sherman implicó la colocación de 40 dispositivos en cada sitio de muestreo, una noche por cada punto. Esto significa que en total se colocaron 720 trampas en el AP y 1680 en el SAR. Los dispositivos estuvieron activos desde las 18:00 hasta las 06:00 hrs, es decir, se mantuvieron 12 hrs en actividad efectiva. Cada dispositivo fue cebado con avena entera y esencia de vainilla (**Figura IV.42**).





**Figura IV.42.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con Tramas Sherman.

Las trampas fueron colocadas a equidistancias de 10.0 m a lo largo del transecto establecido para el registro de fauna según se expuso en párrafos anteriores, esto es, dentro de las coordenadas indicadas en la Tabla 2.

### Trampas tipo Tomahawk

Esta técnica de trampeo para el registro de mamíferos medianos consideró la colocación de dos dispositivos por sitio de muestreo, esto significa un esfuerzo de 36 dispositivos colocados en el AP y 84 en el SAR. Dichos dispositivos estuvieron activos durante 14 hrs por punto, iniciando actividad a las 16:00 hrs y concluyendo a las 06:00 hrs. Cada trampa fue cebada con la finalidad de incrementar la posibilidad de captura (**Figura IV.43**).



**Figura IV.43.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con trampas Tomahawk.

Las trampas tipo Tomahawk fueron colocadas dentro de un radio de 20.0 con relación al punto de muestreo señalado en la Tabla 1, en sitios estratégicos según las recomendaciones de la literatura.

## Fototrampas

Para el registro de fauna mediante el uso de cámaras trampa, se emplearon en total 3 dispositivos en cada sitio de muestreo y se mantuvieron activas de 12 a 15 horas, cambiándolas de sitio al concluir su periodo de actividad. Conforme a lo anterior, el esfuerzo mediante esta técnica para el registro de la fauna conllevó a la colocación de 54 veces los dispositivos en el AP y 126 en el SAR. Las marcas de las cámara-trampa utilizadas para el muestreo fueron: WGI Innovations (1), LTL Acorn (3), Moultrie (1) y Trail Camera (6).

Previo a la instalación de las fototrampas se realizó su programación, ajustando los datos de fecha, hora, selección del modo de detección continua (día y noche). Se estableció un lapso de 3 minutos entre detección y detección, modo de disparo rápido y nivel del sensor medio. Para la colocación de dichas cámaras se procedió a buscar aquellos sitios en donde existiera cualquier indicio o marca reciente como es el caso de los excrementos y huellas. Las cámaras trampa se colocaron a una altura entre los 40 y 50 cm del suelo y se consideró una distancia mínima de 3 metros entre la cámara y el sitio por el que se presume pasaría el animal a fotografiar, en dirección norte o sur (Chávez et al., 2013), esto con la finalidad de evitar que los rayos del sol del amanecer y atardecer incidieran sobre el sensor (**Figura IV.44**).



**Figura IV.44.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampeo con fototrampas.

Las fototrampas fueron colocadas en sitios estratégicos según lo dicta la literatura, en un radio de 50.0 como máximo con relación a cada punto de muestreo.

## Trampas de caída o Pitfall

Esta técnica de captura de la herpetofauna se llevó a cabo en 16 de los 18 puntos del AP (se exceptúan los PM 15 y 17) y en 23 de los 42 del SAR (no se consideraron los PM del 12 al 15, 17, 18, del 23 al 30, 32, 34, 39, 40 y 42). Los sitios excluidos corresponden a aquellos con presencia de pedregosidad y alto grado de compactación, lo que imposibilitó la excavación para ejecutar la técnica de trampeo.

En cada punto se colocó una trampa, la cual se conforma con el anclado de tres botes dos en los extremos de la barrera y uno en el medio. La barrera ocupada fue malla plástica de tipo mosquitero. Las trampas permanecieron activas durante 12 horas en cada punto iniciando actividad a las 18:00 y concluyendo a las 06:00 hrs (**Figura IV.45**).



**Figura IV.45.** Evidencia del esfuerzo de muestreo mediante trampas de caída o Pitfall.

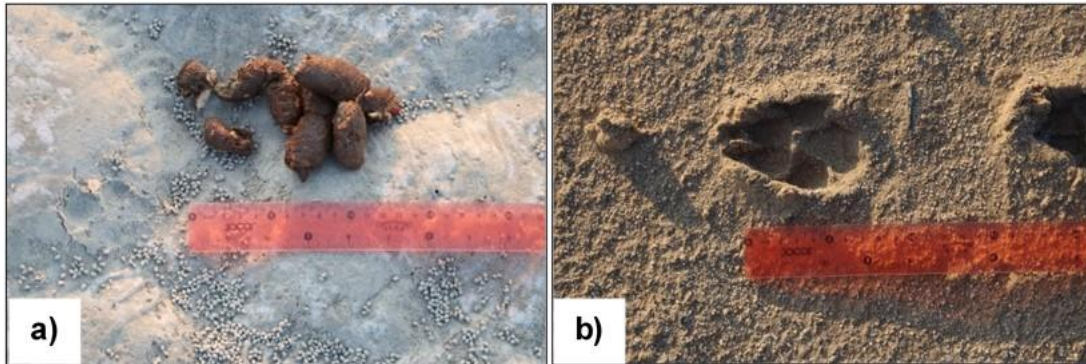
Las Trampas de caída o Pitfall fueron colocadas dentro del transecto definido para el registro de fauna por avistamiento u observación a distancias variables respecto al PM correspondiente.

### **Método indirecto**

#### **Transectos de dimensiones fijas**

Adicional a los esfuerzos para el registro de fauna mediante la implementación de técnicas de observación, avistamiento y trapeo, en los transectos también se contempló el registro por método indirecto, el cual, como lo refiere la literatura, tiene que ver con la búsqueda intensiva y reconocimiento de ejemplares, mediante presencia de rastros (huellas, excretas, rascaderas o restos óseos).

Esta actividad fue complementaria y tuvo lugar en cada recorrido llevado a cabo para el registro de aves, mamíferos y de la herpetofauna (**Figura IV.46**).

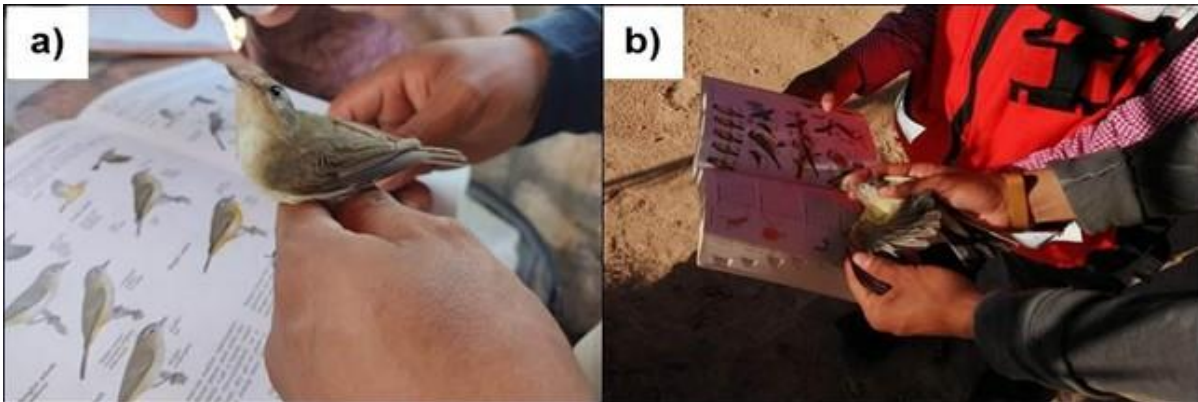


**Figura IV.46.** Rastros de excretas (a) y huellas de coyote (b) (*Canis latrans*).

Se entiende, por tanto, que está técnica de registro de fauna, tuvo lugar en los espacios a los que refieren las coordenadas de la Tabla IV.47.

### Determinación específica

La determinación específica para los organismos de aves avistados o capturados se llevó a cabo haciendo uso de las guías especializadas de Howell y Webb (1995) y Sibley (2000) (Figura 4). La nomenclatura científica y el arreglo sistemático de los nombres de las aves son acordes a la propuesta de la Unión Americana de Ornitología (AOU) actualizada por Chesser et al. (2020). Las categorías de riesgo se determinaron con la lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 reformada en 2015 (D.O.F., 2015), al igual que las categorías de endemismo de las especies (Figura IV.47).

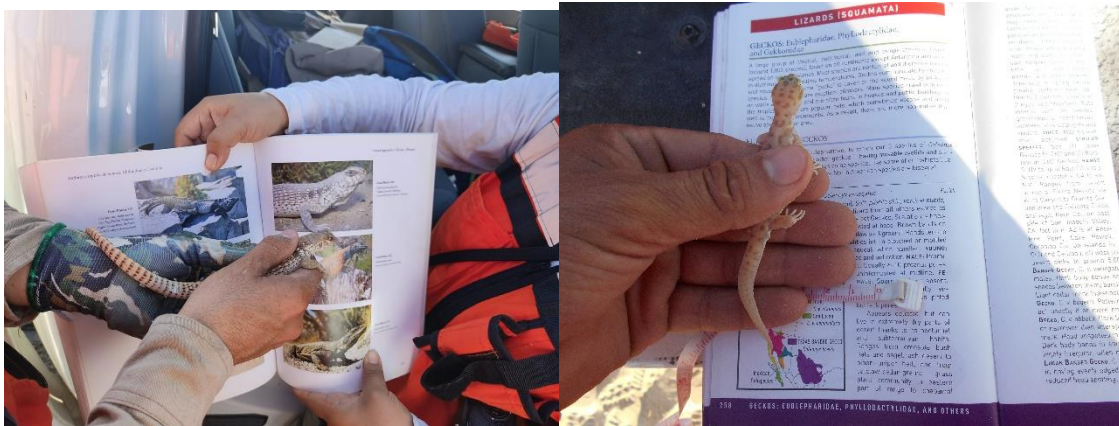


**Figura IV.47.** En ambas figuras se muestra el uso de guías para la identificación de las aves.

Para los especímenes del grupo de los mamíferos la determinación taxonómica se realizó utilizando el Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México de Aranda (2012) y el libro de “Los Mamíferos de México” de Ceballos y Oliva (2005). En lo que respecta a la determinación específica de murciélagos se utilizó la guía de “Identificación de los murciélagos

de México” (Medellín *et al.* 2008). Por último, para actualizar los nombres científicos taxonómicos se consultó el trabajo de Ceballos y Arroyo–Cabrales (2012).

Finalmente, la determinación taxonómica de las especies de la herpetofauna demandó el uso de las guías de campo especializadas de anfibios y reptiles de Sonora, Chihuahua y Coahuila, México de Lemos Espinal y colaboradores (2015). El arreglo sistemático y la actualización de los nombres científicos de las especies de herpetofauna son acordes a la propuesta de The Reptil Data Base (Uetz, 2006) (**Figura IV.48**).



**Figura IV.48.** Se muestra el uso de guías para la identificación de la herpetofauna.

### Esfuerzo de muestreo

A continuación, se muestra la intensidad de muestreo conforme a las diferentes técnicas aplicadas y en función de la cantidad de las mismas y tiempo en que se mantuvieron activas. Tal estimación del esfuerzo se hace para el AP como para el SAR.

### Horas de capturas con redes

Una red estándar tiene 12.0 m de largo y 2.5 m de alto. Para facilitar los cálculos, una red estándar operada durante una hora equivale a “una hora red”. Por lo tanto, el total de horas-red en el área de estudio para obtener el muestreo de aves fue de 960 horas y para murciélagos fue de 600 horas.

En la **Tabla IV.44** se muestra la unidad de esfuerzo (hora-red) para la operación de las redes de niebla que fueron utilizadas para la captura de aves y murciélagos en el área de estudio para los horarios ya descritos anteriormente.

**Tabla IV.44.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de redes de niebla.

Grupo faunístico	Cantidad (Pza)	Longitud (m)	Tiempo de operación	Equivalente (hora-red)	No. De puntos de muestreo	Hora red-punto	Total (hora-red)
Aves	1	9m	6:00-10:00	8	60	480	960
	1	12m	16:00-18:00	8	60	480	
Murciélagos	1	9m	18:00-23:00	5	60	300	600
	1	12m		5	60	300	

### Trampeo con Sherman y Tomahawk

Es el número de trampas utilizadas en una noche, multiplicando por el número de noches en que fueron colocadas. Si se colocan 120 trampas durante una noche, se tienen 120 noches de trapeo. Para la captura de pequeños mamíferos se utilizaron 120 Trampas Sherman plegables cebadas con avena y esencia de vainilla. Por otra parte, para la captura de mamíferos medianos se utilizaron 6 trampas Tomahawk. Teniendo en cuenta que en el AP se colocaron un total de 720 y en el SAR 1,680 la valoración del esfuerzo es como se muestra en la Tabla 5. En el caso de las Tomahawk, fueron 2 por punto de muestro, entonces, para el AP y el SAR, se colocaron 36 y 84, respectivamente (Tabla IV.45).

**Tabla IV.45.** Estimación del esfuerzo de muestreo mediante el uso de Sherman y Tomahawk.

Tipo de trampa	Número de trampas	Número de noches	Total, Noche-trampa	Activas	Horas	Horas totales de actividad
Sherman	120	20	2,400	17:00 a 7:00	14	33,600
Tomahawk	6	20	120	18:00 a 9:00	15	1,800
<b>Total, de horas trampas:</b>						<b>35,400</b>

### Fototrampas

Teniendo en cuenta que en total se colocaron 12 trampas diarias en 20 noches, significa un resultado de 240 noche-trampa. En la tabla 6 se puede apreciar como el horario en que estuvieron activas fue de 15 horas por noche lo que equivale a 3600 horas de trampas activadas (Tabla IV.46).

**Tabla IV.46.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de cámaras trampa.

Número de trampas	Noches	Total Noche-trampa	Horas activas por noche	Horas total
12	20	240	15	3600

### Trampas de pitfall

Para medir el esfuerzo de muestreo para este tipo de técnica, se tomó en cuenta que la colocación de 3 cubetas a lo largo de 5 m de longitud, que corresponden a “1 trampa pitfall activa”. Por lo que, se colocaron en total 39 trampas Pitfall. El horario de operación de las trampas fue de aproximadamente 12 h por día, tomando en cuenta que se colocaba una trampa por día, entonces, las horas totales de operación por los 20 días lectivos en campo fue de 240 h (Tabla IV.47).

**Tabla IV.47.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de trampas de caída o Pitfall.

Trampas por sitio de muestreo	Horario de operatividad	Días efectivos en campo	Horas totales de operatividad
39	12 h	20	240

### Horas-Hombre

Las horas hombre son la unidad de medida que se utiliza para medir los esfuerzos necesarios para completar el trabajo en campo. En el proyecto la cantidad de personal para el trabajo fue de 10 personas, trabajando 12 horas diarias, durante 20 días (Tabla IV.48).

**Tabla IV.48.** Cálculo del esfuerzo de muestreo mediante el uso de horas-hombre.

Personas	Horario de trabajo	Horas laboradas por día	Días trabajados en campo	Total de horas-hombre	Horas-hombre trabajadas totales en campo
10	6:00-11:00	12	20	240	2,400

---

## JUSTIFICACIÓN TÉCNICA-CIENTÍFICA DEL MUESTREO EJECUTADO EN EL LEVANTAMIENTO DE FAUNA

Como parte del levantamiento de fauna silvestre en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área de Proyecto (AP), para el desarrollo del capítulo de fauna silvestre del Proyecto Fotovoltaico Puerto Peñasco, se elabora el siguiente apartado, con el fin de demostrar la fiabilidad y representatividad del muestreo de los trabajos realizados en campo, mismos que tuvieron lugar en el periodo del 29 agosto al 17 de septiembre de 2021 en Puerto Peñasco, Sonora.

La finalidad es externar la justificación técnica-científica del muestreo, para lo cual, se abordan de manera específica los aspectos relacionados con:

- Valoración comparativa con estudios de caso sobre los registros obtenidos durante el muestreo versus lo que reportan áreas con similitud a las que son objeto del estudio.
- Curvas de acumulación de especies.
- Valoración del diseño de muestreo, referido a la distribución de las muestras levantadas, consideraciones de las variaciones en las áreas en estudio, que inciden en la presencia-ausencia de la fauna silvestre.

La particularidad con que cada aspecto se abordó, es desglosada a continuación.

- Valoración comparativa con estudios de caso sobre los registros obtenidos versus lo que reportan áreas con similitud a las que son objeto del estudio.

Este aspecto tiene que ver con plantear una discusión entre el resultado del muestreo llevado a cabo para el estudio que nos ocupa y los que, diversos autores han obtenido y reportado para áreas similares que comparten características biofísicas y que se ubican en la misma región. A partir de ello resulta posible determinar el grado de concordancia entre los datos obtenidos y, por tanto, soportar la confiabilidad del esfuerzo implementado.

Un primer ejercicio comparativo realizado fue con los datos de la fauna reportada para el Área Natural Protegida con la categoría de Reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (RBEPGDA) ubicada a no más de 16.0 km con relación a los sitios donde se levantó el muestreo de fauna. La información de esta reserva, por la naturaleza del sitio, mantiene respaldo científico al demandar parámetros confiables para su publicación, por lo que, sin duda, deriva de estudios con confiabilidad estadística.

La información relacionada con el registro de fauna en la RBEPGDA señala la presencia de 323 especies (INECC, 2007) en sus 714, 556 has de superficie, distribuidas de la siguiente



manera: 5 anfibios, 43 reptiles, 222 aves y 53 mamíferos. En lo que respecta al muestreo en el SAR y AP, hemos indicado que los resultados fueron de 97 especies, de las cuales 62 pertenecen a las aves, 18 a mamíferos, 16 a reptiles y una a anfibios, lo anterior en una superficie de 35 507.75 ha, es decir, en un 4.93 % con respecto a la superficie de la RBEPGDA.

Haciendo el comparativo entre los registros totales de la fauna, encontramos que el muestreo levantado mantiene una representatividad del 31% de las especies presentes en la RBEPGDA (Tabla IV.49).

**Tabla IV.49.** Comparación de los registros de fauna mediante muestreo en campo en el SAR y AP con el registro reportado en la RBEPGDA.

Grupo faunístico	Monitoreo CFE-Puerto Peñasco (2021)	INECC (2007)	Representatividad %
Anfibios	1	5	20
Reptiles	16	43	40
Aves	62	222	28
Mamíferos	18	53	34
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>323</b>	<b>31</b>

Si consideramos que la superficie muestreada en el proyecto que es del interés de este estudio, representa apenas el 4.93% con relación a la de la RBEPGDA, existen consideraciones suficientes para respaldar la confiabilidad de los muestreos levantados, pues como se muestra en la Tabla, la representatividad de especies fue del 31 %.

Un segundo ejercicio comparativo entre los resultados del levantamiento de fauna en el SAR y AP, se llevó a cabo con otras fuentes confiables, por ejemplo, las listas de especies de comprobación que proporciona CONABIO en conjunto con iNaturalista (sitios web). De este último ejercicio los resultados generados se muestran en la **Tabla IV.50**.

**Tabla IV.50.** Comparación de los registros de fauna mediante muestreo en campo en el SAR y AP con fuentes diversas.

Grupo faunístico	Monitoreo CFE-Puerto Peñasco (2021)	iNaturalista, RBEPGDA (2021)	%	iNaturalista, Puerto Peñasco (2021)	%
Anfibios	1	3	33.33	4	25
Reptiles	16	35	45.7	33	48.48
Aves	62	45	+	45	+
Mamíferos	18	24	75	28	64.29
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>107</b>		<b>110</b>	

Resumiendo, tenemos la siguiente proporcionalidad con cada área considerada en el comparativo (**Tabla IV.51**).

<b>TABLA IV.51. Representatividad de las especies registradas en la zona de muestreo y las especies consultadas en la bibliografía.</b>			
<b>Monitoreo CFE- puerto peñasco</b>	<b>INECC (2007)</b>	<b>iNaturalista, RBEPGDA (2021)</b>	<b>Naturalista, Puerto Peñasco (2021)</b>
97	323	107	110

Los resultados encontrados en el ejercicio comparativo, dan soporte técnico-científico al muestreo ejecutado en el levantamiento de fauna en el SAR y AP, pues el registro obtenido, mantiene representatividad significativa con relación a estudios empleados en la comparación, los cuales, son netamente científicos y en donde con seguridad, los esfuerzos fueron más extensivos y en superficies de mayores dimensiones.

**Curvas de acumulación de especies, distribución de las muestras levantadas, consideraciones de las variaciones en las áreas en estudio, que inciden en la presencia-ausencia de la fauna silvestre.**

Uno de los análisis más importantes para evaluar la eficacia estadística del esfuerzo de muestreo realizado en campo, son las curvas de acumulación de especie, método de extrapolación que usa la acumulación de especies observadas para modelar el conteo de nuevas especies conforme avanza el esfuerzo de muestreo, de tal modo que, la estabilización de la curva en una asíntota indica que el total de especies han sido capturadas y que el inventario de la zona de muestreo está completo (Gaston & Gauld, 1993; Moreno, 2001; Moreno Halffter, 2001).

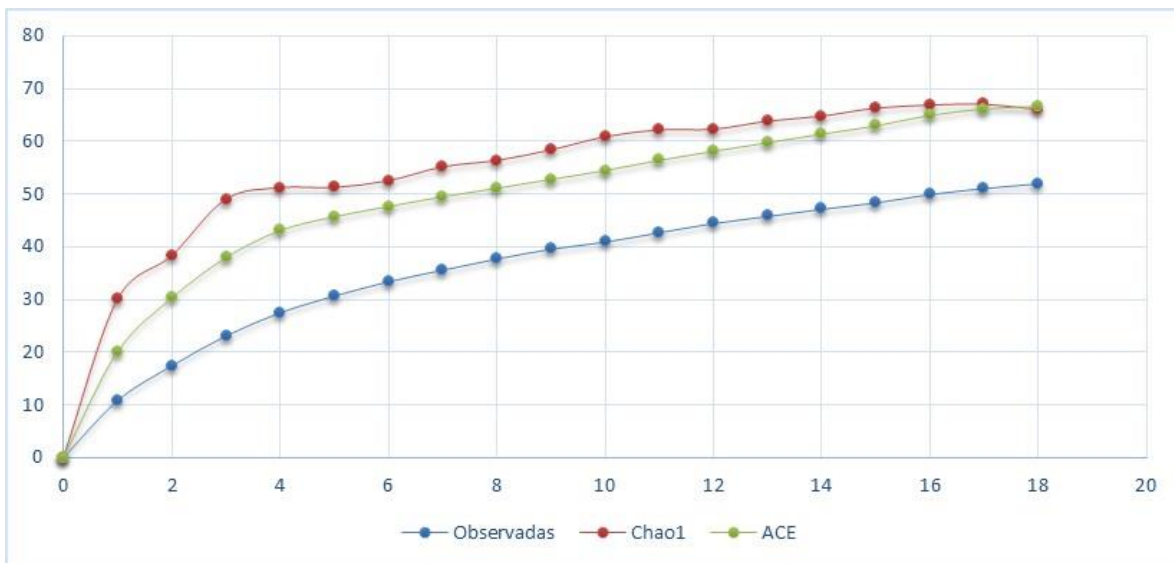
Las curvas de acumulación son empleadas para:

1. Dar fiabilidad a los muestreos biológicos y posibilitar su comparación;
2. Una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir la totalidad de los inventarios, y;
3. Extrapolar el número de especies observado en un inventario de la zona (Jiménez-Valverde y Hortal, 2000).

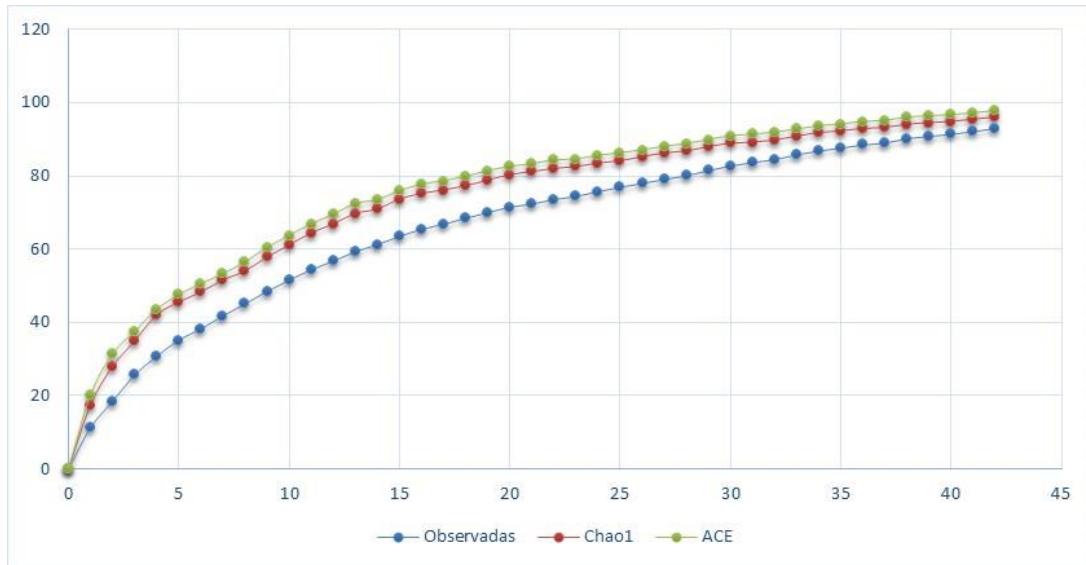
Para construir una curva de acumulación de especies se necesita el esfuerzo de muestreo, que en este caso, se tomaron los puntos de muestreo; y una función que evalúa la calidad del muestreo (estimadores) que tienen su base estadística en la matemática de las técnicas de estimación del número de clases a partir de muestras y de las técnicas de captura-recaptura (Chao, 1984 y 1987; Chao y Lee, 1992; Jiménez-Valverde y Hortal, 2000), para el presente estudio se emplearon Chao1 y ACE, debido a que estos se basan en la abundancia de

individuos de cada especie de una muestra representativa (Halffter et al. 2001; Moreno y Halffter, 2000), datos obtenidos en el levantamiento de la fauna en el SAR y AP.

Dicho lo anterior, se realizó una curva de acumulación de especies para el AP y otra para el SAR (**Figura IV.49 y IV.50**). De acuerdo con lo observado en campo, en el área del proyecto se registraron 52 especies, ambos estimadores (Chao1 y ACE) predijeron 66 especies -con una completitud del 78%-, mientras que, para el Sistema Ambiental, el estimador Chao1 predijo 96 -con un 96% de la completitud- y ACE, 97 especies -con una completitud del 95%-, en tanto que, las especies registradas para el SAR fue de 93 especies.



**Figura IV.49.** Curva de acumulación de especies para el Área del Proyecto.



**Figura IV.50.** Curva de acumulación de especies para el Sistema Ambiental Regional.

Observamos en las gráficas anteriores, que las líneas de acumulación de especies registradas tanto en el SAR como en el AP, están muy cerca de la asintota, lo que garantiza que, aunque se considerara un mayor esfuerzo de muestreo, las variaciones de especies a registrar serían nulas o mínimas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2000). A ello se suma el hecho de que los estimadores estadísticos predijeron especies similares a lo observado en el AP y el SAR, y que las completitudes de especies para ambas zonas, están entre los 80% y 95%.

En la siguiente tabla se presenta el listado faunístico registrado en el SAR, derivado de los 51 sitios de muestreo realizados (**Tabla IV.52**).

**Tabla IV.52. Listado faunístico registrado en el SAR.**

Listado Faunístico Microcuenca - SAR, PFV Puerto Peñasco, Son.									
Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	No. De individuos en 100 ha	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Punto	Técnica muestreo
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	playero alzacolita	2	-	-	15	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	garza blanca	4	-	-	1	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	garza morena	7	-	-	15, 29	Avistamiento
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	búho cornudo	4	-	-	16, 28, 34, 50	Avistamiento
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguijilla cola roja	4	-	-	33, 38, 42, 48	Avistamiento
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo swainsoni</i>	aguijilla de Swainson	4	Pr	-	12, 14, 16, 47	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	garcita verde	1	-	-	15	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i>	playero de Baird	69	-	-	15	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris mauri</i>	playero occidental	1	-	-	32	Avistamiento
Aves	Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla gambelii</i>	codorniz de Gambel	169	-	-	5, 46, 48, 50	Avistamiento
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Calypte anna</i>	colibrí cabeza roja	1	-	-	50	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	matraca del desierto	32	-	-	1, 10, 16, 17, 20, 25, 27, 28, 33, 37, 39, 48-50	Avistamiento
Aves	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura	107	-	-	1-3, 12-14, 16-18, 20, 23, 24, 26-28, 30, 32-35, 37, 39, 40, 45, 47-50	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	zorzal de anteojos	1	-	-	35	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	chorlo semipalmeado	4	-	-	29	Avistamiento
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	chotacabras menor	24	-	-	19, 34, 36, 37, 47	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	papamoscas del oeste	1	-	-	50	Avistamiento
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes chrysoides</i>	carpintero collarajo	2	-	-	26	Avistamiento
Aves	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común	7	-	-	12-14	Avistamiento/ transecto
Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	cuervo común	15	-	-	16, 17, 23, 26, 30, 31, 33	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	garceta rojiza	2	Pr	-	1, 29	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	garceta piedorado	7	-	-	1, 15, 29	Avistamiento
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	cernicalo americano	5	-	-	15, 17, 31, 40	Avistamiento
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	correcaminos norteño	4	-	-	4, 16	Avistamiento/ fototrampa
Aves	Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	ostrero americano	6	P	-	1, 29	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Fringillidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	pinzón mexicano	3	-	-	26	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus bullockii</i>	bolsero calandria	3	-	-	26	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Lanidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	verdugo americano	15	-	-	1, 13, 17, 21, 29, 33, 35, 41	Avistamiento/ transecto
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus delawarensis</i>	gaviota pico anillado	5	-	-	1	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus heermanni</i>	gaviota ploma	10	Pr	Semiendemica	1	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus occidentalis</i>	gaviota occidental	4	-	-	1	Avistamiento

Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Leiothlypis celata</i>	chipe corona naranja	1	-	-	41	Avistamiento
Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megasceryle alcyon</i>	martín pescador noroeste	2	-	-	29	Avistamiento
Aves	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes uropygialis</i>	carpintero del desierto	18	-	-	25, 26, 27, 28	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	centzonte noroeste	3	-	-	22, 26	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus cinerascens</i>	papamoscas cenizo	4	-	-	4	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numerius americanus</i>	zarapito pico largo	14	-	-	1, 17, 29	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numerius phaeopus</i>	zarapito trinador	9	-	-	15, 29	Avistamiento
Aves	Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	águila pescadora	7	-	-	15-17, 29, 32, 33	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	pelicano blanco	116	-	-	1, 12, 43	Avistamiento
Aves	Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelicano café	4	-	-	29	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Ptilonotidae	<i>Phainopepla nitens</i>	capulínero negro	2	-	Nativo	26	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Phalaropus lobatus</i>	felaropo cuello rojo	5	-	-	15, 31	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	picogordo tigrillo	8	-	-	4, 25, 26	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga ludoviciana</i>	piranga capucha roja	9	-	-	4, 26, 37, 40	Avistamiento/ red de niebla
Aves	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	chorlo gris	3	-	-	1	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Poliophtidae	<i>Poliophtia caerulea</i>	perita azulgris	7	-	-	20, 23, 24	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Poliophtidae	<i>Poliophtia melanura</i>	perita del desierto	11	-	-	27, 36, 37, 47	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis saya</i>	papamoscas llanero	2	-	-	26, 41	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	chipe negrogris	2	-	-	1, 17	Avistamiento
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Phalaenoptilus nuttallii</i>	Tapacaminos pandeagua	9	-	-	46, 47	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	chipe amarillo	15	-	-	1, 26, 33, 34, 37, 50	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Sterna forsteri</i>	charran de Forster	21	-	-	29	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Passerellidae	<i>Spizella breweri</i>	gorrión de Brewer	4	-	-	29, 41, 48, 50	Avistamiento
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	paloma de collar turca	16	-	Introducida	4, 25, 26, 28, 34	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma crissale</i>	cuicacoche crisal	6	-	-	35, 36, 41, 45	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	cuicacoche pico curvo	25	-	-	15, 16, 23-26, 28, 47, 48	Avistamiento
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa semipalmata</i>	playero pihuiú	20	-	-	1, 15, 29	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus verticalis</i>	tirano pálido	1	-	-	35	Red de niebla
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo gilvus</i>	vireo gorjeador	5	-	-	21, 26	Avistamiento
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	paloma alas blancas	43	-	-	5, 19, 26, 34, 40, 44, 47	Avistamiento
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	hulota común	98	-	-	10, 11, 13, 14, 19, 22, 26, 32, 34, 35, 37, 38, 41, 46, 47, 49, 50	Avistamiento

Mamíferos	Artiodactyla	Antilocapridae	<i>Antilocapra americana</i>	berrendo sonorense	8	P	-	50, 51	Rastros/ comentario de habitante local
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	coyote	39	-	-	43, 46, 47, 49-51	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys deserti</i>	rata canguro desértica	15	-	-	,43	Avistamiento/ rastros/ trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys merriami</i>	rata canguro de Merriam	41	-	-	43, 45, 46, 49, 50	Avistamiento/ trampas Sherman
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	liebre cola negra	17	-	-	46-50	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Macrotus californicus</i>	murciélago orejón californiano	5	-	-	45	Red de niebla
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Perognathus longimembris</i>	ratón de abazones menor	50	-	-	46-51	Avistamiento/ trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus eremicus</i>	ratón de cactus	2	-	-	47	Trampas Sherman
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	conejo del desierto	24	-	-	47, 48, 50, 51	Rastros
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Vulpes macrotis</i>	zorra del desierto	18	A	-	47, 50, 51	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Rodentia	Sciuridae	<i>Xerospermophilus tereticaudus</i>	ardilla de tierra de cola redonda	21	-	-	44, 47, 49, 51	Avistamiento
Mamíferos	Rodentia	Sciuridae	<i>Ammospermophilus harrisi</i>	ardilla antilope de Sonora	61	-	-	11, 14, 23, 25, 26, 28	Avistamiento/ transecto
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Chaetodipus baileyi</i>	ratón de abazones sonorense	2	-	-	42	Trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Cricetidae	<i>Neotoma albigula</i>	rata cambalachera garganta blanca	3	-	-	28, 33, 37	Avistamiento/ trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Cricetidae	<i>Onychomys torridus</i>	ratón saltamontes sureño	1	-	-	19	Trampas Sherman
Mamíferos	Artiodactyla	Bovidae	<i>Ovis canadensis</i>	borrego cimarrón	84	Pr	-	5, 6, 27, 28	Avistamiento/ rastros
Mamíferos	Carnivora	Mustelidae	<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote	3	A	-	6, 35, 37	Rastros/ fototrampa
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	zorra gris	2	-	-	4, 40	Rastros

Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Aspidoscelis tigris</i>	huico tigre del noroeste	111	A	endémica	1, 5, 7-14, 16, 22-25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 40-44, 47, 48, 50	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Callisaurus draconoides</i>	cachora arenera	11	A	-	1, 37, 45, 48	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx variegatus</i>	cuija occidental	6	Pr	-	2, 19, 38, 47	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	cascabel de diamantes	8	Pr	-	1, 14, 26, 27, 34, 39, 46, 50	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus cerastes</i>	cascabel de serpiente del desierto	11	Pr	-	6, 21, 22, 26, 40, 44, 47, 48, 49, 54	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	iguana del desierto	56	-	-	1, 7-14, 16, 19, 35-38, 41, 42, 45	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Masticophis flagellum</i>	chirriónera de Sonora	7	A	-	5, 13, 14, 19, 41, 47, 48	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma mcallii</i>	camaleón cola plana	9	A	-	38, 44, 37, 48	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	lagartija escamosa de desierto	26	-	-	4, 12, 14, 19, 24, 27, 32, 33, 37, 40, 41, 47, 48, 50	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uma notata</i>	lagartija arenera del Colorado	52	P	-	1, 7-11, 19, 20, 21, 25, 36, 45, 47-51	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus graciosus</i>	lagartija arbolera cola larga	23	-	-	19, 21, 37, 50	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uta stansburiana</i>	cachora gris	489	A	-	1-17, 19-51	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Testudines	Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i>	Tortuga verde	1	P	-		Rastros (caparazón) 1
Reptiles	Squamata	Crotaphytidae	<i>Gambelia wislizenii</i>	cachorón leopardo de nariz larga	2	Pr	-	1, 24	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma goodei</i>	camaleón de Sonora	1	-	-	35	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Pituophis catenifer</i>	Topera	1	-	-	22	Avistamiento
Anfibios	Anura	Bufo	<i>Incilius alvarius</i>	sapo del desierto de Sonora	2	-	-	23, 26	Avistamiento



En la siguiente tabla se presenta el listado faunístico registrado en el área del proyecto, derivado de los nueve sitios de muestreo (**Tabla IV.53**).

**Tabla IV.53.** Listado faunístico registrado en el AP.

Listado Faunístico Área del Proyecto, PFV Puerto Peñasco, Son.							
Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Aves	Accipitriforme	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguiluilla cola roja	2	-	-
Aves	Accipitriforme	Accipitridae	<i>Buteo swainsoni</i>	aguiluilla de Swainson	1	Pr	-
Aves	Passeriforme	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	matraca del desierto	1	-	-
Aves	Cathartiforme	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura	13	-	-
Aves	Passeriforme	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	cuervo común	6	-	-
Aves	Passeriforme	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	golondrina tijereta	4	-	-
Aves	Accipitriforme	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	águila pescadora	1	-	-
Aves	Passeriforme	Poliopitidae	<i>Poliopitila melanura</i>	perilita del desierto	1	-	-
Mamífero	Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	coyote	15	-	-
Mamífero	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys deserti</i>	rata canguro desértica	2	-	-
Mamífero	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys merriami</i>	rata canguro de Merriam	2	-	-
Mamífero	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	liebre cola negra	1	-	-
Mamífero	Rodentia	Cricetidae	<i>Onychomys torridus</i>	ratón saltamontes sureño	1	-	-
Mamífero	Rodentia	Heteromyidae	<i>Perognathus longimembris</i>	ratón de abazones menor	2	-	-
Mamífero	Carnivora	Canidae	<i>Vulpes macrotis</i>	zorra del desierto	9	A	-
Mamífero	Rodentia	Sciuridae	<i>Xerospermophilus tereticaudus</i>	ardilla de tierra de cola redonda	3	-	-
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Aspidoscelis tigris</i>	huico tigre del noroeste	36	A	endémica
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Callisaurus draconoides</i>	cachora arenera	8	A	-
Reptiles	Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx variegatus</i>	cuija occidental	1	Pr	-
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus cerastes</i>	casabel cornuda del Noreste	2	Pr	-
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	iguana del desierto	10	-	-
Reptiles	Squamata	Crotaphytidae	<i>Gambelia wislizenii</i>	cachorón leopardo de nariz larga	1	Pr	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma mcallii</i>	camaleón cola plana	1	A	-
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Pituophis catenifer</i>	Topera	2	-	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	lagartija escamosa de desierto	3	-	-
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Sonora annulata</i>	Serpiente nariz de pala del desierto	1	-	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uma notata</i>	lagartija arenera del Colorado	3	P	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uta stansburiana</i>	cachora gris	138	A	-

En la siguiente tabla se presenta el listado faunístico derivado de los muestreos en vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca/SAR (**Tabla IV.54**).

Tabla IV.54. Listado faunístico en la VDA en el SAR.

Listado Faunístico Microcuenca - SAR sitios de Vegetación de Desiertos Arenosos.							
Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia (102 ha)	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	playero alzacolita	2	-	-
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	garza blanca	4	-	-
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	garza morena	7	-	-
Aves	Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	búho cornudo	3	-	-
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguiluilla cola roja	4	-	-
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo swainsoni</i>	aguiluilla de Swainson	4	Pr	-
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	garcita verde	1	-	-
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i>	playero de Baird	70	-	-
Aves	Galliformes	Odontophoridae	<i>Callipepla gambelii</i>	codorniz de Gambel	172	-	-
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Calypte anna</i>	colibrí cabeza roja	1	-	-
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	matraca del desierto	20	-	-
Aves	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura	72	-	-
Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	zorzal de anteojos	1	-	-
Aves	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	chorlo semipalmado	4	-	-
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	chotacabras menor	1	-	-
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	papamoscas del oeste	1	-	-
Aves	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común	7	-	-
Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	cuervo común	10	-	-
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	garceta rojiza	2	Pr	-
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	garceta pie-dorado	7	-	-
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	cernicalo americano	4	-	-
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	correcaminos norteño	3	-	-
Aves	Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	ostrero americano	6	P	-
Aves	Passeriformes	Lanidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	verdugo americano	13	-	-
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus delawarensis</i>	gaviota pico anillado	5	-	-
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus heermanni</i>	gaviota ploma	10	Pr	Semiendemica
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus occidentalis</i>	gaviota occidental	4	-	-
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Leiothlypis celata</i>	chipe corona naranja	1	-	-
Aves	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megasceryle alcyon</i>	martín pescador norteño	2	-	-
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	centzonile norteño	1	-	-
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus cinerascens</i>	papamoscas cenizo	4	-	-
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius americanus</i>	zarapito pico largo	14	-	-
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	zarapito trinador	9	-	-
Aves	Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	águila pescadora	7	-	-
Aves	Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	pelicano blanco	118	-	-
Aves	Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelicano café	4	-	-
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Phalaropus lobatus</i>	felaropo cuello rojo	5	-	-
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	picogordo tigrillo	3	-	-
Aves	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga ludoviciana</i>	piranga capucha roja	4	-	-
Aves	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	chorlo gris	3	-	-
Aves	Passeriformes	Poliopitidae	<i>Poliopitila caerulea</i>	perlita azulgris	7	-	-
Aves	Passeriformes	Poliopitidae	<i>Poliopitila melanura</i>	perlita del desierto	9	-	-
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis saya</i>	papamoscas llanero	1	-	-
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga nigrescens</i>	chipe negrogris	2	-	-
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Phalaenoptilus nuttallii</i>	Tapacaminos pandeagua	9	-	-
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	chipe amarillo	14	-	-
Aves	Charadriiformes	Laridae	<i>Sterna forsteri</i>	charran de Forster	21	-	-
Aves	Passeriformes	Spizellidae	<i>Spizella breweri</i>	gorrión de Brewer	4	-	-
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	paloma de collar turca	4	-	Introducida
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma crissale</i>	cuicacoches crisal	6	-	-
Aves	Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	cuicacoches pico curvo	10	-	-
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa semipalmata</i>	playero pihuíui	20	-	-
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus verticalis</i>	tirano pálido	1	-	-
Aves	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo gilvus</i>	vireo gorjeador	2	-	-
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaidura macroura</i>	paloma atlas blancas	39	-	-

Mamíferos	Artiodactyla	Antilocapridae	<i>Antilocapra americana</i>	berrendo sonorenses	2	P	-
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	coyote	6	-	-
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys deserti</i>	rata canguro desértica	1	-	-
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys merriami</i>	rata canguro de Merriam	7	-	-
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	liebre cola negra	6	-	-
Mamíferos	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Macrotus californicus</i>	murciélago orejón californiano	1	-	-
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Perognathus longimembris</i>	ratón de abazones menor	16	-	-
Mamíferos	Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus eremicus</i>	ratón de cactus	1	-	-
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	conejo del desierto	4	-	-
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Vulpes macrotis</i>	zorra del desierto	3	A	-
Mamíferos	Rodentia	Sciuridae	<i>Xerospermophilus tereticaudus</i>	ardilla de tierra de cola redonda	6	-	-
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Aspidocheilus tigris</i>	huico tigre del noroeste	17	A	endémica
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Callisaurus draconoides</i>	cachora arenera	5	A	-
Reptiles	Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx variegatus</i>	cuija occidental	2	Pr	-
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	cascabel de diamantes	2	Pr	-
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus cerastes</i>	cascabel cornuda del Noreste	5	Pr	-
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	iguana del desierto	1	-	-
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Masticophis flagellum</i>	chirriera de Sonora	2	A	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma mcallii</i>	camaleón cola plana	7	A	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	lagartija escamosa de desierto	4	-	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uma notata</i>	lagartija arenera del Colorado	22	P	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus graciosus</i>	lagartija arbolera cola larga	1	-	-
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uta stansburiana</i>	cachora gris	5	A	-

## Análisis de biodiversidad de fauna en la microcuenca/SAR

### Análisis de diversidad en la Microcuenca

La fauna del desierto de Sonora emplea sus propios sistemas de supervivencia e insectos como las arañas y los escorpiones han aprendido a vivir a sus anchas en este mundo de contrastes. Los huevos de algunas especies de camarón se mantienen en estado latente en charcas secas, las cuales al llenarse dan vida a estos animales. Aunque parezca increíble hay aproximadamente 20 especies de peces en los desiertos de Estados Unidos y Sonora, y cada una de ellas ha encontrado también la manera de sobrevivir en este clima contrario a su naturaleza. Por otra parte, hay una gran cantidad de reptiles como lagartijas, iguanas, lagartos, culebras, tortugas y serpientes que han hecho del desierto su hogar.

Las aves están también presentes y durante las tardes en los agujeros se pueden ver gorriones, carpinteros, palomas, codornices y correcaminos que llegan a beber, y a éstos dos últimos se

les puede observar también corriendo entre los arbustos. Hay también aves rapaces como el gavilán, el cual caza pequeños pájaros y roedores como la rata canguro o guancito.

El resto de la fauna del desierto de Sonora está compuesto por los mamíferos, muchos de ellos como el coyote, el zorro, los roedores, las liebres y los conejos viven en madrigueras subterráneas que son un perfecto aislante del exterior, tanto del calor como del frío y durante las épocas de sequía acumulan alimentos dentro de estos refugios para así poder sobrevivir. Los pumas, sin embargo, viven en cuevas y abrigos rocosos.

Otros animales del desierto como el borrego cimarrón, que habita en las peñas y sierras más inaccesibles, y el venado bura se han convertido en preciados trofeos cinegéticos por la belleza de sus cornamentas; por tal motivo los cazadores furtivos los buscan mucho y los han puesto al borde de la extinción.

Así pues, tanto la fauna como la flora de estos biomas es escasa y, de hecho, las pocas especies que podemos encontrar muestran grandes rasgos de adaptación a fin de poder sobrevivir en uno de los biomas más hostiles de la Tierra, los resultados de nuestros muestreos de fauna nos dan 97 especies para los cuatro grupos faunísticos clasificados (aves, mamíferos, reptiles y anfibios) en 51 sitios de muestreo. con una superficie de dos hectáreas cada uno de ellos.

Es importante mencionar que este análisis se hace a partir de los datos registrados en campo extrapolados a una superficie de 100 hectáreas con la finalidad de que el valor mínimo de la especie menos abundante sea uno y con esto poder calcular los índices de biodiversidad y que nos arrojen valores que puedan ser comparables con los obtenidos en el área del proyecto.

A continuación, describimos el comportamiento del grupo faunístico por medio de la riqueza de especies, índices de diversidad Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef e índice de equitabilidad de Pielou (**Tabla IV.55**), y en formato digital se encuentran el **Anexo IV.X**.

**Tabla IV.55.** Índices de diversidad de especies de fauna en el SAR.

Índices de diversidad de especies de fauna por grupo faunístico en la Microcuenca - SAR							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Aves	*Vegetación de desiertos Arenosos	1005	62	3.1659	0.9267	0.7671	6.1166
Mamíferos	*Matorral Sarcocaula	394	18	2.3634	0.8836	0.8177	2.8444
Reptiles	*Vegetación Hálófila	813	16	1.4715	0.6085	0.5307	2.2387
Anfibios	Hídروفila	2	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

El **grupo faunístico aves** se identificaron 62 especies con 1,005 individuos en 100 hectáreas; este grupo es el más diverso de los cuatro analizados ya que está compuesto por especies de aves marinas y terrestres con un amplio rango de desplazamiento (migratorias) debido a la cercanía que presenta el área del proyecto con el mar de Cortés: *Actitis macularius*, *Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Bubo virginianus*, *Buteo jamaicensis*, *Buteo swainsoni*(Pr), *Butorides virescens*, *Calidris bairdii*, *Calidris mauri*, *Callipepla gambelii*, *Calypte anna*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Cathartes aura*, *Catharus ustulatus*, *Charadrius semipalmatus*, *Chordeiles acutipennis*, *Contopus sordidulus*, *Colaptes chrysoides*, *Coragyps atratus*, *Corvus corax*, *Egretta rufescens* (Pr), *Egretta thula*, *Falco sparverius*, *Geococcyx californianus*, *Haematopus palliatus* (P), *Haemorrhous mexicanus*, *Icterus bullockii*, *Lanius ludovicianus*, *Larus delawarensis*, *Larus heermanni* (Pr), *Larus occidentalis*, *Leiothlypis celata*, *Megasceryle alcyon*, *Melanerpes uropygialis*, *Mimus polyglottos*, *Myiarchus cinerascens*, *Numenius americanus*, *Numenius phaeopus*, *Pandion haliaetus*, *Pelecanus erythrorhynchos*, *Pelecanus occidentalis*, *Phainopepla nitens*, *Phalaropus lobatus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Piranga ludoviciana*, *Pluvialis squatarola*, *Polioptila caerulea*, *Polioptila melanura*, *Sayornis saya*, *Setophaga nigrescens*, *Phalaenoptilus nuttallii*, *Setophaga petechial*, *Sterna forsteri*, *Spizella breweri*, *Streptopelia decaocto*, *Toxostoma crissale*, *Toxostoma curvirostre*, *Tringa semipalmata*, *Tyrannus verticalis*, *Vireo gilvus*, *Zenaida asiatica*, *Zenaida macroura*

El primero de los índices en analizar es el índice de Shannon que es un índice de los más usados en las investigaciones ecológicas, ya que su aplicación conlleva ciertas ventajas, por ejemplo, este índice no es afectado de manera significativa por el tamaño de la muestra. Este índice tiene un rango de valores que va de 0 a 5, valores inferiores a dos se consideran bajos y superiores a tres son considerados altos en biodiversidad.

Al registrar 62 especies el Índice de diversidad de **Shannon-Wiener** nos da un valor de 3.1659, este valor está en el rango alto para este índice, por consecuencia nos refleja una alta diversidad en la microcuenca para este grupo faunístico, las especies que registraron mayor abundancia son: *Pelecanus erythrorhynchos* y *Callipepla gambelli*.

El siguiente índice en analizar es el de **Simpson** que es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango para este índice va de 0 a 1, así tenemos que en cuanto más cerca sea el valor a uno mayor es la diversidad del hábitat, el valor de este índice para este grupo es de 0.9267, de acuerdo con esto la diversidad para este grupo faunístico es alta. Las comunidades más estables tienen un gran número de especies que se distribuyen de manera bastante uniforme en poblaciones de buen tamaño.

El índice de equitabilidad de **Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y cero señala la ausencia de uniformidad, en esta ocasión el valor del índice de Pielou para el grupo faunístico es de 0.7671, un valor cercano a 1 lo que nos indica que las especies registradas en el estrato comparten abundancias similares en el hábitat.

Por último, para este grupo tenemos el índice de **Margalef** que nos dice que cuando el valor es cero solo hay una especie y cinco cuando hay un número relativamente grande de especies, para este grupo se obtuvo un valor de 6.1166, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Este valor está por encima de cinco por lo que indica que tenemos un número abundante de especies.

A continuación, se describen las dos especies más abundantes de este grupo.

### **Codorniz de Gambel** (*Callipepla gambelii*)

#### **Características**

Es un ave de 25 a 30 cm, similar a la codorniz californiana (*Callipepla californica*). Al igual que ésta, tiene plumaje azulado en la espalda, pecho y parte trasera de la cabeza; la cara, la garganta, el pico y los ojos son negros, en los machos la corona es rojiza (más roja en esta especie) y tanto macho como hembra tienen una pluma negra curvada hacia adelante.

A diferencia de la codorniz californiana, las plumas del vientre no forman un patrón escamoso y en cambio el vientre es blanco y en los machos con un parche negro.

En esta especie la diferencia entre macho y hembra está muy bien marcada.

### **Distribución**

De manera general, no comparte hábitat con la codorniz californiana. La codorniz desértica se encuentra en zonas de vegetación arbustiva en desiertos, generalmente cerca de cuerpos de agua. Su área de distribución es amplia, y comprende los desiertos de los estados de Texas, Nuevo México, Utah, Nevada, California y Arizona. En México se la halla en el delta del Colorado (Baja California), en Sonora y en el norte de Chihuahua.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Galliformes  
Familia: Odontophoridae  
Género: Callipepla  
Especie: *C. gambelii*

### **El pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*)**

Es una especie de ave de la familia de los pelícanos (Pelecanidae). Es muy grande (1.2–1.8 m), con manchas negras en las alas y un pico anaranjado muy grande y ancho. Su envergadura es de aproximadamente 3 m. Son muy gráciles en vuelo, moviendo sus alas en lentos y poderosos golpes. Las colonias son vulnerables a alteraciones y a la pérdida del hábitat. Es probable que la población total se haya reducido durante la primera mitad del siglo XX; sin embargo, desde la década de 1970 ha experimentado un aumento sustancial.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Pelecaniformes  
Familia: Pelecanidae  
Género: *Pelecanus*  
Especie: *P. erythrorhynchos*

### **Hábitat**

Lagos, pantanos y bahías de agua salada. Durante la época de reproducción habita sobre todo en tierra firme, nidifica en islas aisladas en lagos y se alimenta en lagos, ríos y pantanos poco profundos. Las áreas de alimentación pueden encontrarse a varios kilómetros de los sitios de nidificación. También se reproduce a nivel local en islas costeras, y las bandadas que migran suelen detenerse en lagos y ríos. Pasa el invierno a lo largo de la costa, en bahías y estuarios protegidos y de poca profundidad, aunque también se presenta en lagos de gran tamaño en climas más cálidos.

A continuación, se presenta el análisis del **grupo faunístico de los mamíferos**, donde se registra un total de 18 especies con 394 individuos en 100 hectáreas; siendo las siguientes: *Antilocapra americana* (P), *Canis latrans*, *Dipodomys deserti*, *Dipodomys merriami*, *Lepus californicus*, *Macrotus californicus*, *Perognathus longimembris*, *Peromyscus eremicus*, *Sylvilagus audubonii*, *Vulpes macrotis* (A), *Xerospermophilus tereticaudus*; *Ammospermophilus harrisii*, *Chaetodipus baileyi*, *Neotoma albigula*, *Onychomys torridus*, *Ovis canadensis* (Pr), *Taxidea taxus* (A), *Urocyon cinereoargenteus* de los cuales las dos especies más abundantes son: *Ammospermophilus harrisii* y *Perognathus longimembris*.

Es importante mencionar que de los 87 registros de la especie *Ovis canadensis* (Pr) tres se registraron de manera indirecta mediante rastros en los sitios 5, 6 y 27, los 83 restantes fueron observadas en el sitio de muestreo 28 que se localizó dentro de la superficie que corresponde a la Unidad de Manejo para la conservación de la vida silvestre Sierra Pinta que cuenta con una superficie de 22,068 has donde su objetivo es la conservación de vida silvestre de las especies: Borrego cimarrón (Pr), Venado bura, cola blanca, berrendo (P) y de más especies.

La otra especie bajo conservación de la UMA es el *Antilocapra americana* (P), pero es importante mencionar que los ocho registros se encontraron en los sitios 10, 22, 23, 50 y 51, mediante rastros, no fue posible ninguna observación en el trabajo de campo.

El índice **Shannon-Wiener** contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de las especies (abundancia), resultando 2.3300, esto nos indica que el número de individuos no se distribuye de manera equitativa, este valor es congruente con el tipo de ecosistema que se está estudiando.

El índice **de Simpson** tiene un valor de 0.8768 por encima de la parte media de los valores de referencia que maneja este índice que van de cero a 1, por lo que de acuerdo con la abundancia presentada nos indica que no hay especies dominantes en este grupo faunístico.

El 0.8061 del valor del índice de equitatividad de **Pielou** nos hace referencia a que las once especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es muy cercano a 1 donde todas las especies serían igualmente abundantes.



Por último, tenemos el índice de **Margalef** que se utiliza en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos, este valor es de 3.0660, lo cual representa un valor alto de equitatividad considerando que el valor más alto para este índice es de cinco y se presenta cuando hay un número relativamente grande de especies.

Se describe a continuación las dos especies más abundantes de este grupo

### **Ovis canadensis** (Borrego cimarrón)

#### **Descripción**

Es el único carnero nativo de América, el rasgo más característico lo constituyen sus enormes cuernos. La cabeza es mediana, con un cuello corto y un cuerpo robusto, con orejas pequeñas. La cola es corta, presenta una línea oscura tenue en su rabadilla blanca. Los cuernos en los machos son macizos, largos y curvos dirigidos hacia atrás y hacia fuera con las puntas hacia fuera, dando la forma de espiral típica de la especie (Shackleton, 1985). En comparación con las hembras que son delgadas, pequeños y ligeramente curvos, dirigidas hacia arriba y hacia atrás, por lo que existe un claro dimorfismo sexual. La coloración del cuerpo es café, pero puede variar entre café rojizo a café oscuro. El hocico, las ancas, la parte posterior de las patas y la panza son de color blanco. El perímetro de las cornamentas alcanza de 70 a 100 cm y junto con el cráneo, pueden llegar a pesar hasta 20 kg (SEMARNAP, 2000). Las medidas corporales de los borregos para machos son de 76 a 100 cm de altura hasta los hombros y 150 cm de longitud, las hembras en general son más pequeñas. Los machos adultos pesan entre 70-91 kg, en cambio las hembras pesan en promedio 50 kg (Smith y Krausman, 1988). Formula dentaria i 0/3, c 0/1, p 3/3, m 3/3 (Hall, 1981).

#### **Distribución**

MÉXICO / SONORA

En las Sierras El Viejo, Posada o Pico Johnson, Isla Tiburón y en la Reserva de la Biosfera el Pinacate (SEMARNAP, 2000).

#### **Hábitat**

El borrego cimarrón en México es un animal exclusivo de las regiones desérticas y montañosas. Prefieren los terrenos escarpados donde el tipo de vegetación dominante son el matorral xerófilo y el pastizal. Usualmente estos sitios les permiten fácilmente escapar de sus depredadores o tener una comunicación visual (Shackleton, 1985; Smith y Krausman, 1988).

## Estado de conservación

### NOM-059-SEMARNAT-2010

(Pr) sujeta a protección especial

### Conservación

Las poblaciones mexicanas de borrego cimarrón se encuentran protegidas, desde 1975, por la Convención Internacional del Tráfico de Especies Silvestres de Flora y Fauna ([www.cites.org](http://www.cites.org), 2002). Se han identificado algunas regiones que por sus condiciones ambientales y requerimientos de hábitat del borrego cimarrón garantizan su permanencia o bien facilitan la reintroducción o traslocación en el norte de México. En las Sierras de Agua de Soda, Cupaná, Juárez, Tinajas, Las Pintas, San Felipe, San Pedro Mártir, Santa Isabel, Santa Rosa y en las Cañadas de Arroyo Grande, Baja California. Las Sierras Las Vírgenes, Loreto-La Giganta y El Mechudo, Baja California Sur. En las Sierras El Viejo, Posada o Pico Johnson, Isla Tiburón y en la Reserva de la Biosfera el Pinacate, en Sonora (SEMARNAP, 2000). Muchas de estas sierras se encuentran dentro de las Áreas Naturales Protegidas: Sierra de San Pedro Mártir, Baja California; El Vizcaíno, Baja California Sur; El Pinacate y el Gran Desierto de Altar, Sonora y la Reserva Especial de la Biosfera Isla Tiburón, Sonora. Además de las Regiones Terrestres Prioritarias Sierra El Mechudo, El Vizcaíno-El Barril, Sierra de Juárez, Sierra La Libertad-La Asamblea, Sierra El Alamo-El Viejo, Sierra Seri (Arriaga et al., 2000; SEMARNAP, 1995).

Diferentes grupos de trabajo están llevando a cabo acciones para la conservación del hábitat del borrego cimarrón, así como de su recuperación en los estados de Chihuahua y Nuevo León (SEMARNAP, 2000).

### Taxonomía

Reino Animalia  
Filo Chordata  
Clase Mammalia  
Orden Artiodactyla  
Familia Bovidae  
Género Ovis  
Especie *Ovis canadensis* (Borrego Cimarrón)

---

***Ammospermophilus harrisi*** (Ardilla antílope de Sonora).

### Habitat

Las ardillas antílope de Harris se encuentran en múltiples tipos de hábitats desérticos, incluidos desiertos con cactus y arbustos del desierto hasta llanuras abiertas con grava y arena. También se sabe que habitan valles, cañones y fondos de ríos. Estas ardillas prefieren áreas con vegetación densa (Best, et al., 1990; Nowak, 1999).

### Estado de conservación

Las ardillas antílope de Harris se consideran una especie de menor preocupación y actualmente no están en peligro de extinción (Timm, et al., 2013).

### Taxonomía

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Subfilo: Vertebrata  
Clase: Mammalia  
Orden: Rodentia  
Familia: Sciuridae  
Género: *Ammospermophilus*  
Especie: *A. harrisi*

Para presentar el análisis correspondiente para el **grupo faunístico reptiles** es importante mencionar que se tienen 16 especies con 813 individuos en 100 hectáreas. Este es el tercer grupo faunístico más diverso de acuerdo con los muestreos. A continuación, se enlistan las especies identificadas: *Aspidoscelis tigris* (A), *Callisaurus draconoides* (A), *Coleonyx variegatus* (Pr), *Crotalus atrox* (Pr), *Crotalus cerastes* (Pr), *Dipsosaurus dorsalis*, *Masticophis flagellum* (A), *Phrynosoma mcallii* (A), *Sceloporus magister*, *Uma notata* (P), *Urosaurus graciosus*, *Uta stansburiana* (A), *Chelonia mydas* (P), *Gambelia wislizenii* (Pr), *Phrynosoma goodei* y *Pituophis catenifer*.

Al registrar 16 especies el Índice de diversidad de **Shannon-Wiener** nos da un valor de 1.4715, este valor está en el rango bajo para este índice, por consecuencia nos refleja una diversidad baja en la microcuencia para este grupo faunístico, las especies que registraron mayor abundancia son: *Uta stansburiana* y *Aspidoscelis tigris*.

El siguiente índice de **Simpson** tiene un valor de 0.6085, que se encuentra por encima de la parte media de los valores de referencia para este índice lo que nos indica alta diversidad.

En seguida tenemos el índice de **Pielou** de 0.5307, es un valor medio para los rangos que maneja el índice esto nos indica que la abundancia es media cabe destacar que 14 de las 16 especies existentes presentan una abundancia muy parecida.

Por otro lado, se tiene el análisis del índice de **Margalef** con valor de 2.2387 un valor que se encuentra en la media de los valores de diversidad para este índice considerando que el valor más alto es de cinco.

Se describe a continuación las dos especies más abundantes de este grupo

### ***Aspidoscelis tigris*** (Huico Tigre del Noroeste)

El Huico tigre (*Aspidoscelis tigris*) es una especie de lagarto de la familia Teiidae. La especie se distribuye en la mayor parte del suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. La mayoría de sus poblaciones parecen estables y no está catalogada como en peligro de extinción en ninguno de los estados que componen su área de distribución. Vive en una amplia variedad de hábitats, incluidos desiertos y matorrales semiáridos, generalmente en áreas con escasa vegetación; también se puede encontrar en bosques, bosques secos abiertos y crecimientos ribereños. Vive en madrigueras.

### **Descripción**

El huico tigre tiene un cuerpo largo y delgado, pequeñas escamas granuladas en su espalda y escamas rectangulares más grandes en su vientre. El lado superior a menudo tiene rayas claras y la garganta puede ser rosada o algo anaranjada en los adultos. La longitud máxima del hocico a la ventilación (SVL) es de 102 mm (aproximadamente 4 pulgadas) y la longitud total máxima (incluida la cola) es de 305 mm (aproximadamente 12 pulgadas). Las crías son de color amarillo anaranjado con manchas o rayas de color marrón oscuro o negro

### **Distribución geográfica y hábitat**

Está muy extendido en todo el norte de México y el oeste de los Estados Unidos. En los EE. UU. Se puede encontrar en los estados de Arizona, California, Colorado, Idaho, Nevada, Nuevo México, Oregón y Utah. Se encuentra en regiones cálidas y secas, típicamente con follaje escaso. Puede vivir en bosques, chaparrales, áreas ribereñas o desérticas. Las subespecies del desierto prefieren un hábitat con vegetación como la artemisa o la escama sombría, y dependen de las madrigueras para escapar del calor del desierto.

En las partes del norte de su área de distribución, el huico tigre generalmente emerge de la hibernación en mayo, y la mayoría de los adultos estivan durante los meses de verano, pero en el sur está activo desde abril hasta finales de agosto.

## Taxonomía

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Reptilia  
Pedido: Squamata  
Familia: Teiidae  
Género: *Aspidozelis*  
Especies: *A. tigris*

***Uta stansburiana***. (Largatija de mancha lateral norteña)

## Descripción

El cuerpo de este saurio es robusto y la cabeza es triangular. Los individuos adultos alcanzan hasta 69.0 mm de longitud hocico cloaca (LHC) y la cola llega a medir hasta 1.6 veces la LHC. Las escamas dorsales son ligeramente quilladas, las laterales son granulares y las ventrales son imbricadas (arregladas una encima de otra). El pliegue gular se extiende dorsalmente hasta la inserción de las extremidades anteriores. Las extremidades posteriores son robustas y casi del doble de longitud de las anteriores. Presentan entre 24-33 poros femorales. El patrón de coloración es muy variable y depende del sustrato predominante donde se encuentra la población, el sexo y la edad. En el caso de los machos adultos el dorso es de color oscuro y presenta líneas claras en la región dorso-lateral desde la nuca y hasta la base de la cola, el dorso generalmente presenta manchas color turquesa en la región central y amarillentas en los costados, la cola presenta tonos verdosos, la región gular oscura con manchas anaranjadas o amarillas en su región lateral, el vientre es de color gris claro. Las hembras y los juveniles son semejantes a los machos excepto porque carecen del patrón de manchas en la región dorsal. Cuando están preñadas las hembras presentan una coloración anaranjada en los costados de la cabeza, el cuello y la región gular, la cual se atenúa cuando ovipositan.

## Distribución

El área de distribución de este saurio en México va desde los estados de Sinaloa, Durango, Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Coahuila hasta toda la península de Baja California y gran cantidad de islas en el Pacífico (Asunción, Cedros, Coronado, Magdalena, Natividad, San Benito, San Gerónimo, San Martín, San Roque, Santa Margarita y Todos Santos) y del Golfo de California (Ángel de la Guarda, Ballena, Bota, Cabeza de Caballo, Cardonaza Este, Carmen, Cerraja, Danzante, Coronados, Dátil, El Pardito, Espíritu Santo, Flecha, Gallo, Granito, Lagartija, La Ventana, La Rasa, Las Galeras, Mejía, Mitlán, Montserrat, Partida Norte, Partida Sur, Patos, Piojo, Pond, Roca Lobos, Salsipuedes, San Lorenzo Norte, San Francisco,

San Ildefonso, San Lorenzo Sur, San Luis, San José, San Marcos, Smith, Tiburón, Tortuga y Willard) (Grismer 2000)

## Hábitat

*Uta stansburiana* es un saurio terrestre generalista y se le puede encontrar desde regiones con arbustos de salvia hasta en bosques de coníferas. En la costa del Pacífico de Baja California se le encuentra en zonas de dunas. En la cara este de la Sierra la Laguna (región de Los Cabos), es una especie relativamente rara en zonas con vegetación densa, pero tiene a ser común en zonas alteradas por la actividad humana (Grismer 2002, p. 187). Aparentemente, este saurio no prefiere ningún sustrato o microhábitat, aunque, sus abundancias son mayores cerca de zonas rocosas. En algunas de las islas que habita es más común en las partes internas de esta que en la costa, especialmente en las islas San Marcos y Carmen. En la isla Coronados es común cerca de las rocas volcánicas, los arbustos y las playas arenosas. Cuando se ve amenazada corre a la base de los arbustos y se entierra en la arena o busca un escondite para escapar. En la isla Espíritu Santo su distribución se ve restringida a las zonas arenosas de las playas, esto debido a que las zonas rocosas están ocupadas por *Urosaurus nigricaudus*. A diferencia de otras especies del género *Uta stansburiana* es una especie predominantemente insectívora, Galina-Tesaro et al. (2002) reportan que el 71.8% de la dieta de este saurio en la isla San Roque estaba compuesta por dípteros.

## Estado de conservación

NOM-059-SEMARNAT-2010

A amenazada

## Taxonomía

Reino Animalia  
Filo Chordata  
Subfilo Vertebrata  
Clase Reptilia  
Orden Squamata  
Familia Phrynosomatidae  
Género *Uta*  
Especie *Uta stansburiana* (Lagartija de Mancha Lateral)

Finalmente tenemos el **grupo faunístico anfibios**, donde se registra una especie: *Incilius alvarius*. Con un total estimado de dos individuos en 100 hectáreas.

Para este grupo faunístico en particular nos marca un resultado de cero para todos los índices (**Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y Margalef**). Debido a que las condiciones desérticas presentadas en el SAR, como son la escasa precipitación y las temperaturas extremas ya que estas no resultan favorables para la distribución de este grupo.

### **Sapo del desierto de Sonora (*Incilius alvarius*)**

El sapo del desierto sonoreño o sapo del río Colorado (*Incilius alvarius*) es una especie de anfibio de la familia Bufonidae.

### **Distribución y hábitat**

Se distribuye por el suroeste de Estados Unidos (sureste de California, sur de Arizona y noreste de Nuevo México) y el noroeste de México (Sonora y noroeste de Sinaloa). Su hábitat natural va desde las tierras bajas áridas y las praderas áridas a bosques de roble, sicomoro o nogal en los cañones de montaña.

### **Estado de conservación**

En la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza se considera desde el 2004 a *Incilius alvarius* como una especie en la categoría bajo preocupación menor en cuanto a su estado de conservación. Un estudio académico del 2019 recomienda actualizar el estado de conservación por las consideraciones éticas e impactos ecológicos por la explotación creciente de la secreción del sapo que contiene 5-MeO-DMT y bufotenina.

### **Uso ritual del Bufo Alvarius**

En la actualidad existe una práctica de creciente popularidad del uso ritual de la secreción que contienen las glándulas parótidas de este sapo situadas en el cuello, la curva del codo y la ingle. La sustancia está compuesta por diversos compuestos químicos, entre los cuales se han encontrado veintiún alcaloides.

Se utiliza entre usuarios de sustancias psicoactivas que lo consideran una práctica ancestral de culturas indígenas. Normalmente suele ser practicado como parte de una búsqueda espiritual y también con fines terapéuticos, como por ejemplo la disminución de los síntomas de enfermedades psiquiátricas (ansiedad, depresión, trastorno de estrés postraumático, trastornos del uso de alcohol y drogas). Sin embargo, todavía no han sido confirmados científicamente los efectos terapéuticos que se aclaman y el empleo de la sustancia puede conllevar graves riesgos de salud o derivar incluso en la muerte.

## Taxonomía

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Amphibia  
Orden: Anura  
Familia: Bufonidae  
Género: Incilius  
Especie: *I. alvarius* (Girard, 1859)

De acuerdo con los resultados obtenidos de los diferentes índices de diversidad, podemos concluir que el grupo de las Aves es un grupo con una diversidad alta y que las abundancias de las especies se distribuyen de manera homogénea dentro de la microcuenca/SAR, sobre todo por la cercanía que esta tiene al sur con el mar, donde encuentran disponibilidad de alimento, en cuanto a los resultados para el grupo de mamíferos se puede entender que las especies más abundantes son los mamíferos pequeños dentro los que destacan roedores, ya que por sus cualidades aumentan sus posibilidades de adaptación a las hostiles condiciones que ofrece el desierto, por otro la especie *Ovis canadensis* fue registrada en el sitio 28 que es un sitio que se encuentra dentro de la Unidad de Manejo Ambiental para la conservación de vida silvestre, el grupo más abundante es el de los reptiles que registran 1,210 individuos esto es fácil de entender por las características de las especies que conforman este grupo para la adaptabilidad al desierto, en general los resultados de los índices nos indican que la microcuenca/SAR presenta una buena diversidad y abundancia condiciones acordes al desierto.

## Análisis de diversidad de fauna en el Área del Proyecto (AP)

Las comunidades biológicas poseen una diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades, este atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies. El segundo componente es la equitabilidad, que se refiere a la distribución de la abundancia de las especies.

Para estimar la diversidad debe considerarse que, aunque se tiene buen conocimiento de la composición taxonómica, es raro que se estime la diversidad de toda la comunidad. Por lo general, se mide la diversidad en un fragmento de la misma que se denomina taxocenosis (diversidad de aves, de árboles, etc.). Los individuos asignados a una clase (especie) son considerados idénticos. Es decir, no se reconoce la variabilidad que puede existir entre los sexos de una misma especie o entre etapas del desarrollo.



Numerosos índices han sido propuestos para caracterizar la riqueza de especies y la equitabilidad. Los índices que combinan estas dos variables en un solo valor, se denominan índices de diversidad. Una de las principales críticas a estos índices es que combinan y por lo tanto, confunden un conjunto de variables que caracterizan la estructura de la comunidad: (a) el número de especies (riqueza específica), (b) la abundancia relativa de las especies (equitabilidad), (c) la homogeneidad y el tamaño del área muestreada.

Los resultados obtenidos del muestreo de fauna para el AP nos dan un total de 28 especies para tres grupos faunísticos (aves, mamíferos y reptiles) para el grupo de anfibios no se encontró ninguna especie, el esfuerzo se concentró en 9 sitios de muestreo con una superficie de dos hectáreas cada uno de ellos.

Es importante mencionar que este análisis se hace a partir de los datos registrados en campo extrapolados a una superficie de 100 hectáreas con la finalidad de que el valor mínimo de la especie menos abundante sea uno y con esto poder calcular los índices de biodiversidad y que nos arrojen valores que puedan ser comparables con los obtenidos en el SAR.

A continuación, describimos por grupo faunístico, la riqueza de especies, índices de diversidad Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef e índice de equitabilidad de Pielou, en la **Tabla IV.56**.

**Tabla IV.56.** Índices de diversidad de especies de fauna en el AP.

Índices de diversidad de especies por grupo de Fauna en el Área del Proyecto							
Grupo Faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos en 100 ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Aves	Vegetación desiertos arenosos	161	8	1.6078	0.7323	0.7732	0.6213
Mamíferos		194	8	1.6168	0.7352	0.7775	1.3282
Reptiles		1144	12	1.1629	0.5166	0.4680	1.5619
Anfibios		0	0	0	0	0	0

Para el grupo de aves se identificaron 8 especies con 161 individuos en 100 hectáreas; siendo las siguientes: *Buteo jamaicensis*, *Buteo swainsoni*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, ***Cathartes aura***, ***Corvus corax***, *Hirundo rustica*, *Pandion haliaetus*, *Polioptila melanura*.

El primero de los índices en analizar es el **índice de Shannon** que es un índice de los más usados en ecología, ya que su aplicación conlleva ciertas ventajas, por ejemplo, este índice no es afectado de manera significativa por el tamaño de la muestra. Este índice tiene un rango de valores que va de 0 a 5, valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son considerados altos en biodiversidad.

Al registrar 8 especies el **Índice de diversidad de Shannon-Wiener** nos da un valor de **1.6078**, este valor está en el rango bajo para este índice, por consecuencia nos refleja una baja diversidad en el área del Proyecto para este grupo faunístico, las especies que registraron mayor abundancia son: *Cathartes aura*, *Corvus corax*.

El siguiente **índice** en analizar es el **de Simpson** que es una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar, sean de la misma especie. El rango para este índice va de 0 a 1, así tenemos que en cuanto más cerca sea el valor a uno mayor es la diversidad del hábitat, el valor de este índice para este grupo es de **0.7323**, de acuerdo con esto la diversidad para este grupo faunístico es alta. Las comunidades más estables tienen un gran número de especies que se distribuyen de manera bastante uniforme en poblaciones de buen tamaño.

El **índice de equitatividad de Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y cero señala la ausencia de uniformidad, en esta ocasión el valor del índice de Pielou para el grupo faunístico es de **0.7732**, un valor cercano a 1 lo que nos indica que las especies registradas en el estrato comparten abundancias similares en el hábitat.

Por último, para este grupo tenemos el **índice de Margalef** que nos dice que cuando el valor es cero solo hay una especie y cinco cuando hay un número relativamente grande de especies, para este grupo se obtuvo un valor de **0.6213**, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Este valor está por debajo de cinco por lo que nos indica que tenemos un bajo número de especies.

A continuación, se describen las dos especies más abundantes respectivamente para este grupo.

***Cathartes aura*** (zopilote aura) (Figura IV.51).



**Figura IV.51.** *Cathartes aura* (zopilote aura).

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Cathartiformes  
Familia: Cathartidae  
Género: *Cathartes*  
Especie: *Cathartes aura* (Linnaeus, 1758)

**Descripción.** Es un ave grande, con una envergadura de 170-183 cm, una longitud de 64-81 cm y un peso que puede variar entre 0,85 y 2,26 kg. Su plumaje es marrón oscuro hasta negro; la cabeza y el cuello no tienen plumas y son de color púrpura-rojo. Su pico es corto, ganchudo, y de color marfil (CONABIO 2021).

**Hábitat.** Habita una variedad de zonas abiertas y semiabiertas, incluyendo bosques subtropicales, matorrales, pastizales y desiertos (CONABIO 2021).

**Distribución.** Su área de distribución se extiende desde el extremo sur de Sudamérica hasta el sur de Canadá (CONABIO 2021).

**Hábitos.** El aura gallipavo se alimenta casi exclusivamente de carroña. Localiza los cadáveres con su aguda visión y su sentido del olfato, volando a una altura suficientemente baja para detectar los gases producidos por los inicios del proceso de descomposición de los animales muertos. Para desplazarse en el aire, aprovecha térmicas, reduciendo la necesidad de aletear. Pasa la noche en largos grupos comunitarios. Como carece de siringe —el órgano vocal de las aves— sus vocalizaciones se limitan a silbidos bajos y gruñidos. Anida en cuevas, huecos de árboles o matorrales. Suele tener dos crías que alimenta por regurgitación. Tiene pocos depredadores. Su esperanza de vida es algo por encima de 16 años en un ambiente silvestre, mientras que en cautiverio puede llegar a tener más de 30 años en casos excepcionales (CONABIO 2021).

**Amenazas.** Considerada como en preocupación menor por la lista roja de la IUCN.

**Puntos de muestreo.** Esta especie de ave fue registrada en los puntos de muestreo 3, 4, 5, 7 y 9 del Área del Proyecto.

***Corvus corax*** (cuervo común) (Figura IV.52).



**Figura IV.52.** *Corvus corax* (cuervo común).

### Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Passeriformes  
Familia: Corvidae  
Género: Corvus  
Especie: *Corvus corax* (Linnaeus, 1758)

**Descripción.** El plumaje del cuervo grande puede mostrar un color azul o púrpura al sol, en su etapa madura mide entre 52 y 69 cm de longitud con una envergadura de 115 a 160 cm el macho es más grande que la hembra. Su peso varía de 0,7 a 1,7 kg lo que le hace ser la más pesada de las passeriformes. El pico es fuerte, negro y ligeramente curvado. La cola es relativamente larga, el cuello es bastante grueso, y el iris es marrón oscuro. El plumaje es generalmente negro, pero posee reflejos iridiscentes azulados y púrpuras. Las plumas de la garganta se alargan y la base de las plumas del cuello es de un marrón gris pálido. El plumaje de los jóvenes es similar al de los adultos, pero más mate y el iris es azul gris. Los cuervos grandes viven generalmente de diez a quince años, pero algunos individuos han vivido cuarenta años (CONABIO 2021).

**Hábitat.** El cuervo es capaz de prosperar en numerosos climas; en efecto, esta especie posee el área de distribución más amplia de los miembros de su clase. Su área de distribución se extiende por toda la zona Holoártica, desde el Ártico y hábitats moderados de Norteamérica y de Europa hasta los desiertos del África Septentrional, y las islas del Pacífico. En las islas británicas, es más grande en Escocia, el norte de Inglaterra y el oeste Irlanda. En el Tíbet, se ha observado en altitudes de 5000 m y hasta los 6350 m en el Everest. La mayoría de los cuervos prefieren las zonas costeras o las zonas de bosques con grandes extensiones cercanas abiertas para anidar y alimentarse. En algunas regiones con fuertes concentraciones de poblaciones humanas como en California en los Estados Unidos, se aprovechan de las abundantes fuentes de comida y su número va en aumento (CONABIO 2021).

**Distribución.** Presente en todo el hemisferio septentrional, es la especie de córvido con la mayor superficie de distribución (CONABIO 2021).

**Hábitos.** El cuervo grande es omnívoro y oportunista: su régimen alimentario varía según el lugar, la temporada y lo que encuentra por casualidad. Por ejemplo, los cuervos que anidan cerca de las fuentes de residuos generados por los humanos incluyen un porcentaje más elevado de los desechos alimentarios en su régimen, los individuos que anidan cerca de las carreteras consumen más vertebrados víctimas de atropellos y los individuos que anidan lejos de estas fuentes de comida consumen más artrópodos y vegetales. Su alimentación vegetal incluye los cereales, las bayas y frutas. Cazan pequeños invertebrados, anfibios, reptiles, pequeños mamíferos y pájaros. Almacenan los excedentes de comida, sobre todo de la que contiene grasa. También pueden consumir las partes no digeridas de las heces animales y los

residuos alimentarios procedentes del hombre. El éxito de las nidadas es más elevado en los individuos que utilizan residuos humanos como fuente de comida. Los jóvenes pueden desplazarse en grupos, pero las parejas ya formadas permanecen juntas toda su vida, cada pareja defendiendo un territorio. Existen ocho subespecies conocidas que se diferencian muy poco aparentemente, aunque estudios recientes hayan demostrado diferencias genéticas significativas entre las poblaciones de distintas regiones. El cuervo grande coexiste con los humanos desde hace millares de años y en algunas regiones es tan abundante que se considera una especie nociva. Se han observado varias demostraciones notables de resolución de problemas en esta especie, lo que hace pensar que el cuervo grande es muy inteligente (CONABIO 2021).

**Amenazas.** Ninguna.

**Puntos de muestreo.** Esta especie de ave fue registrada en los puntos de muestreo 7 y 9 del Área del Proyecto.

A continuación, se presenta **el análisis del grupo faunístico de los mamíferos**, donde se registra un total de 8 especies con 194 individuos en 100 hectáreas; siendo las siguientes: **Canis latrans**, *Dipodomys deserti*, *Dipodomys merriami*, *Lepus californicus*, *Onychomys torridus*, *Perognathus longimembris*, **Vulpes macrotis**, *Xerospermophilus tereticaudus*, de las cuales las dos especies más abundantes son: *Canis latrans* y *Vulpes macrotis*.

El **índice Shannon-Wiener** contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de las especies (abundancia), resultando **1.6168**, esto nos indica que el número de individuos no se distribuye de manera equitativa, este valor es congruente con el tipo de ecosistema que se está estudiando.

El **índice de Simpson** tiene un valor de **0.7352** por encima de la parte media de los valores de referencia que maneja este índice que van de 0 a 1, por lo que de acuerdo con la abundancia presentada nos indica que no hay especies dominantes en este grupo faunístico.

El **0.775** del valor del **índice de equitatividad de Pielou** nos hace referencia a que las 8 especies registradas en el estrato comparten abundancias similares, ya que el resultado es cercano a 1 donde todas las especies serían igualmente abundantes.

Por último, tenemos el **índice de Margalef** que se utiliza en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos, este valor es de **1.3282**, lo cual representa un valor bajo de diversidad considerando que el valor más alto para este índice es de cinco y se presenta cuando hay un número relativamente grande de especies.

A continuación, se describen las dos especies más abundantes de este grupo.

***Canis latrans*** (Coyote) (Figura IV.53).



**Figura IV.53.** *Canis latrans* (coyote).

#### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Mammalia  
Orden: Carnivora  
Familia: Canidae  
Género: *Canis*  
Especie: *Canis latrans* (Say, 1823)

**Descripción.** El coyote mide menos de 60 cm de altura, y su color varía desde el gris hasta el canela, a veces con un tinte rojizo. Las orejas y el hocico del coyote parecen largos en relación al tamaño de su cabeza. Mide entre 74 y 94 cm de longitud, sin la cola, y pesa de 8 a 16 kg. Puede ser identificado por su cola espesa y ancha que, a menudo, lleva cerca del suelo. Por su aspecto esbelto se puede distinguir de su pariente mayor, el lobo gris, que puede pesar de 35 a 80 kg. El coyote es un animal muy flaco y puede parecer desnutrido a primera vista aun si goza de buena salud. Aunque a veces se reúnen en manadas, son por lo general solitarios. Viven en promedio 6 años. (CONABIO 2021).

**Hábitat.** Habita en una gran diversidad de ecosistemas, tropicales, templados y áridos (CONABIO 2021).

**Distribución.** Los coyotes solo se encuentran en América del Norte, América Central y recientemente América del Sur; desde Canadá hasta Colombia (CONABIO 2021).

**Hábitos.** Los coyotes son muy adaptables en diversos lugares. Su comportamiento puede variar mucho según su hábitat, pero en general viven y cazan solos o en parejas monógamas, buscando mamíferos pequeños, especialmente musarañas, campañoles y conejos; así como pequeños insectos. Es omnívoro, y adapta su dieta a las fuentes disponibles, incluyendo frutas, hierbas y otros vegetales.

Los coyotes se emparejan de por vida. El apareamiento tiene lugar alrededor del mes de febrero, y nacen camadas de 4 a 6 cachorros sobre fines de abril o comienzos de mayo. Ambos padres —y en ocasiones los ejemplares juveniles, nacidos el año anterior, que aún no abandonaron la guarida paterna— ayudan a alimentar a los cachorros. A las tres semanas de edad estos salen de la guarida bajo la vigilancia de sus padres; cuando alcanzan ocho a doce semanas de edad sus padres les enseñan a cazar. Las familias permanecen juntas a lo largo del verano, pero los jóvenes parten a buscar sus propios territorios hacia el otoño. Suelen trasladarse a unas diez millas de distancia. Los jóvenes maduran sexualmente al año de edad.

Es mucho más común oír un coyote que verlo. Las llamadas que los coyotes hacen son agudas; se las describe como aullidos, chillidos, gañidos y ladridos. Estas llamadas pueden ser una nota larga que sube y que cae (un aullido) o una serie de notas cortas (un «chillido»). Estas llamadas se oyen por lo general al crepúsculo o por la noche, y con menos frecuencia durante el día. Aunque las llamadas se realizan todo el año, son más comunes durante la estación de acoplamiento de la primavera y durante el otoño, cuando los cachorros salen de sus familias para establecer territorios nuevos. El aullido es engañoso; debido a las características del sonido a la distancia, puede parecer que el coyote está en un lugar, cuando realmente se encuentra en otra parte. (CONABIO 2021).

**Amenazas.** No se encuentran en riesgo.

**Puntos de muestreo.** Esta especie fue registrada en los puntos de muestreo 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 del Área del Proyecto.

***Vulpes macrotis*** (zorra del desierto) (Figura IV.54) NOM-059-SEMARNAT-2010 =  
**Amenazada (A)**





**Figura IV.54.** *Vulpes macrotis* (zorrita del desierto).

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Mammalia  
Orden: Carnivora  
Familia: Canidae  
Género: *Vulpes*  
Especie: *Vulpes macrotis* (Merriam, 1888)

**Descripción.** La zorrita del desierto se puede diferenciar del resto por su pequeño tamaño, tiene las patas blancas, al igual que el resto del cuerpo; la cola es negra en la punta. Tiene un cuerpo muy delgado, las orejas son mucho más largas que las de cualquier otro cánido norteamericano. La cola es larga, constituye casi el 40% de la longitud del cuerpo; es redondeada, con mucho pelo. La coloración dorsal por lo general va de parda a amarilla grisácea. Las orejas pueden ser negras o grises, con la base amarillenta a naranja, la caja craneal es más ancha, y el hocico, más aguzado; tiene las bulas auditivas infladas, y la cresta sagital poco desarrollada (CONABIO 2021).

**Hábitat.** El hábitat de esta especie se caracteriza por la presencia de suelos arenosos y profundos en los que construye sus madrigueras, por lo general son en zonas planas y con vegetación muy reducida (CONABIO 2021).

**Distribución.** La distribución está asociada a los desiertos y zonas semiáridas del norte de México y suroeste de Estados Unidos. (CONABIO 2021).

**Hábitos.** Se encuentra en zonas planas y arenosas de suelos profundos, son cazadores nocturnos de pequeños vertebrados y ocasionalmente carroñeros. Obtienen el agua que necesitan para sobrevivir del rocío o de los líquidos corporales de sus presas, evitan el calor excesivo del día resguardándose dentro de sus madrigueras. La zorrilla del desierto utiliza las señales olfativas, a través de la orina y excretas, aunque utilizan alguno de los túneles de sus madrigueras como letrinas.

**Amenazas.** La escasez de esta especie se debe principalmente a que es muy curiosa y a que puede ser fácilmente cazada (CONABIO 2021).

**Puntos de muestreo.** Esta especie fue registrada en los puntos de muestreo 2, 5, 7, y 8 del Área del Proyecto.

Para presentar el análisis correspondiente para el **grupo faunístico reptiles** es importante mencionar que se tienen 12 especies con 1144 individuos en 100 hectáreas, este grupo es el más diverso de los cuatro analizados. A continuación, se enlistan las especies identificadas: ***Aspidoscelis tigris***, *Callisaurus draconoides*, *Coleonyx variegatus*, *Crotalus cerastes*, *Dipsosaurus dorsalis*, *Gambelia wislizenii*, *Phrynosoma mcallii*, *Pituophis catenifer*, *Sceloporus magister*, *Sonora annulata*, *Uma notata*, ***Uta stansburiana***.

Al registrar 12 especies el **Índice de diversidad de Shannon-Wiener** nos da un valor de **1.1629**, este valor está en el rango bajo para este índice, por consecuencia nos refleja una diversidad baja en el área del Proyecto para este grupo faunístico, las especies que registraron mayor abundancia son: *Uta stansburiana* y *Aspidoscelis tigris*.

El siguiente **índice de Simpson** tiene un valor de **0.5166**, que se encuentra en la parte media de los valores de referencia para este índice lo que nos indica una diversidad media en el hábitat

En seguida tenemos el **índice de Pielou** de **0.4680**, el cual señala la ausencia de uniformidad, lo que nos indica que las especies registradas para el grupo no comparten abundancias similares en el hábitat.

Por otro lado, se tiene el análisis del **índice de Margalef** con valor de **1.5619**, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos registrados en el trabajo de campo. Este valor está por debajo de la media por lo que nos indica que tenemos un bajo número de especies.

A continuación, se describen las dos especies más abundantes de este grupo.

***Uta stansburiana*** (Figura IV.55)

**NOM-059-SEMARNAT-2010 =**

**Amenazada (A)**

(Lagartija de mancha lateral norteña)



**Figura IV.55.** *Uta stansburiana* (lagartija de mancha lateral norteña).

### **Taxonomía**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Reptilia

Orden: Squamata

Familia: Phrynosomatidae

Género: *Uta*

Especie: *Uta stansburiana* (Baird & Girard, 1852)

**Descripción.** Estas lagartijas pueden distinguirse principalmente por la coloración dorsal y de la garganta. En los jóvenes de ambos sexos, el patrón de coloración se caracteriza por una raya blanca dorsolateral en los costados del cuerpo. Las hembras adultas presentan una coloración gris con café, con pequeños puntos de color blanco y mantienen los patrones de las líneas dorsolaterales presentes en los juveniles (Vera 2012).

**Hábitat.** Se le puede encontrar en hábitats áridos y semiáridos, desde médanos de arena hasta cañones rocosos donde la vegetación es corta y poco densa. Su distribución altitudinal se extiende desde el nivel del mar hasta 2 200 m.

**Distribución.** Esta especie se distribuye desde el oeste de Texas, y hacia el sur hasta el sur de Coahuila, este de Durango y Chihuahua, la mayor parte de Sonora, y a través de toda la Península de Baja California (Lemos et. al. 2015).

**Hábitos.** Esta especie suele tolerar altas temperaturas, por ello se le puede encontrar en las horas más calurosas del día. Durante la mayor parte del verano, ambos sexos son altamente territoriales, generalmente monógamos. Durante el año puede depositar dos o tres puestas por lo general de tres huevos. Principalmente suele alimentarse de artrópodos como hormigas, escarabajos, chapulines y arañas.

**Amenazas.** Los principales factores de riesgo son la introducción de depredadores exóticos y la alteración del hábitat por la actividad humana además de la actividad de pastoreo.

**Puntos de muestreo.** Esta especie fue registrada en los puntos de muestreo 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 del Área del Proyecto.

***Aspidoscelis tigris*** (huico tigre) (Figura IV.56)  
Amenazada (A)

NOM-059-SEMARNAT-2010 =



**Figura IV.56.** *Aspidoscelis tigris* (huico tigre).

#### Taxonomía

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Reptilia  
Orden: Squamata  
Familia: Teiidae  
Género: *Aspidoscelis*  
Especie: *Aspidoscelis tigris* (Baird & Girard, 1852)

**Descripción.** Esta especie presenta cuerpo fusiforme, una cola dos veces más larga que la distancia de hocico a cola, llega a tener hasta 137 mm de longitud del cuerpo. Color del fondo de cabeza, brazos y cola café; el color del fondo del cuerpo y piernas generalmente es negruzco a café oscuro; regiones pectoral y gular grisáceas a rosa; escamas abdominales grises, con orillas negras; área subcaudal amarillo opaco a bronce (Lemos et. al. 2015).

**Hábitat.** En general se le encuentra en ambientes de desierto, pero también puede habitar bosques de pino-táscate, o se le puede encontrar consumiendo isópodos en la orilla del mar. Su distribución altitudinal se extiende desde el nivel del mar hasta 3 000 m.

**Distribución.** Se distribuye en los Desiertos de Sonora y Mojave del suroeste de los Estados Unidos y noroeste de México. También se conoce para toda la Península de Baja California, 14 de las islas del Mar de Cortés, y seis islas del Pacífico.

**Hábitos.** La época en que se reproducen depende de la ubicación geográfica. Las poblaciones del norte y de mayores altitudes producen sólo una puesta por año con un promedio de cuatro huevos por puesta, mientras que las poblaciones del sur, una puesta de dos huevos en mayo, y una segunda puesta de dos huevos en julio. Suele alimentarse principalmente de hormigas, termitas, larvas y adultos de escarabajos, mariposas y otros artrópodos como arañas (Lemos et. al. 2015).

**Amenazas.** Principalmente la fragmentación y pérdida de hábitat.

**Puntos de muestreo.** Esta especie fue registrada en los puntos de muestreo del 1 al 9 del Área del Proyecto.

Finalmente tenemos el **grupo faunístico de los anfibios**, donde no se registró alguna especie, resultado cero para todos los índices (**Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y Margalef**). Debido a que las condiciones desérticas presentadas en el AP, como son la escasa precipitación y las temperaturas extremas ya que estas no resultan favorables para la distribución de este grupo.

### **Conclusión.**

Por los argumentos antes expuestos se infiere que la biodiversidad del área del proyecto es baja y no se compromete la permanencia de las especies que componen la fauna identificadas dentro del SAR. La alta diversidad de reptiles, es predecible debido a las condiciones típicas de hábitats desérticos. Se sabe que la presencia de vertebrados ectotérmos y reptiles es abundante en ambientes desérticos, mientras que la endotermia de aves y mamíferos los hace ser adaptados para la subsistencia en este tipo de condiciones.

Se concluye que la biodiversidad del área de proyecto es baja. Además, es un área que no presenta cualidades estéticas únicas o excepcionales propias de un ecosistema prístino, para las especies faunísticas que fueron reportadas en el SAR.

### Análisis de biodiversidad de fauna en sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR.

Derivado de los **44 sitios de muestreo de fauna realizados en el SAR con Vegetación de Desiertos Arenosos. Obtenemos un listado de 91 especies con 2,050 individuos en 100 has**, entre los cuatro grupos faunísticos (aves, mamíferos, reptiles y anfibios).

Es importante mencionar que este análisis se hace a partir de los datos registrados en campo extrapolados a una superficie de 100 hectáreas, con la finalidad de que el valor mínimo de la especie menos abundante sea de un individuo y que los resultados se puedan comparar con los obtenidos en los muestreos del Área del Proyecto.

A continuación, presentamos la tabla resumen derivada del cálculo de los índices de diversidad Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y Margalef por grupo faunístico (**Tabla IV.57**).

**Tabla IV.57.** Índices de diversidad de especies faunísticas en VDA en el SAR.

Índices de diversidad por grupo Faunístico en sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR							
Grupo faunístico	Tipo de Vegetación	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J'')
Aves	Vegetación de desiertos Arenosos	967	56	3.0857	0.9237	0.7666	5.5458
Mamíferos		255	18	2.3933	0.8889	0.8280	3.0689
Reptiles		827	16	1.5477	0.6376	0.5582	2.2328
Anfibios		1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

El **Grupo Faunístico de las Aves es el más diverso de las cuatro y el que presenta la mayor abundancia, en este se identificaron 56 especies con 967 individuos/100 hectáreas.** De estas, tres se encuentran en la categoría de (Pr) protección especial *Buteo swainsoni* (aguililla), *Egretta rufescens* (ciceta rojiza), *Larus heermanni* (gaviota ploma) y una en Peligro de extinción (P) *Haematopus palliatus* (ostero americano) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

. La alta diversidad encontrada para las aves puede deberse a diversos factores, entre los que podemos mencionar que está compuesto por especies marinas y terrestres debido a la cercanía que presenta el área del proyecto con el mar de Cortés, las aves presentan un amplio rango de desplazamiento en sus actividades cotidianas y algunas de estas son migratorias; además de que son más fáciles de identificar durante los muestreos o transectos, porque pueden ser ubicadas a distancia con ayuda de binoculares o mediante sus cantos.

A continuación enlistamos las especies de aves identificadas: *Actitis macularius*, *Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Bubo virginianus*, *Buteo jamaicensis*, *Buteo swainsoni*, *Butorides virescens*, *Calidris bairdii*, *Callipepla gambellii*, *Calypte anna*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Cathartes aura*, *Catharus ustulatus*, *Charadrius semipalmatus*, *Chordeiles acutipennis*, *Contopus sordidulus*, *Coragyps atratus*, *Corvus corax*, *Egretta rufescens*, *Egretta thula*, *Falco sparverius*, *Geococcyx californianus*, *Haematopus palliatus*, *Lanius ludovicianus*, *Larus delawarensis*, *Larus heermanni*, *Larus occidentalis*, *Leiothlypis celata*, *Megaceryle alcyon*, *Mimus polyglottos*, *Myiarchus cinerascens*, *Numenius americanus*, *Numenius phaeopus*, *Pandion haliaetus*, *Pelecanus erythrorhynchos*, *Pelecanus occidentalis*, *Phalaropus lobatus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Piranga ludoviciana*, *Pluvialis squatarola*, *Polioptila caerulea*, *Polioptila melanura*, *Sayornis saya*, *Setophaga nigrescens*, *Phalaenoptilus nuttallii*, *Setophaga petechia*, *Sterna forsteri*, *Spizella breweri*, *Streptopelia decaocto*, *Toxostoma crissale*, *Toxostoma curvirostre*, *Tringa semipalmata*, *Tyrannus verticalis*, *Vireo gilvus*, *Zenaida asiatica*, *Zenaida macroura*.

Al registrar 56 especies de aves, el Índice de **Shannon-Wiener** nos arroja un valor de **3.0857** este valor está en el rango medio para este índice, donde las especies que registraron mayor abundancia son: *Callipepla gambellii* con 145 individuos y *Pelecanus erythrorhynchos* 134 individuos respectivamente, ninguna de las dos se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De acuerdo con el Índice de **Simpson** considerado como una representación de la probabilidad de que dos individuos, dentro de una misma región y seleccionados al azar sean de la misma especie. El valor de este índice para este grupo es de **0.9237**. De acuerdo con este resultado, la diversidad para este grupo faunístico es considerada alta ya que el valor máximo del índice es uno. Lo anterior nos indica, que la comunidad de aves presente en la vegetación de desiertos arenosos es estable, porque en general la abundancia de las especies se distribuye de manera uniforme, es decir no existen algunas especies que sean ampliamente dominantes sobre el resto.

El índice de equitabilidad de **Pielou** mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y cero señala la ausencia

de uniformidad, en esta ocasión el valor del índice de Pielou para las aves es de **0.7666**, nos confirma lo dicho anteriormente donde las especies registradas comparten abundancias similares.

Por último, para este grupo tenemos el índice de **Margalef** que nos dice que cuando el valor es cero solo se registra la presencia de una especie, y el valor máximo de cinco se obtiene cuando hay un número relativamente grande de especies. Para este grupo se obtuvo un valor de **5.5448**, este índice es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad en una comunidad basado en la distribución numérica de los individuos registrados. El valor calculado está por encima de 5, por lo que indica que tenemos un número grande de especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes índices de diversidad, podemos concluir que el grupo de las Aves presenta una diversidad de media a alta, debido a que las abundancias de las especies se distribuyen de manera homogénea o que presentan una distribución equitativa. De esta manera, las aves conforman una comunidad estable y resiliente, donde no existen especies ampliamente dominantes dentro del grupo. Esta variabilidad favorece su resistencia a los impactos o perturbaciones naturales o antropogénicas.

Las dos especies más abundantes en este grupo son: *Callipepla gambelii* (codorniz) y *Pelecanus erythrorhynchos* (pelicano blanco), a continuación, daremos una breve descripción de cada una de ellas.

### ***Callipepla gambelii***

#### **Características**

Es un ave de 25 a 30 cm, similar a la codorniz californiana (*Callipepla californica*). Al igual que ésta, tiene plumaje azulado en la espalda, pecho y parte trasera de la cabeza; la cara, la garganta, el pico y los ojos son negros, en los machos la corona es rojiza (más roja en esta especie) y tanto macho como hembra tienen una pluma negra curvada hacia adelante.

A diferencia de la codorniz californiana, las plumas del vientre no forman un patrón escamoso y en cambio el vientre es blanco y en los machos con un parche negro.

En esta especie la diferencia entre macho y hembra está muy bien marcada.

#### **Distribución**

De manera general, no comparte hábitat con la codorniz californiana. La codorniz desértica se encuentra en zonas de vegetación arbustiva en desiertos, generalmente cerca de cuerpos de



agua. Su área de distribución es amplia, y comprende los desiertos de los estados de Texas, Nuevo México, Utah, Nevada, California y Arizona. En México se la halla en el delta del Colorado (Baja California), en Sonora y en el norte de Chihuahua.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Galliformes  
Familia: Odontophoridae  
Género: Callipepla  
Especie: *C. gambelii*

### **El pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*)**

#### **Características**

Es una especie de ave de la familia de los pelícanos (Pelecanidae). Es muy grande (1.2–1.8 m), con manchas negras en las alas y un pico anaranjado muy grande y ancho. Su envergadura es de aproximadamente 3 m. Son muy gráciles en vuelo, moviendo sus alas en lentos y poderosos golpes. Las colonias son vulnerables a alteraciones y a la pérdida del hábitat. Es probable que la población total se haya reducido durante la primera mitad del siglo XX; sin embargo, desde la década de 1970 ha experimentado un aumento sustancial.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Aves  
Orden: Pelecaniformes  
Familia: Pelecanidae  
Género: Pelecanus  
Especie: *P. erythrorhynchos*

### **Hábitat**

Lagos, pantanos y bahías de agua salada. Durante la época de reproducción habita sobre todo en tierra firme, nidifica en islas aisladas en lagos y se alimenta en lagos, ríos y pantanos poco profundos. Las áreas de alimentación pueden encontrarse a varios kilómetros de los sitios de nidificación. También se reproduce a nivel local en islas costeras, y las bandadas que migran

suelen detenerse en lagos y ríos. Pasa el invierno a lo largo de la costa, en bahías y estuarios protegidos y de poca profundidad, aunque también se presenta en lagos de gran tamaño en climas más cálidos.

En el **Grupo Faunístico de los Mamíferos** se identificaron un total de **18 especies con 255 individuos en 100 hectáreas**. Las cuales son: *Antilocapra americana*, *Canis latrans*, *Dipodomys deserti*, *Dipodomys merriami*, *Lepus californicus*, *Macrotus californicus*, *Perognathus longimembris*, *Peromyscus eremicus*, *Sylvilagus audubonii*, *Vulpes macrotis*, *Xerospermophilus tereticaudus*, *Amмосpermophilus harrisi*, *Chaetodipus baileyi*, *Neotoma albigula*, *Onychomys torridus*, *Ovis canadensis*, *Taxidea taxus* y *Urocyon cinereoargenteus*. De las cuales, **las dos especies más abundantes son: *Perognathus longimembris* (ratón de abazones) y *Dipodomys merriami* (rata canguro)**, pertenecen al orden **Rodentia** que es el grupo más numerosos y diverso de los mamíferos. Es importante decir, que ninguna de estas especies se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los ocho registros de la especie ***Antilocapra americana* (berrendo sonoreño)** en los sitios de muestreo 10,22,23,50 y 51 que de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra en **Peligro de extinción (P)** se obtuvieron de manera indirecta a través de rastros y apoyado en comentarios de personas locales, pero no fue posible observar algún ejemplar en vida libre durante nuestra estancia en el sitio. Algo similar ocurrió con la especie de ***Ovis canadensis* (borrego cimarrón) con categoría de (Pr) sujeta a protección especial**, los dos individuos registrados en los sitios 5 y 6 se determinaron a través de rastros.

Al calcular el índice **Shannon-Wiener** se obtiene un valor de **2.3933**, considerado un valor medio. Esto nos indica que la abundancia de los individuos se distribuye de manera más o menos equitativa; este valor es congruente con la diversidad esperada para un ecosistema desértico donde los recursos disponibles para los mamíferos son limitados.

El índice **de Simpson** con un valor de **0.8889** es considerado alto, ya que el máximo para este índice es 1. De acuerdo con esto, podemos observar las variaciones en los resultados entre los diferentes índices que evalúan la diversidad de las comunidades.

El índice de equitatividad de **Pielou 0.8280** nos hace referencia a que las 18 especies de mamíferos registradas, comparten abundancias similares y forman una comunidad equitativa, ya que el resultado es muy cercano a 1 indicando que las especies son igualmente abundantes.

Por último, tenemos el índice de **Margalef** con un valor de **3.0689**, este representa un valor medio considerando que el valor más alto para este índice es de cinco y se presenta cuando hay un número relativamente grande de especies. Es decir, el grupo de los mamíferos al tener 18 especies no es tan numeroso para llegar a tener una alta diversidad.

De manera general, el grupo de los mamíferos es el segundo más diverso. Está integrado por 18 especies entre las cuales tenemos: siete del grupo de ratones, dos ardillas, dos conejos, un murciélago, un tejón, el berrendo, el borrego, una zorra y el coyote. De acuerdo con el tamaño de estas especies, nos indica que los recursos disponibles en el ecosistema son limitados, permitiendo la proliferación de individuos pequeños que consumen menos alimento comparado con especies de talla grande. También podemos observar, que la mayoría de estas especies presentan hábitos nocturnos y permanecen durante buena parte del día refugiados bajo tierra, reduciendo de esta manera su consumo de energía.

Para presentar el análisis correspondiente del **Grupo Faunístico Reptiles** es importante mencionar que se identificaron **16 especies con 827 individuos en 100 hectáreas**. A continuación, se enlistan las especies identificadas: *Aspidoscelis tigris* (A), *Callisaurus draconoides* (A), *Coleonyx variegatus* (Pr), *Crotalus atrox* (Pr), *Crotalus cerastes* (Pr), *Dipsosaurus dorsalis*, *Masticophis flagellum* (A), *Phrynosoma mcallii* (A), *Sceloporus magister*, *Uma notata* (P), *Urosaurus graciosus*, *Uta stansburiana* (A), *Chelonia mydas* (P), *Gambelia wislizenii* (Pr), *Phrynosoma goodei* y *Pituophis catenifer*. De estas cinco especies se encuentran en la categoría de amenazadas (A), cuatro están sujetas a Protección especial (Pr) y dos en Peligro de extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Al registrar 16 especies el índice de diversidad de **Shannon-Wiener** nos da un valor de **1.5477**, este valor está en el rango bajo para este índice, por consecuencia nos refleja una diversidad reducida en la microcuenca para este grupo faunístico, las especies que registraron mayor abundancia son: *Uta stansburiana* (A) con 476 individuos y *Aspidoscelis tigris* con 110 individuos en 100 has. El índice de **Simpson** tiene un valor de **0.6376**, que se encuentra en el rango bajo de acuerdo con los valores de referencia.

El índice de **Pielou** con un valor de **0.5582**, al igual que los valores de los índices anteriores, nos sugiere que la equidad en la distribución de las abundancias de las especies de reptiles es baja, es decir hay algunas especies que son muy dominantes en esta comunidad. Por otro lado, se tiene el análisis del índice de **Margalef** con valor de **2.2328**, este es un valor bajo de diversidad para este índice, considerando que el valor más alto es de cinco.

Por lo anteriormente dicho, el grupo faunístico integrado por los reptiles presenta una diversidad baja con poca equitatividad en la distribución de las abundancias. Lo cual, nos indica que existen ciertas especies que son dominantes en la comunidad y otras poco abundantes. Este desequilibrio en la equitatividad, nos habla de un grupo faunístico que es susceptible de ser afectado, si se llega a presentar un impacto o perturbación que afecte a las especies menos abundantes.

Enseguida se presenta una breve descripción de las dos especies más abundantes.

## ***Uta stansburiana* (A) (cachora gris)**

### **Descripción**

El cuerpo de este saurio es robusto y la cabeza es triangular. Los individuos adultos alcanzan hasta 69.0 mm de longitud hocico cloaca (LHC) y la cola llega a medir hasta 1.6 veces la LHC. Las escamas dorsales son ligeramente quilladas, las laterales son granulares y las ventrales son imbricadas (arregladas una encima de otra). El pliegue gular se extiende dorsalmente hasta la inserción de las extremidades anteriores. Las extremidades posteriores son robustas y casi del doble de longitud de las anteriores. Presentan entre 24-33 poros femorales. El patrón de coloración es muy variable y depende del sustrato predominante donde se encuentra la población, el sexo y la edad.

### **Relevancia de la especie**

Es una especie ampliamente distribuida en el oeste de Estados Unidos y el norte de México, se ha documentado su presencia en gran cantidad de islas del océano Pacífico y del Golfo de California. Por lo que ha sido utilizada en gran cantidad de estudios sobre biogeografía, evolución de estrategias reproductivas, comportamiento, morfología, entre otros.

### **Amenazas**

#### Factores de riesgo

Consideramos que los principales factores de riesgo para esta especie es la introducción de depredadores exóticos (p. ej. gatos domésticos) y la alteración del hábitat por la actividad humana en las islas que habita este saurio, así como la actividad de pastoreo en algunos sitios de la Reserva de la Biosfera Desierto del Vizcaíno (Galina-Tessaro *et al.* 2002). Es necesario monitorear las poblaciones de *U. stansburiana* y lograr diferenciar lo que puede ser una fluctuación natural de ellas, de una declinación por causas de la actividad humana.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Reptilia  
Orden: Squamata  
Familia: Phrynosomatidae  
Género: *Uta*  
Especie: ***Uta stansburiana***

### ***Aspidoscelis tigris* (huico tigre del noroeste)**

Una especie de lagarto de la familia Teiidae. La especie se extiende por la mayor parte del suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. La mayoría de sus poblaciones parecen estables, y no está catalogada como en peligro de extinción en ninguno de los estados que comprenden su área de distribución. Vive en una amplia variedad de hábitats, incluyendo desiertos y matorrales semiáridos, generalmente en áreas con escasa vegetación; también se puede encontrar en bosques, bosques secos abiertos y crecimiento ribereño. Vive en madrigueras.

### **Descripción**

La cola de látigo occidental tiene un cuerpo largo y delgado, pequeñas escamas granulosas en su espalda y escamas rectangulares más grandes en su vientre. La parte superior a menudo tiene rayas claras, y la garganta puede ser rosada o algo anaranjada en los adultos. La longitud máxima de hocico a ventilación (SVL) es de 102 mm (aproximadamente 4 pulgadas) y la longitud total máxima (incluida la cola) es de 305 mm (aproximadamente 12 pulgadas). Las crías son de color amarillo anaranjado con manchas o rayas de color marrón oscuro-negro.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Reptilia  
Orden: Squamata  
Familia: Teiidae  
Género: *Aspidoscelis*  
Especie: *A. tigris*

Finalmente tenemos el **Grupo Faunístico Anfibios**, donde se registra una especie: *Incilius alvarius* con un total estimado de un individuo en 100 hectáreas.

Para este grupo faunístico en particular nos marca un resultado de cero para todos los índices (**Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y Margalef**). Debido a que las condiciones climáticas como son: la escasa precipitación y las temperaturas extremas no resultan favorables para la distribución de los anfibios, ya que en general la presencia de estos se asocia a cuerpos de agua permanentes.

## ***Incilius alvarius***

El sapo del desierto sonorense o sapo del río Colorado (*Incilius alvarius*) es una especie de anfibio de la familia Bufonidae.

### **Distribución y hábitat**

Se distribuye por el suroeste de Estados Unidos (sureste de California, sur de Arizona y noreste de Nuevo México) y el noroeste de México (Sonora y noroeste de Sinaloa). Su hábitat natural va desde las tierras bajas áridas y las praderas áridas a bosques de roble, sicomoro o nogal en los cañones de montaña.

### **Estado de conservación**

En la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza se considera desde el 2004 a *Incilius alvarius* como una especie en la categoría bajo preocupación menor en cuanto a su estado de conservación. Un estudio académico del 2019 recomienda actualizar el estado de conservación por las consideraciones éticas e impactos ecológicos por la explotación creciente de la secreción del sapo que contiene 5-MeO-DMT y bufotenina.

### **Uso ritual del Bufo Alvarius**

En la actualidad existe una práctica de creciente popularidad del uso ritual de la secreción que contienen las glándulas parótidas de este sapo situadas en el cuello, la curva del codo y la ingle. La sustancia está compuesta por diversos compuestos químicos, entre los cuales se han encontrado veintiún alcaloides.

Se utiliza entre usuarios de sustancias psicoactivas que lo consideran una práctica ancestral de culturas indígenas. Normalmente suele ser practicado como parte de una búsqueda espiritual y también con fines terapéuticos, como por ejemplo la disminución de los síntomas de enfermedades psiquiátricas (ansiedad, depresión, trastorno de estrés postraumático, trastornos del uso de alcohol y drogas). Sin embargo, todavía no han sido confirmados científicamente los efectos terapéuticos que se aclaman y el empleo de la sustancia puede conllevar graves riesgos de salud o derivar incluso en la muerte.

### **Taxonomía**

Reino: Animalia  
Filo: Chordata  
Clase: Amphibia  
Orden: Anura

Familia: Bufonidae  
Género: Incilius  
Especie: *I. alvarius* (Girard, 1859).

**Análisis de biodiversidad para fauna en vegetación de desiertos arenosos (muestreos de la microcuenca) con el área del proyecto.**

**Tabla IV.58.** Análisis de los índices de diversidad de la fauna en VDA en el SAR y AP.

Índices de diversidad de especies de Fauna por estrato en el Área del Proyecto							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Aves	Vegetación de desiertos Arenosos	161	8	1.6078	0.7323	0.7732	0.6213
Mamíferos		194	8	1.6168	0.7352	0.7775	1.3282
Reptiles		1144	12	1.1629	0.5166	0.4680	1.5619
Anfibios		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Índices de diversidad por grupo Faunístico en sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR							
Grupo faunístico	Tipo de Vegetación	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Aves	Vegetación de desiertos Arenosos	967	56	3.0857	0.9237	0.7666	5.5458
Mamíferos		255	18	2.3933	0.8889	0.8280	3.0689
Reptiles		827	16	1.5477	0.6376	0.5582	2.2328
Anfibios		1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

A continuación, se presenta el análisis correspondiente de comparación entre el índice de diversidad de fauna para el área del proyecto con el tipo de Vegetación de Desiertos Arenosos (Tabla IV.59).

**Tabla IV.59.** Comparación de los índices de diversidad de fauna en VDA en el SAR y AP.

Índices de diversidad de especies de Fauna por estrato en el Área del Proyecto			
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos en 100 ha	Riqueza específica
<b>Aves</b>	<b>Vegetación de desiertos Arenosos</b>	<b>161</b>	<b>8</b>
<b>Mamíferos</b>		<b>194</b>	<b>8</b>
<b>Reptiles</b>		<b>1144</b>	<b>12</b>
<b>Anfibios</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
Índices de diversidad por grupo Faunístico en sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR			
Grupo faunístico	Tipo de Vegetación	Número de individuos en 100 ha	Riqueza específica
<b>Aves</b>	<b>Vegetación de desiertos Arenosos</b>	<b>967</b>	<b>56</b>
<b>Mamíferos</b>		<b>255</b>	<b>18</b>
<b>Reptiles</b>		<b>827</b>	<b>16</b>
<b>Anfibios</b>		<b>1</b>	<b>1</b>

Basados en este análisis podemos destacar que existe mayor abundancia de individuos y especies en los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR comparado con los resultados arrojados para el Área del Proyecto, es importante mencionar que todas las especies registradas en el área del proyecto se encuentran representadas en la vegetación de desiertos arenosos a analizar.

La riqueza específica **de Aves** en el Área del Proyecto contrasta con la riqueza específica que presenta el área correspondiente a Vegetación de Desiertos Arenosos esto se aprecia comparando ambos grupos donde el grupo faunístico de Aves en Vegetación de Desiertos Arenosos presenta 48 especies más que las correspondientes para el Área del Proyecto.

Para el grupo **de mamíferos** se tienen registradas en la vegetación de desiertos arenosos a 18 especies con 255 individuos, este estrato nuevamente presenta mayor riqueza en la vegetación de desiertos arenosos que en el área del proyecto ya que aquí solo se registraron ocho especies con 194 individuos por cada 100 hectáreas.

Para el grupo **de reptiles** nuevamente la vegetación de desiertos arenosos presenta mayor riqueza al registrar 18 especies mientras que en el área del proyecto se registraron 12 especies aquí es importante mencionar dos cosas, la primera que en el área del proyecto se registran solo 12 especies, pero con el número de individuos por cada 100 hectáreas es de 1,144 y 827 respectivamente, y en segundo término que todas las especies registradas en el área del



proyecto están presentes también en la vegetación de desiertos arenosos, por tanto el área del proyecto aunque tenga mayor número de individuos no posee mayor diversidad.

Por último, para el grupo de los **anfibios** sólo se registró una especie con un individuo en los sitios con vegetación de desiertos arenosos, su presencia se asocia a los causes de agua intermitentes que se generan con las escasas lluvias.

Los índices de diversidad corroboran lo anteriormente dicho con los siguientes resultados (**Tabla IV.60**).

**Tabla IV.60.** Resultados de índices de diversidad.

Grupo faunístico	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J'')
Aves área del proyecto	161	8	1.6078	0.7323	0.7732	0.6213
Aves vegetación desiertos arenosos	967	56	3.0857	0.9237	0.7666	5.5458

El índice de **Shannon-Wiener** para el **grupo de las aves** nos da un valor de 3.0857 y de 1.6078 respectivamente, como sabemos el rango de valores de este índice va de 0 a 5, donde los valores superiores a tres son considerados altos en diversidad de especies, lo que nos indica que hay mayor diversidad de especies para este grupo en la vegetación de desiertos arenosos.

Índice de **Simpson** también conocido como índice de dominancia nos da de resultado 0.7323 y 0.9237, donde se puede interpretar que en la vegetación de desiertos arenosos existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie en este caso se identifica que es las especies *Callipepla gambelii* y *Pelecanus erythrorhynchos* tienen a dominar por el número de individuos registrados, situación que no se presenta en el área del proyecto al tener un valor más cercano a cero nos indica que el número de individuos se distribuye mejor entre las ocho especies registradas en el área del proyecto.

En seguida tenemos los resultados para el índice de **Pielou** que son de 0.7732 y 0.7666, como es conocido es un índice de dominancia donde estos resultados están más cerca de la unidad, por lo que se puede interpretar que en ambos sitios que la mayoría de las especies comparten abundancias similares, por último tenemos el **índice de Margalef** que nos dice que valores por debajo de dos suelen ser ecosistemas antropizados como es el resultado para el área del proyecto que es de 0.6213, mientras que resultados mayores a cinco como el de 5.5458 que presenta la vegetación con desiertos arenosos nos indican mucha biodiversidad.

Los resultados para el grupo de mamíferos son los siguientes (**Tabla IV.61**).

**Tabla IV.61.** Índices de diversidad para mamíferos.

Grupo faunístico	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Mamíferos área del proyecto	194	8	1.6168	0.7352	0.7775	1.3282
Mamíferos vegetación desiertos arenosos	255	18	2.3933	0.8889	0.8280	3.0689

El índice **de Shannon-Wiener** para este grupo nos da un valor de 1.6168 y de 2.3933 respectivamente, como sabemos el rango de valores de este índice va de 0 a 5, donde los valores inferiores a dos son considerados bajos en diversidad de especies, lo que nos indica que hay mayor diversidad de especies para este grupo y con el análisis de este índice se encuentra en la vegetación de desiertos arenosos.

Índice **de Simpson** nos da un resultado 0.7352 y 0.8889, donde nuevamente se puede interpretar que en la vegetación de desiertos arenosos existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie para este grupo, este caso se puede identificar que 16 de las 18 especies comparten más o menos la abundancia. Mientras que en el área del proyecto los 194 individuos están mejor distribuidos entre las ocho especies.

Para el índice **de Pielou** los resultados fueron de 0.7775 y 0.8280 respectivamente, donde el 0.8280 que corresponde a la vegetación de desiertos arenosos es el valor más cercano a uno, y que nos indica que existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población, por último tenemos el **índice de Margalef** que nos dice que valores por debajo de dos suelen ser ecosistemas antropizados como es el resultado para el área del proyecto que es de 1.3282, mientras que el resultado para la vegetación de desiertos arenosos es de 3.0689 interpretando que se registraron más especies en esta área por ende mejor diversidad.

Los resultados para el grupo de reptiles son los siguientes (**Tabla IV.62**).

**Tabla IV.62.** Índices de diversidad para reptiles.

Grupo faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Reptiles en el área del proyecto	Vegetación de desiertos	1144	12	1.1629	0.5166	0.4680	1.5619
Reptiles vegetación de desiertos arenosos	de desiertos	827	16	1.5477	0.6376	0.5582	2.2328

El índice **de Shannon-Wiener** para el grupo de Reptiles tanto en el Área del Proyecto como para la Vegetación de Desiertos arenosos con valores de 1.1629 y 1.5477 respectivamente, los cuales son valores bajos puesto que para este índice presenta rangos que van de 0 a 5 por lo tanto sí los valores se acercan más a 0 nos da como resultado una baja diversidad.

El índice **de Simpson** tiene rangos que van de 0 a 1 y para este grupo los valores fueron similares, en el Área del Proyecto fue de 0.5166 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 0.6376, valores que nos indican una diversidad media para este grupo.

El índice de equitatividad **de Pielou** tiene rangos que van de 0 a 1 mientras más se acerca a 1 más igualdad hay en las abundancias, los valores fueron similares, en el Área del Proyecto fue de 0.4680 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 0.5582, valores que nos indican que no todas las especies son igualmente abundantes.

El índice **de Margalef** tiene rangos que van de 0 a 5 en los que los valores mientras más se acerquen a 5 quiere decir que hay una mayor diversidad, los valores en el Área del Proyecto fue de 1.5619 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 2.2328, lo que nos indica una diversidad baja sin embargo existe una diferencia notable en estas dos áreas donde podemos apreciar que para este grupo en la Vegetación de Desiertos Arenosos existe una mayor diversidad comparada con la presente en el Área del Proyecto. Las memorias de cálculo de biodiversidad están disponibles en formato Excel dentro del Anexo IV.10.

Los resultados para el grupo de anfibios son los siguientes (**Tabla IV.63**).

**Tabla IV.63.** Índices de diversidad para anfibios.

Grupo faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Anfibios en el área del proyecto	Vegetación de desiertos Arenosos	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Anfibios vegetación de desiertos arenosos		1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Los resultados para el grupo faunístico de Anfibios marcan cero para todos los índices (Shannon-Wiener (H'), Simpson (S'), Pielou (J'), Margalef (J')) por lo tanto no son concluyentes. La única diferencia es que en la Vegetación de Desiertos Arenosos existe una especie y un individuo a diferencia del Área del Proyecto donde no se registró nada.

### Conclusión

Una vez comparados estos índices se puede concluir que la biodiversidad actual en el área del proyecto es baja, además de que las especies de fauna registradas en el área del proyecto están identificadas en el SAR, por lo que no se compromete la permanencia de estas especies en el ecosistema con las actividades de cambio de uso de suelo, sin embargo, se tiene claro la importancia de ellas, por lo que se proponen medidas de ahuyentamiento y rescate, con el fin de mitigar cualquier impacto. Por otro lado, se expone que el área del proyecto no presenta cualidades estéticas únicas o excepcionales propias de un ecosistema prístino, para las especies faunísticas que fueron reportadas en el SAR.

#### IV.2.1.3 Medio socioeconómico.

Tanto en el área del proyecto como en el área de estudio, no se encuentra ninguna localidad. Sin embargo, en la siguiente Tabla se presenta la población de las localidades más cercanas al área del proyecto (**Tabla IV.64**).

<b>Tabla IV.64.</b> Población de las localidades cercanas al área del proyecto.					
No.	Nombre de la localidad	Distancia entre la localidad y el área del proyecto (km)	Población total		
			HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1	Playa San Jorge	8	5	4	9
2	Playa Encanto	12	8	8	16
3	Las Conchas	20	52	59	111

**Tabla IV.64.** Población de las localidades cercanas al área del proyecto.

No.	Nombre de la localidad	Distancia entre la localidad y el área del proyecto (km)	Población total		
			HOMBRES	MUJERES	TOTAL
4	Estero de Morúa	13	--	--	2
5	Ejido Playa Miramar	6	3	3	6
6	Mayan Palace Hotel	6	--	--	1
7	Sociedad Cooperativa Única de Mujeres del Mar	15	--	--	1

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2010.

El área de estudio y el área del proyecto se localizan dentro del municipio de Puerto Peñasco, Sonora, aproximadamente a una distancia de 22 km entre el área del proyecto y la cabecera municipal.

El municipio está ubicado en el noroeste del estado de Sonora, en las coordenadas: Longitud 114°00'21.60" W a 112°26'16.80" W, y Latitud 30°56'41.28" N a 32°06'55.08" N, tiene una superficie de 6193.3 km<sup>2</sup> (representa el 3.5 % del territorio estatal), la densidad de población es de 10.1 habitantes/km<sup>2</sup>, su altitud media es de 8 msnm, colinda al norte con el municipio General Plutarco Elías Calles y con Estados Unidos, al este con el municipio de Caborca, al oeste con el de San Luis Río Colorado y al sur con el Golfo de California.

Las actividades económicas del municipio son la pesca comercial y deportiva, turismo, comercio y en menor escala, agricultura.

A continuación, se presentan los datos de los indicadores socioeconómicos del municipio de Puerto Peñasco.

### **Población**

La población total del municipio (62,689 personas) representa el 2.1 % de la población estatal.

El Índice de marginación es de -1.53475 y el Grado de marginación es Muy bajo (Fuente: Estimaciones del CONAPO, Índices de marginación, 2011) (**Tabla IV.65**).

<b>Tabla IV.65. Población del municipio de Puerto Peñasco.</b>	
Población total (No. de personas)	62,689
Porcentaje de hombres (%)	50.5
Porcentaje de mujeres (%)	49.5
Porcentaje de población que se considera indígena (%), 2015	12.89

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.

### **Hogares y Vivienda**

El total de viviendas particulares habitadas en el municipio es de 19,176; que representa el 2.2 % del total estatal (**Tabla IV.66**).

<b>Tabla IV.66. Datos de vivienda del municipio.</b>	
	<b>Porcentaje (%)</b>
Promedio de ocupantes por vivienda	3.3
Promedio de ocupantes por cuarto	1.0
Viviendas con piso de tierra	1.2

<b>Tabla IV.67. Disponibilidad de bienes, servicios y equipamiento en las viviendas.</b>					
<b>Disponibilidad de bienes</b>	<b>%</b>	<b>Disponibilidad de servicios y equipamiento</b>	<b>%</b>	<b>Disponibilidad de TIC</b>	<b>%</b>
Refrigerador	95.6	Agua entubada	96.1	Computadora	42.4
Lavadora	74.2	Drenaje	98.8	Línea telefónica fija	32.2
Automóvil camioneta	76.7	Servicio sanitario	99.4	Teléfono celular	95.2
Motocicleta motoneta	8.4	Energía eléctrica	98.8	Internet	70.7
Bicicleta	18.8	Tinaco	48.6	Televisión de paga	69.2
		Cisterna o aljibe	12.0		

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.

## Educación

La Tasa de alfabetización de personas de 15 a 24 años es de 99.1 % y de 25 años y más, es de 97.6 % (Tabla IV.68).

<b>Tabla IV.68. Características educativas del municipio.</b>	
<b>Población según nivel de escolaridad, de 15 años y más</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Sin escolaridad	2.5
Básica	51.1
Media superior	29.5
Superior	16.7
No especificado	0.2

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.

## Etnicidad (Tabla IV.69)

<b>Tabla IV.69. Datos de la población que habla lengua indígena.</b>	
	<b>Porcentaje (%)</b>
Población que habla lengua indígena, de 3 años y más.	1.14
Población que no habla español de los hablantes de lengua indígena, de 3 años y más.	1.61
Lenguas indígenas más frecuentes	
Náhuatl	47.9
Mixteco	23.0
Población que se considera afromexicana negra o afrodescendiente	3.69

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.

**Empleo y ocupación** (Tabla IV.70)

<b>Tabla IV.70. Características económicas del municipio.</b>			
	<b>Porcentaje (%)</b>		
	<b>Económicamente activa</b>	<b>Económicamente activa ocupada</b>	<b>No económicamente activa</b>
Población de 12 años y más.	65.1	98.5	34.6
Población femenina de 12 años y más.	39.9	99.0	--
Población masculina de 12 años y más.	60.1	98.1	
Población de 12 años y más, que estudia.			38.5
Población de 12 años y más, que es pensionada o jubilada.			9.5
Población de 12 años y más, que se dedica a los quehaceres del hogar.			38.7
Población de 12 años y más, que realiza otras actividades no económicas.			11.2
Población de 12 años y más, con alguna limitación física o mental que les impide trabajar.			2.1

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.



## **Salud y Seguridad Social**

El porcentaje de población afiliada a servicios de salud (incluye afiliaciones múltiples) es de 73.3 (Tabla IV.71).

<b>Tabla IV.71. Afiliación a servicios de salud.</b>	
	<b>Porcentaje (%)</b>
IMSS	59.2
INSABI	27.8
ISSSTE o ISSSTE estatal	8.4
IMSS BIENESTAR	0.5
Pemex, Defensa o Marina	2.0
Institución privada	2.4
Otra institución	1.1

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020.

La ciudad de Puerto Peñasco (cabecera municipal) será beneficiada directamente con el desarrollo del proyecto en cuestión, debido a que cuenta con la infraestructura necesaria para brindar los servicios que sean requeridos por el personal involucrado con alguna actividad del proyecto.

Además, tanto el estado de Sonora como el de Baja California serán beneficiados con la energía eléctrica generada por el proyecto.

### **IV.2.1.4 Paisaje**

El análisis del paisaje se puede enfocar desde dos aproximaciones: el paisaje total y el paisaje visual. En la primera, se estudia el paisaje como indicador o fuente de información sintética del territorio. En la segunda aproximación, la atención se dirige hacia lo que el observador es capaz de percibir en ese territorio, el paisaje como expresión espacial y visual del medio. El concepto de paisaje contiene, intrínsecamente, una componente visual y, por tanto, una dimensión perceptiva, aspecto que constituye un paso inicial para llegar a su entendimiento y explicación.

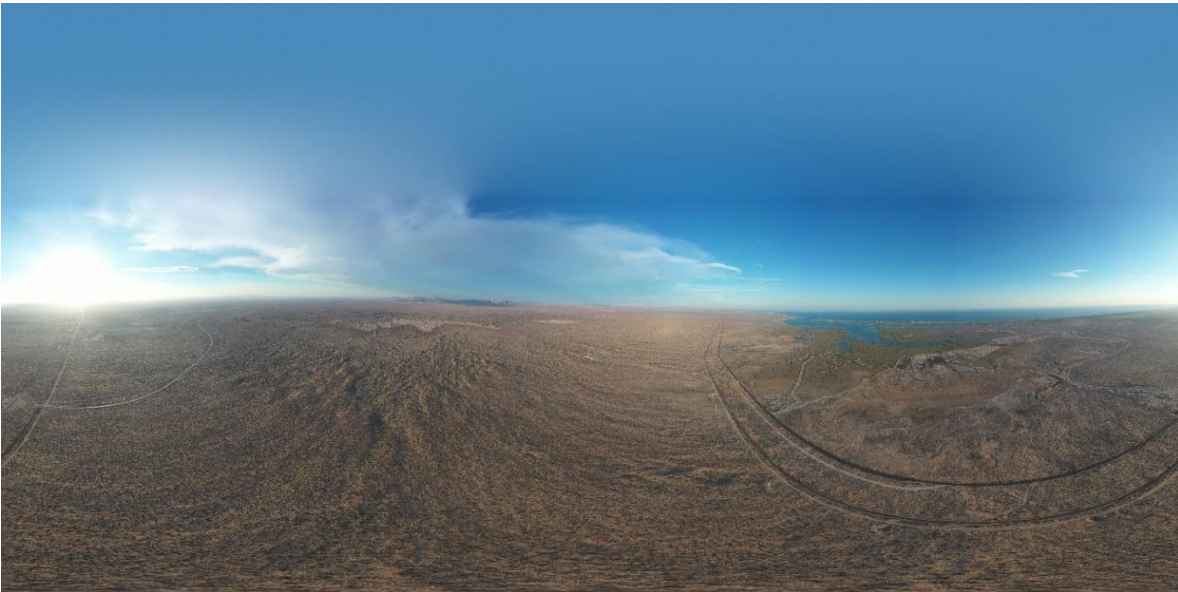
Como indica García Ramón (1981), el primer punto del estudio del paisaje sería la descripción de lo que se ve, dando lugar en un segundo peldaño a la interpretación y explicación. Así, el paisaje puede considerarse definido por el entorno visual del punto de observación, y caracterizado por los elementos que pueden ser percibidos visualmente por el hombre (relieve, tipo y estructura de las formaciones vegetales, etc.). La representación cartográfica de estos

elementos y su integración en un documento sintético puede ser de gran valor en las fases de diagnóstico y planificación territorial.

### **Descripción paisajística del área de estudio**

Con base en los resultados obtenidos en el Sistema de Información Geográfica el Sistema Ambiental Regional (SAR) (Microcuenca Sierra Pinta) tiene una superficie de 35,507.75 ha, una altura mínima y máxima de 0 a 535 msnm respectivamente. Todos los escurrimientos son de tipo intermitente y fluyen en direcciones de noreste a suroeste.

De acuerdo a la fotointerpretación respetando las etiquetas del inventario nacional forestal la vegetación y uso del suelo inmersos son: Matorral sarcocaula (8.26%), Matorral desértico micrófilo (0.65%), vegetación de desiertos arenosos (88.52%), Vegetación halófila gipsófila (1.55 %) y sin vegetación aparente o dunas (1.0%). La vegetación se encuentra bien conservada a lo largo de toda el área de estudio (**Figura IV.57**).



**Figura IV.57.** Imagen Panorámica del Área de Estudio (SAR).

### **Calidad Intrínseca del paisaje**

Se trata, en primer lugar, de valorar la calidad visual intrínseca del paisaje del área de estudio. Con este elemento se quiere significar el atractivo visual y la calidad ambiental que se deriva de las características propias de cada punto del territorio. Los valores intrínsecos se definen generalmente en función de los tipos de ocupación del suelo, la diversidad morfológica de las unidades de ocupación y la fisiografía sobre la que se asientan. Estos son, por tanto, los

elementos que se han incluido en la valoración de la calidad intrínseca del paisaje del área de estudio.

Se han considerado los trabajos realizados sobre preferencias paisajísticas de la población (Álvarez et al., 1999; Gallardo et al., 1989; González, 1981; Rochefort, 1974; Shafer et al., 1969). Estos estudios muestran las preferencias por paisajes en los que el agua es un elemento principal y donde dominan los elementos verdes frente a zonas más secas, las formaciones arbóreas frente a las arbustivas, las zonas de topografía accidentada frente a las superficies llanas y la diversidad o mosaico paisajístico frente a la monotonía de paisajes homogéneos.

Partiendo de estas premisas se ha comenzado con la valoración del mapa de vegetación y uso de suelo, asignándole a cada categoría un valor en función de su calidad paisajística. Se ha considerado oportuno incluir criterios estéticos y ecológicos. El valor estético hace referencia a las preferencias visuales de la población. Los factores ecológicos tienen que ver con características ambientales de la cubierta vegetal: proximidad a la madurez de las asociaciones vegetales, rareza y número de estratos. Cada criterio se ha calificado de 1 a 5 (1 mínimo y 5 máximo), siendo la valoración final un promedio de las puntuaciones obtenidas para cada criterio. Se han establecido así cinco clases de calidad –muy alta, alta, media, baja y muy baja, **Tabla IV.72**.

**Tabla IV.72.** Valoración de los tipos de ocupación de suelo en función de criterios estéticos y ecológicos en el área de estudio.

Vegetación y uso de suelo	Valor estético	Criterios ecológicos			Valor sintético de calidad
		Proximidad a la madurez	Rareza	Estratos	
Cañada	4	-	-	-	Alta
UMA	4	-	-	-	Alta
Camino de acceso a UMA	1	-	-	-	Muy baja
Carretera Estatal No.3	1	-	-	-	Muy baja
Aeropuerto	3	-	-	-	Media
Vía del tren	3	-	-	-	Media
Sierra Pinta	4	-	-	-	Alta
Matorral sarcocaulé	3	5	3	1	Media
Matorral desértico micrófilo	3	5	4	1	Media
Vegetación de desiertos arenosos	1	5	1	1	Baja
Vegetación halófila hidrófila	1	5	1	1	Baja
Dunas	5	5	5	1	Alta

Valor de los criterios usados en el cuadro: 1 Muy baja, 2 Baja, 3 Media, 4 Alta y 5 Muy alta.

Las calificaciones más altas corresponden a los elementos naturales que rompen con la homogeneidad del paisaje, tales como la sierra, las dunas, y la Unidad de Manejo Ambiental, mientras que aquellos elementos que presentaron las valoraciones más bajas corresponden a los sitios en donde la vegetación comprende el único elemento visible, creando una visibilidad homogénea y de nula o poca diversidad, asimismo son elementos que se encuentran en zonas planas y de pendientes bajas o nulas. Los estudios realizados muestran una predilección de la población por paisajes diversos, heterogéneos, fragmentados frente a superficies homogéneas, poco variadas que resultan monótonas al observador.

### **Fragilidad del paisaje**

Se define la fragilidad visual como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso o actividad sobre el mismo, y expresa el grado de deterioro visual que experimentaría el territorio ante la incidencia de determinadas actuaciones. Es un concepto similar al de vulnerabilidad visual, y opuesto al de capacidad de absorción visual, que es la aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual (Montoya et al., 1999). Esta variable resulta de gran interés en la construcción de proyectos de desarrollo, y en las labores de planificación pues ofrece información relevante que permite, por ejemplo, evitar la localización de infraestructuras en aquellos lugares donde su impacto visual y consecuente deterioro paisajístico sea elevado.

La fragilidad visual del paisaje tal y como se ha planteado en este estudio, fue determinada por la fragilidad visual intrínseca, la cual fue analizada por las características ambientales del espacio que aumentan o disminuyen su capacidad de absorción visual, tales como la altura de la vegetación y las características topográficas de la zona, orientación y pendiente. En el este caso la altura de la vegetación y el número de estratos presentes en la formación, dan idea de su poder de camuflaje ante posibles actuaciones.

Es decir, cuanto menor sea el porte o altura de la vegetación la fragilidad será mayor, por lo tanto, será más difícil encubrir determinados cambios (construcciones), como en el caso de la vegetación halófila y los matorrales micrófilos y de vegetación de desiertos arenosos. En el extremo contrario se encuentran las formaciones con mayor porte o altura de la vegetación, como el matorral sarcocaula que es más visibles y, por lo tanto, poseen menor fragilidad (**Tabla IV.73**).

<b>Tabla IV.73. Valoración de la fragilidad visual de la vegetación en el área de estudio.</b>	
<b>Vegetación y uso del suelo</b>	<b>Valor de Fragilidad</b>
Cañada	Alta
UMA	Baja
Camino de acceso a UMA	Sin valorar
Carretera Estatal No.3	Sin valorar
Aeropuerto	Sin valorar
Vía del tren	Sin valorar
Sierra Pinta	Baja
Matorral sarcocaula	Baja

<b>Tabla IV.73. Valoración de la fragilidad visual de la vegetación en el área de estudio.</b>	
<b>Vegetación y uso del suelo</b>	<b>Valor de Fragilidad</b>
Matorral desértico micrófilo	Alta
Vegetación de desiertos arenosos	Alta
Vegetación halófila hidrófila	Alta
Dunas	Alta

El sitio en donde se pretende desarrollar el proyecto presenta una composición vegetal, en su mayoría, de vegetación de desiertos arenosos, es un sitio con alta fragilidad del paisaje, considerando que se encuentra al pie de la carretera estatal no 3, en su tramo Puerto Peñasco-Caborca.

### **Visibilidad**

Ahora bien, en cuanto al tercer elemento para analizar el paisaje, y considerando que el Proyecto se pretende instalar a pie de la carretera estatal No. 3, en su tramo Puerto Peñasco-Caborca, el desarrollo del proyecto tendrá una alta visibilidad potencial muy alta, considerando los siguientes factores:

- El proyecto colindará en su porción Sur, con el acceso al complejo turístico más importante de la Región (Complejo Hotelero Mayan Palace Puerto Peñasco).
- El área en donde se plantea instalar el Proyecto tiene una casi nula pendiente.
- La altura de la vegetación que rodea al área del proyecto corresponde a matorrales, con alturas apenas superiores a 1m en la mayoría de los individuos vegetales.
- El Área de Estudio presenta, casi en su totalidad, pendientes que no superan los 15° de inclinación, por lo que es altamente visible.

No obstante lo anterior, el único punto desde donde el Proyecto será visible será desde la Carretera Estatal No. 3, asimismo, a pesar de ser un destino turístico, la mayoría de los turistas se concentran tanto en el complejo hotelero Mayan Palace Puerto Peñasco, y sus playas (Aproximadamente a 6 km en línea recta hacia el sur del Proyecto), o en el Centro de Población Puerto Peñasco (a más de 20 km de distancia), desde donde resulta totalmente fuera del alcance de vista de cualquier observador, el resto de las inmediaciones del Área del Proyecto son poco accesibles, ya que no existen vías de libre acceso para los particulares.

Convirtiéndose el proyecto, entonces, en visible solamente durante el trayecto por la carretera estatal mencionada (**Figura IV.58**).



**Figura IV.58.** Aspecto actual del área del Proyecto.

### **IV.3. Servicios Ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto.**

De acuerdo con la FAO, los servicios ambientales o ecosistémicos se definen como los beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, estos beneficios hacen posible la vida humana al proporcionar alimentos y agua limpia; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales, e incluso espirituales.

Existen cuatro tipos de servicios ambientales, los cuales se presentan a continuación:

1. Servicios de abastecimiento

Estos servicios se materializan en alimentos, madera, agua, y demás materias primas, así como recursos medicinales.

## 2. Servicios de regulación

El mantenimiento de la calidad del aire y suelo, el control de inundaciones y enfermedades, polinización de cultivos, secuestro y almacenamiento de carbono, control biológico de plagas, regulación de flujos de agua.

## 3. Servicios de soporte

Se les denomina así a los servicios que proporcionan espacios vitales para las plantas o animales y así conservar la diversidad de éstos, lo cual constituye la base de todos los ecosistemas y sus servicios, por lo que estos servicios son el hábitat para especies, y la conservación de la diversidad genética.

## 4. Servicios culturales

Son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, tales como turismo, las actividades de recreo y salud mental y física, la apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, y la experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia.

Como se puede observar, los servicios ambientales que presentan los ecosistemas son vitales para garantizar la viabilidad de los procesos humanos en la región, por lo que a continuación se presenta la **Tabla IV.74**, en donde se analiza si por el desarrollo del cambio de uso de suelo para la instalación del proyecto pone en riesgo o no estos servicios.

Tabla IV.74. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el CUSTF.			
Tipo de servicio ambiental	Servicio	Interacción con el CUSTF	Grado de afectación
Abastecimiento	Alimentos	Por la ejecución del CUSTF no se pondrá en riesgo este servicio, ya que el área del proyecto tiene una cobertura de Vegetación de Desiertos Arenosos, en donde la producción de alimentos de cualquier tipo es nula.	Nula
	Materias primas	Por la ejecución del CUSTF no se pondrá en riesgo este servicio, ya que el área del proyecto tiene una cobertura de Vegetación de Desiertos	Nula



Tabla IV.74. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el CUSTF.			
Tipo de servicio ambiental	Servicio	Interacción con el CUSTF	Grado de afectación
		Arenosos, en donde el aprovechamiento de recursos materiales de cualquier tipo es nula.	
	Recursos medicinales	Por la ejecución del CUSTF no se prevé que se afecten especies utilizadas como fuente de recursos medicinales.	Nula
Regulación	Calidad y cantidad de suelo	Por la ejecución del CUSTF se perderá la cobertura vegetal natural que protege al sitio, sin embargo en el Capítulo VII del presente DTU se mencionan las actividades que se realizarán tendientes a mitigar este efecto.	Afectación puntual en el Área del Proyecto.
	Calidad del aire	Por la ejecución de las obras de CUSTF para el proyecto se podría ver afectado, temporalmente la calidad del aire, debido al uso de vehículos, maquinaria y equipo, que pudieran emitir gases producto de la combustión, así como ocasionar ruido, sin embargo en el Capítulo VII del presente DTU se mencionan las actividades que se realizarán tendientes a mitigar este efecto.	Puntual y temporal en el Área de Influencia del Proyecto.
	Secuestro y almacenamiento de carbono	Por la ejecución del CUSTF se perderá la cubierta vegetal que provee de oxígeno al ambiente, sin embargo en el Capítulo VII del presente DTU se mencionan las actividades que se realizarán tendientes a mitigar este efecto.	Puntual en el Área del Proyecto.
	Regulación de flujos de agua	Por la ejecución del CUSTF de este Proyecto, no se afectaran los escurrimientos superficiales de agua, tampoco se afectan cuerpos de agua superficiales, sin embargo al retirar la capa natural de suelo, es posible que se afecte la capacidad de éste para la infiltración de agua, sin embargo en el Capítulo VII del presente DTU se mencionan las actividades que se realizarán tendientes a mitigar este efecto.	Puntual en el Área del Proyecto.
Soporte	Hábitat	Por la ejecución del CUSTF se perderá la cobertura vegetal que existe en el Área del Proyecto. sin embargo, en el Capítulo VII del	Puntual en el Área del Proyecto.

**Tabla IV.74. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el CUSTF.**

Tipo de servicio ambiental	Servicio	Interacción con el CUSTF	Grado de afectación
		presente DTU se mencionan las actividades que se realizarán tendientes a mitigar este efecto.	
	Conservación de diversidad genética	Por la ejecución del CUSTF no se afectará a la diversidad genética del ecosistema.	Nula
Culturales	Paisaje	Por la ejecución del CUSTF se modificará el paisaje	Puntual Área de Influencia del Proyecto
	Actividades recreativas/turísticas/espirituales	Por la ejecución del CUSTF no se verá comprometida la capacidad del entorno para ser utilizado como fuente de inspiración, para realizar actividades turísticas, o espirituales, al contrario, se potencializa, al proveer de energía eléctrica para los servicios requeridos para realizar este tipo de actividades en la región.	Regional

Como se observa en la tabla anterior, por la ejecución del CUSTF no se prevé que la capacidad del ecosistema para proveer de los servicios ambientales en la región, lo anterior debido a la temporalidad de la mayoría de las actividades que pudieran resultar contaminantes, así como por la homogeneidad de los recursos ecosistémicos en toda el Área de Estudio, además de que todos los efectos negativos cuentan con medidas que se aplicarán en todas las etapas del Proyecto, con la finalidad de evitar, mitigar, y/o compensar los efectos negativos, así como potencializar aquellos efectos positivos.

#### IV.4. Diagnóstico Ambiental

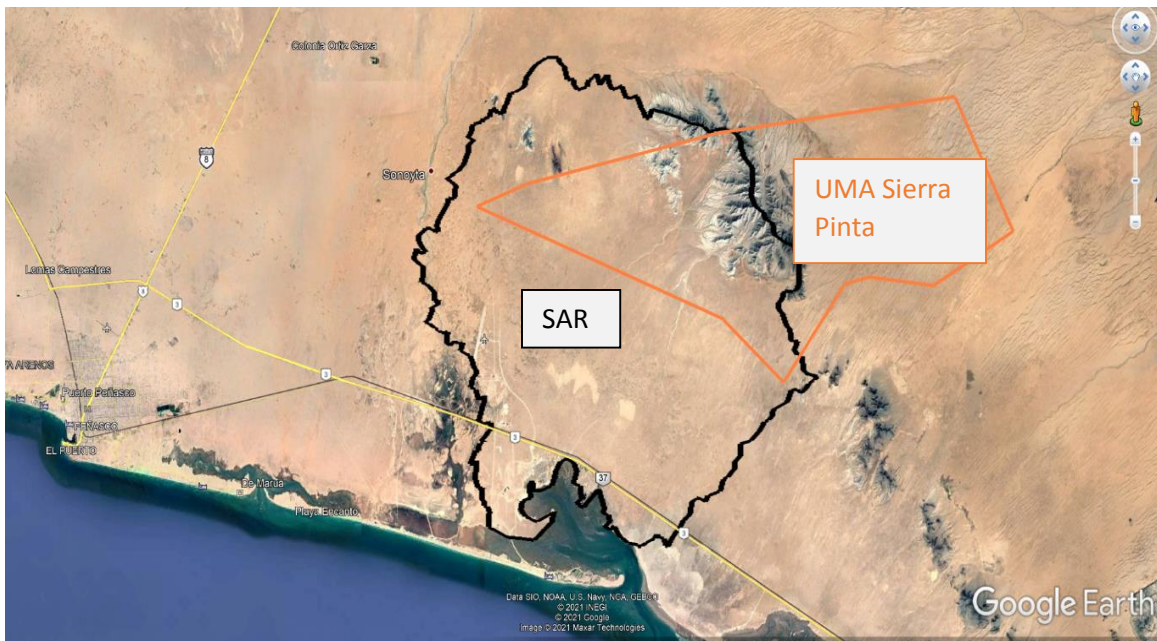
Con base en la información presentada y recopilada en las distintas fuentes consultadas, y trabajo de campo, se elabora el diagnóstico ambiental.

De acuerdo con lo anterior podemos inferir que las condiciones ambientales del SAR delimitado para el desarrollo del Proyecto Central Fotovoltaica Puerto Peñasco Fase I (120 + 300 MW), son las de un ecosistema saludable en donde se mantiene el flujo de las interacciones entre los componentes abióticos y bióticos, lo que permite el sano funcionamiento del mismo.

Las interacciones que generan mayor presión sobre el SAR provienen del exterior del Área de Estudio, lo anterior debido a que se encuentra muy cercana la Población de Puerto Peñasco, uno de los destinos turísticos más importantes del Noroeste de la República. Siendo entonces, el turismo y la prestación de servicios la actividad económica más importante, en conjunto con el aprovechamiento pesquero.

Si bien las principales actividades de interacción entre la población y el medio ambiente no se realizan dentro del Área de Estudio, dentro de ésta existe la Unidad de Manejo Ambiental Sierra Pinta, en la cual existe el aprovechamiento extractivo de Venado Cola Blanca, Venado Bura, y Borrego Cimarrón (Registro: DGVS-CR-EX2204-SON). Siendo esta UMA un potencializador de la conservación de los recursos naturales en la zona. (No obstante, lo anterior, no se tiene la información sobre el Programa de Manejo de ésta, se realizó la búsqueda de la información a través de los portales oficiales del Gobierno de Sonora en <http://www.forestalyfauna.sonora.gob.mx/infoumamun.php?id=DGVS-CR-EX2204-SON>, y directamente con el propietario, sin obtener respuesta favorable)

Dicha UMA ocupa una gran porción del Norte del Área de Estudio delimitada para el análisis del SAR (Figura IV.59)



**Figura IV.59.** Ubicación de la UMA dentro del SAR.

En el área de estudio se encuentran indicadores ambientales que demuestran que el estado de conservación del sistema ambiental es alto, tales como:

- **Biodiversidad:** Si bien la riqueza de la biodiversidad no es el principal indicador de conservación de la biodiversidad para este caso, si lo es la distribución, en la cual se observa que todas las especies que conforman el SAR se encuentran totalmente distribuidas en el área de estudio, sin que existan presiones que afecten directamente su presencia o que pongan en riesgo su continuidad en el ecosistema. Se observa que las especies que se retirarán por el CUSTF del proyecto se encuentran totalmente representadas tanto en el SAR como en la región.
- **Calidad del aire:** Al no haber actividades industriales que utilicen los combustibles fósiles, la calidad del aire no se ve alterada con emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Residuos:** Si bien el principal problema que tiene Puerto Peñasco es con relación al manejo de los residuos, éstos no se consideran un problema sobre la calidad del SAR, ya que a pesar de que se observan sitios en donde hay tiraderos de basura, estos no son en gran cantidad (fuera del tiradero principal).
- **Recursos hídricos:** El principal problema del área de estudio, y asimismo la causa por la que el ecosistema no se encuentre alterado por actividades agropecuarias, es la disponibilidad limitada de recursos hídricos.
- **Erosión:** De acuerdo con el análisis realizado sobre el potencial de erosión, en el SAR, de este capítulo, se observa una tasa de erosión superior a las 20 toneladas/hectárea/año, sin embargo considerando que este fenómeno es propio de los ecosistemas desérticos, no se localizaron sitios considerados como zonas afectadas por la erosión, con formaciones de cárcavas por ejemplo o de fragmentación de rocas, con excepción de la cañada, en la cual se observa el efecto de los recursos hídricos, que aunque sean de manera extrema, y poco frecuente, si tiene un efecto sobre el SAR, que ha resultado positivo, ya que favorece la presencia de especies.
- **Corredores biológicos o áreas de importancia ecológica:** Si bien se ha identificado que el SAR se encuentra fuera de las regiones prioritarias, de conservación, o áreas naturales protegidas, si existen elementos dentro del mismo que tienen una función relevante para la fauna de la región, tal como el estero, las dunas, así como los afluentes, sobre todo si consideramos que en la porción norte del SAR se encuentra la Unidad de Manejo Ambiental Sierra Pinta. A continuación, se analizan estos sitios.

Esteros: Se caracteriza por ser una llanura costera salina con ciénegas. Se encuentra en la parte sur del SAR, siendo el punto más cercano a la AP, en las coordenadas 31°17'51.12" N y 113°15'13.39" O. La altitud en estas zonas va de 1-5 msnm. También, en esta sección se encuentra una parte de dunas costeras, el perfil del sistema playa-dunas costeras se conforma de varios elementos: la playa, las dunas embrionarias o incipientes, las primarias, las secundarias y las terciarias (Martínez, 2009; CONANP, 2012; INEGI, 2001). En estas zonas, las dunas costeras pueden encontrarse adyacentes a las dunas del desierto, las cuales algunas veces, no presentan cobertura vegetal. El suelo es de tipo arenoso hápico, es un suelo con textura gruesa hasta una profundidad mínima de un metro, posee únicamente un

horizonte A ócrico o un horizonte E álbico con susceptibilidad a la erosión de moderada a alta (Clasificación FAO-UNSECO, 1989). La vegetación que encontramos es halófila y vegetación de dunas, la topografía, el clima y la influencia marítima provocan condiciones muy homogéneas.

En la zona del estero es común una alta abundancia y riqueza de aves que son atractivas para depredadores, como el coyote, el cual ocupa dicha área como de alimentación (Figura IV.x). El agua, es sin duda uno de los recursos más importante para la vida, por lo que su presencia, condiciona un gran número de actividades de los organismos. Durante las actividades de levantamiento de fauna mediante muestreo, en el estero fue evidenciado congregaciones importantes de aves y avistamiento de Coyotes (**Figura IV.60**).



**Figura IV.60.** Condiciones del estero.

Dunas: La zona de dunas es amplia y extensa, pasa por el SAR en sus extremos E y O, concordando con el AP en la parte media. Ubicada entre las coordenadas 31°27'13.56"N, 113°12'7.80" O en el extremo oeste de la zona y 31°18'06.87"N, 113° 09'04.91"O en el extremo Este, con una altitud no mayor a 70 msnm. El suelo predominante es de tipo regosol, no presenta capas distintas, son someros, su fertilidad es variable y su susceptibilidad a erosión también es variable (CONANP, 2012). El tamaño de grano de la arena en estas dunas está controlado principalmente por su proximidad a fuentes de sedimentos, regímenes de mareas, derivas costeras y dirección del viento (Kasper-Zubillaga y Carranza-Edwards, 2005). El tipo de vegetación es matorral desértico micrófilo con elementos dispersos de *Larrea tridentata*, *Prosopis juliflora* y en menor cantidad, *Encelia farinosa* (INEGI, 2000) (**Figura IV.61**).



**Figura IV.61.** Condiciones de las dunas.

Afluentes: Por último, pero no menos importante, se presentan afluentes intermitentes, los cuales funcionan como “embudos” de paso de fauna, así mismo, los afluentes pueden congregarse a la fauna en temporadas de lluvia, por la formación de pequeñas pozas que sirven de bebederos. Los más importantes en el SAR y AP son los siguientes:

#### Rio Guadalupe

Es importante señalar que existe un río más grande con el mismo nombre, el cual se encuentra ubicado aproximadamente a 20 km al este sureste de la Sierra Pinta, pero, localmente a este río se le suele llamar “Río Guadalupe” y se ubica entre las coordenadas 31°23'35.33"N, 113° 8'57.12" O y 31°19'25.32" N y 113°11'52.41" O al noreste del AP y el SAR. Se origina en la Sierra Pinta por los escurrimientos superficiales de tipo intermitente, conformado por material de aluvión del cuaternario, extendiéndose con una longitud aproximada de 11 km desde su parte más alta a los 200 msnm y su parte más baja a los 40 msnm, sin desembocar al estero La Pinta. El río se encuentra rodeado por depósitos eólicos. Las características del suelo son del tipo regosol y yermosol. Su tipo de vegetación está compuesta principalmente por vegetación de desiertos Arenosos y matorral desértico micrófilo. La zona que coincide con el SAR va desde su parte más alta 31°23'35.33" N, 113° 8'57.12" O hasta 31°22'7.64" N, 113°11'0.16" O. Mientras que la zona norte del área del proyecto coincide entre las

coordenadas 31°22'7.64" N, 113°11'0.16" O y 31°20'46.70" N, 113°11'36.93" O (**Figura IV.62**).

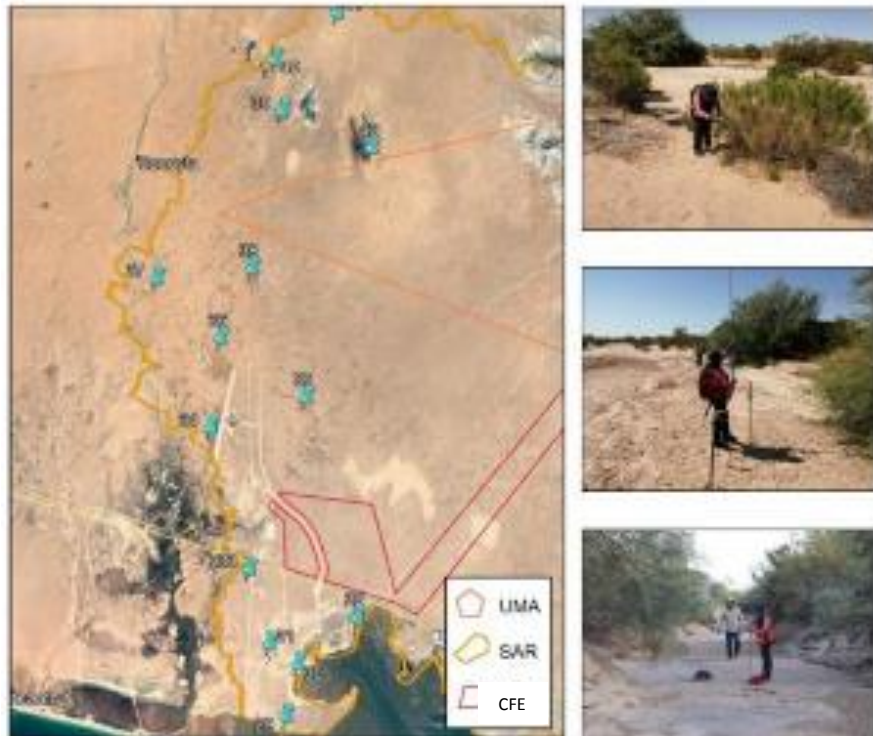


**Figura IV.62.** Imágenes panorámicas del río “Guadalupe”.

#### Río Sonoyta

Este afluente coincide con el SAR en el poniente, teniendo los puntos de muestreo 33 a 37 como puntos de referencia-incidencia. Cerca de las instalaciones del aeropuerto corre el cauce del Río Sonoyta, de tipo intermitente. El tipo de suelo predominante en la zona es regosol, caracterizado por no presentar capas distintas, encontrándose en playas y dunas. Son someros, su fertilidad es variable y su susceptibilidad a erosión también es variable (CONANP, 2012). El río se encuentra rodeado por depósitos eólicos. Su tipo de vegetación está compuesta principalmente por Vegetación de desiertos Arenosos, y matorral Desértico Micrófilo.

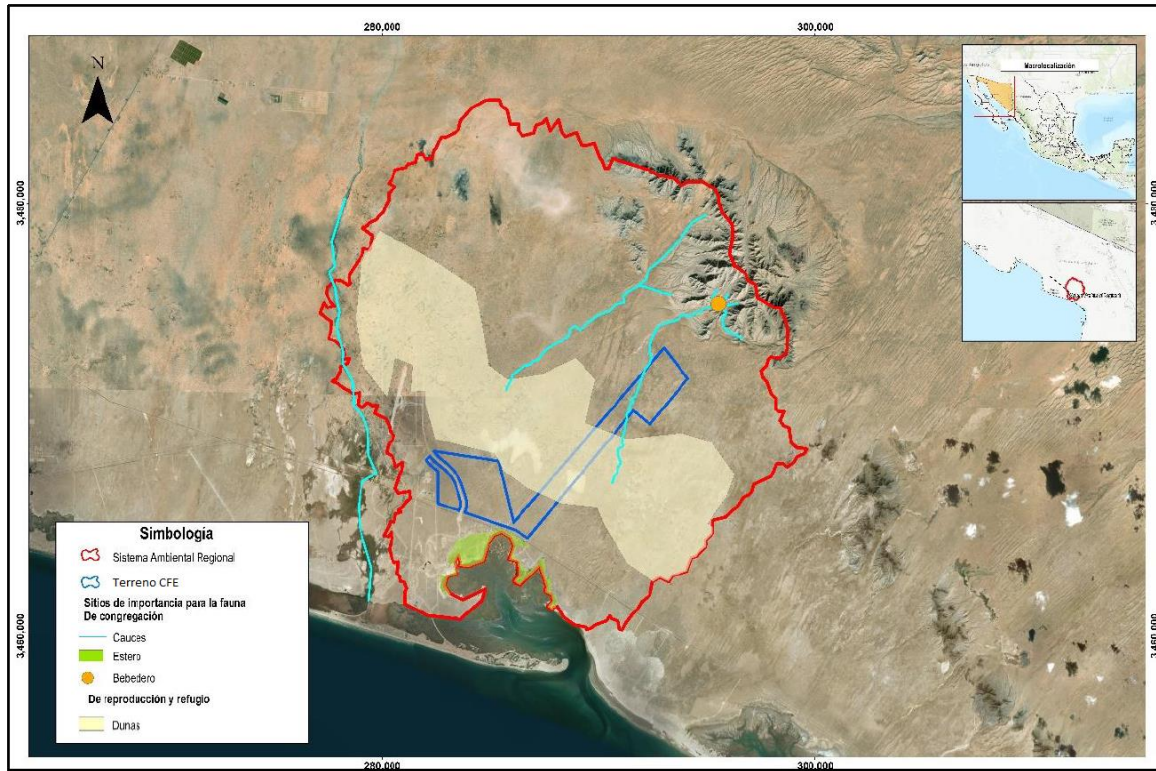
Estos afluentes, relevan alta importancia durante la temporada de lluvias, para la vida en general de esa región. La congregación de la fauna se da tanto para los depredadores, como para los herbívoros que aprovechan los renuevos de la vegetación (**Figura IV.63**).



**Figura IV.63.** Condiciones del río Sonoyta.

Es importante mencionar que todos estos sitios de interés biológico (Corredores biológicos) se respetarán en cada una de las etapas del Proyecto, ya que se encuentran fuera de los límites de éste, y en el Capítulo VII se presentan los programas planteados para asegurar que los efectos que pudieran ser nocivos se eviten, minimicen, o compensen de manera adecuada y en pos de la conservación del medio ambiente (**Figura IV.64**).





**Figura IV.64.** Corredores biológicos.

Tomando en cuenta lo anterior, y con el fin de entender la calidad base del SAR se elaboró un resumen de las principales actividades consideradas como potenciales fuentes de problemas ambientales para la calidad del SAR (**Tabla IV.75**).

**Tabla IV.75. Problemática ambiental del SAR.**

Problemática / Actividad	Elemento ambiental				
	Suelo	Agua	Aire	Flora	Fauna
<b>Actividades pesqueras</b>					
Contaminación del agua por derrames de combustibles	X	X			
Manejo inadecuado de residuos	X	X			
<b>Desarrollo Urbano</b>					
Manejo inadecuado de los residuos	X	X			
Tiraderos de basura	X	X	X		
Contaminación del suelo por escurrimientos	X	X			
Contaminación por descargas de aguas residuales	X	X			
<b>Turismo</b>					
Manejo inadecuado de residuos	X	X			

**Tabla IV.75. Problemática ambiental del SAR.**

Problemática / Actividad	Elemento ambiental				
	Suelo	Agua	Aire	Flora	Fauna
Contaminación por descargas de aguas residuales	x	x			

En los problemas ambientales que se presentan respecto de la contaminación de agua, aire y suelo, se causan principalmente por las actividades humanas, en específico por los residuos generados y la falta de infraestructura para su correcta disposición, así como la falta de sitios adecuados para el tratamiento de las aguas residuales, sin embargo, todos estos efectos se generan fuera del SAR.

#### *Conclusiones*

Por lo previamente descrito, se puede concluir que los componentes bióticos, abióticos, y socioeconómicos presentes en el SAR no sufrirán una modificación en su composición y/o estructura que se pudiera considerar negativa, o que pudieran comprometer su continuidad en el ecosistema debido a que todos sus elementos se encuentran bien representados en el SAR y en la región Noroeste del estado de Sonora, por lo que forman un ecosistema de características excepcionales, o de alto valor para la biodiversidad y sus interacciones con el medio físico.

La entrada en operación del proyecto, aportará la garantía del abastecimiento de la energía eléctrica que requiere la Región Noroeste de la República Mexicana en la cual la demanda de este suministro eléctrico se satisface mediante la compra de energía al extranjero presentando continuas intermitencias en el suministro del fluido eléctrico, sin que esto represente el poner en riesgo las dinámicas ecosistémicas presentes en la región, ni la modificación de sus componentes.

## V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

### INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se identifican los impactos relevantes y significativos que puedan presentarse sobre los factores ambientales descritos en el Capítulo IV, a fin de evaluarlos y proponer las medidas pertinentes de prevención, mitigación y compensación; se analiza, además, si resultarán impactos residuales, acumulativos y/o sinérgicos.

La evaluación de los impactos se llevó a cabo considerando cuatro aspectos fundamentales:

1. *Lista de actividades y acciones del proyecto*: el proyecto consta de cuatro etapas a) preparación del sitio, b) construcción, c) operación y mantenimiento y d) desmantelamiento y abandono del sitio; a partir de esto se definieron las obras y actividades que pueden provocar impactos ambientales.
2. *Lista de factores ambientales*: son los elementos del ambiente que pueden ser impactados por las obras y actividades del proyecto, tanto en el Área del Proyecto como en el Sistema Ambiental Regional (SAR).
3. *Interacciones ambientales*: Mediante una matriz tipo Leopold (1979) se identificaron las interacciones entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto. Las interacciones identificadas fueron evaluadas cuantitativamente.
4. *Calificación de impactos*: se determinó la significancia de los impactos ambientales mediante la metodología de Bojórquez Tapia (1988), la cual considera en su algoritmo de calificación tanto criterios básicos (magnitud, extensión y duración) como complementarios (sinergia, acumulación y controversia), así como, a las medidas de mitigación.

#### V.1. Identificación de impactos

##### a) Lista de actividades relevantes de las obras del Proyecto

Para esta sección se analizaron las actividades más relevantes de las obras de que consta el proyecto, las cuales están referidas en el Capítulo II para las etapas de: Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento, y Desmantelamiento y abandono del sitio. La lista de actividades para el Proyecto se indica en la **Tabla V.1**.

**Tabla V.1.** Lista de actividades que se desarrollarán en cada etapa del Proyecto.

Etapas/Actividades	Descripción de actividades
<b>Preparación del sitio</b>	
Delimitación, señalización y limpieza del terreno.	<p>Una vez autorizado el Proyecto, se delimitarán las áreas mediante banderines, estacas, tomando como referencia el levantamiento topográfico realizado. Asimismo, se colocarán carteles, balizas u otra señalización adecuada para los movimientos de maquinaria y equipo del proyecto. También se realizará la limpieza de los sitios que se refiere principalmente a la recolección de basura como plástico, metal, papel, etc.).</p> <p>Para las SE, se ubicará físicamente en el terreno el perímetro del predio de cada subestación colocando mojoneras en cada vértice localizado, también se recogerá la información referente a los niveles existentes del terreno en todo el predio.</p>
Rescate de flora y fauna.	<p>La especie de flora que será rescatada y reubicada en otros sitios del SAR es <i>Prosopis glandulosa</i> (mezquite). Con respecto a las especies faunísticas, previo y durante las actividades de desmonte se realizarán acciones para ahuyentarlas, y estarán encaminadas principalmente para los individuos de desplazamientos rápidos. Los individuos de lento desplazamiento serán capturados y liberados en áreas que cuenten con el mismo tipo de hábitat.</p>
Desmonte y despalme.	<p>El desmonte consistirá en el retiro de la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea que se encuentra en el área del proyecto (que incluye la central fotovoltaica Fase I (120+300 MW y las SE). El material vegetal retirado se utilizará para los rellenos en los sitios donde se requiera.</p> <p>El despalme consiste en el retiro de la capa superficial del suelo en el área del proyecto, utilizando maquinaria y equipo como motoconformadoras, cargadores frontales, camiones de volteo, etc.</p>
Cortes, rellenos, nivelación y compactación.	<p>Por las características topográficas del área donde se desarrollará el proyecto, no se requieren de cortes especiales de terreno y con la finalidad de mitigar afectaciones, se procurará mantener las pendientes naturales del terreno. Por lo que, sólo se requerirá de cortes en las áreas destinadas</p>

	<p>para subestaciones, centro de interconexión, edificio administrativo, almacén, taller y casetas.</p> <p>Los rellenos se efectuarán en los sitios de cimentaciones de los edificios técnicos y administrativos, talleres, almacenes, casetas, así como cimentaciones de las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos, de las zanjas para el cableado, plataformas de los centros de transformación e interconexión, y de las subestaciones.</p>
<b>Construcción</b>	
<p>Instalación de infraestructura provisional de la central y las SE.</p>	<p>Dentro de la misma área del proyecto se instalarán bodegas, almacenes, talleres y casetas temporales; los cuales se construirán de estructura metálica y de material multipanel en muros y techos. Además, se instalará un almacén temporal de residuos peligrosos, que será construido a base de estructura metálica, techo y muros de lámina, con piso de concreto.</p> <p>En los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles.</p>
<p>Construcción del cerco perimetral para la central y bardas perimetrales para las SE.</p>	<p>Esta actividad se inicia con el trazo, se continúa con las excavaciones y posteriormente se realizan los trabajos necesarios para la construcción del cerco perimetral (malla ciclónica) de la central y bardas perimetrales para las SE.</p>
<p>Construcción del cuarto de control, talleres, almacenes y centros de interconexión.</p>	<p>El cuarto de control será construido con estructura de concreto y mampostería con ventana. Los talleres y almacenes en los cuales se guardarán los equipos, herramientas, materiales y maquinaria necesaria que se ocuparán durante la operación del Proyecto, serán a base de marcos de estructura metálica con muros y techos de multipanel.</p> <p>Los centros de interconexión serán edificados mediante estructura de concreto y mampostería con una altura libre de 3 m, con piso falso y falso plafón para instalaciones diversas.</p> <p>El cuarto de control es una estructura que protege de agentes ambientales a los equipos y tableros de una subestación eléctrica que requiera de instalación interior.</p>
<p>Construcción de caminos interiores.</p>	<p>Se construirán caminos interiores permanentes de 4 m de ancho para tránsito vehicular (supervisión, mantenimiento y</p>

	<p>maniobras), uno perimetral y otro por la parte central a todo lo largo del polígono del Proyecto. Asimismo, se tendrán pasillos entre filas de módulos con un ancho de 3 m, estos caminos serán de terracería y no requieren de ningún acabado como concreto o asfalto, únicamente trabajos de corte para alcanzar el nivelado y su respectiva compactación del terreno sobre el trazo del camino con acondicionamientos especiales amigables con el medio ambiente. También se pretende realizar un camino de terracería con ancho de 6 m, hacia el área donde se ubicará la SE de 34.5 kV/400 kV.</p>
<p>Construcción de obras de protección y captación.</p>	<p>Para poder asegurar el cauce natural de los escurrimientos del área del proyecto, de acuerdo con el estudio hidrológico y evitar la erosión, así como para preservar la infraestructura del Proyecto durante la etapa de operación, se construirán las cunetas o canalizaciones requeridas, empleando métodos constructivos adecuados con el entorno del sitio, a base de estructuras conformadas por piedra o malla geotextil.</p> <p>Para las plataformas de las SE, el drenaje pluvial consiste en una red de tuberías de concreto simple y registros que funcionen por gravedad, mismo que se debe conectar al existente, seleccionando como puntos de desfogue los costados del talud y siguiendo la secuencia del drenaje existente, de tal forma que se respeten los escurrimientos naturales de los sitios de las SE y fuera de éstos.</p>
<p>Excavaciones para cimentaciones de la central y las SE.</p>	<p>Antes de iniciar con las excavaciones, se realiza el trazo que consiste en delimitar los ejes de las cimentaciones y sus anchos, así como de los ejes de las demás obras, ya que de ello dependerá la exactitud en todo el desarrollo de la obra, utilizando estacas de madera e hilos, con los cuales se señalan los puntos de referencia para efectuar las excavaciones o perforaciones necesarias.</p> <p>Las excavaciones se realizarán para el desplante de las cimentaciones de las estructuras soporte de módulos fotovoltaicos, edificación y SE, todo el material producto de éstas se dejará a un lado para que posteriormente sirva como relleno, llevándolo al nivel de compactación recomendado por el estudio geotécnico.</p>

<p>Construcción de cimentaciones de la central y las SE.</p>	<p>Para el caso de las cimentaciones superficiales, una vez realizado el afine del fondo de la cepa, se coloca una plantilla de concreto pobre con la finalidad de tener la superficie limpia y sirva como base para el habilitado y colocación del acero de refuerzo. Posteriormente, se colocará la cimbra (metálica o de madera). Para el caso de las cimentaciones a base de micropilotes, una vez realizada la perforación se procederá a la colocación del acero de refuerzo habilitado y armado. Asimismo, se coloca el juego de anclas y la cimbra del cabezal, para las cimentaciones de las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos.</p> <p>Finalmente, se realizará el colado de cimentaciones de las estructuras soporte, edificación y SE, empleando concreto premezclado que se utilizará de la planta de concreto más cercana al sitio de la obra que cumpla con los requerimientos solicitados, y revolvedora manual para volúmenes de concreto pequeños.</p>
<p>Montaje de soportes, estructuras, módulos fotovoltaicos, e infraestructura para las SE.</p>	<p>Los soportes se apoyan sobre las cimentaciones previamente ejecutadas. En el montaje se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller con las tolerancias establecidas.</p> <p>Una vez completado el montaje de soportes y estructuras, los módulos serán transportados desde el área de almacén (donde serán resguardados hasta el momento de su colocación) hasta lugares estratégicos del sitio mediante un vehículo automotor a gasolina, para su posterior instalación manual en cada fila designada.</p> <p>Para las SE, se llevará a cabo el montaje de columnas y traveses que soportan los buses aéreos para su conexión con los diferentes equipos, también se instalarán los interruptores de potencia.</p>
<p>Instalación de infraestructura eléctrica de la central y las SE.</p>	<p>La infraestructura eléctrica que se instalará es la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ductos eléctricos y Sistema de tierras.</b> Con el trazo realizado, se ejecuta la excavación para después colocar los ductos eléctricos de acuerdo con las líneas de proyecto, posteriormente se instala la tubería de polietileno de alta densidad o tubería de PVC embebida</li> </ul>

	<p>en concreto o directamente enterrada.</p> <p>Sistema de tierras. Consiste en tender sobre el suelo y a una profundidad determinada, alambre de cobre que se conectará a la base de la estructura de acero, de acuerdo con el diseño, con la finalidad de proteger al personal y las instalaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Instalación de cableado eléctrico.</b> Para la interconexión eléctrica de módulos fotovoltaicos se requiere la formación de arreglos en serie paralelo de los mismos. Para cada arreglo en serie se unen los conductores de cada módulo y posteriormente se canalizan los puntos finales de los arreglos a través de líneas de conducción subterráneas o canalizaciones visibles, con la finalidad de recolectar la energía total de los arreglos en cajas de conexiones distribuidas a lo largo de la central.</li><li>• <b>Inversores y centros de transformación MT.</b> Una vez colectada la energía en Corriente Directa y enviada hacia los inversores, se pretende construir centros de transformación donde estén alojados los inversores, equipos eléctricos de protección y maniobra, así como un transformador elevador para integrar la red de los centros de transformación en Media Tensión (MT).</li><li>• <b>Sistema de colección de energía en MT.</b> Para recolectar la energía producida y transformada en corriente alterna, se requieren ductos y cables en media tensión enterrados en zanjas, los cuales unirán eléctricamente cada centro de transformación y llegar a la subestación eléctrica de la central.</li><li>• <b>Instalación del equipo de control y comunicación.</b> Estará instalado en los centros de transformación o en espacios dentro del área de la central. Contarán con un enlace redundante vía radiofrecuencia, conexión Wi-Fi y/o mediante fibra óptica, cuyo enlace se instalará a través de ductos subterráneos.</li><li>• <b>Sistema de Almacenamiento Eléctrico con Baterías (SAE).</b> Este sistema debe integrarse por unidades de almacenamiento de energía del mismo modelo y tecnología, cumpliendo con las normas y certificaciones vigentes, el cual tendrá que almacenar la energía generada por la Central Fotovoltaica. Se requiere realizar</li></ul>
--	---



	<p>una plancha de concreto para la llegada de los cables y ductos, de acuerdo con las especificaciones particulares del proveedor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interconexión eléctrica.</b> Se realizará llevando los conductores en corriente alterna en MT en ductos subterráneos hacia las SE (400 kV y 115 Kv), a ubicarse dentro del área de la central fotovoltaica.</li> </ul>
<b>Operación y mantenimiento</b>	
<p>Operación de la central fotovoltaica de 420 MW y de las SE.</p>	<p>La tecnología solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar para generar energía eléctrica, utilizando módulos fotovoltaicos de material de silicio, instalados en estructuras soporte con seguimiento o fijas, en este caso serán con seguimiento, conectados eléctricamente mediante arreglos en serie y paralelo, que van conectados al inversor para convertir y adaptar la energía en CD a CA, posteriormente se colecta y se eleva el voltaje mediante un transformador para su interconexión con la red eléctrica.</p> <p>La operación de la SE inicia desde el momento en que sus instalaciones y la línea de transmisión son energizadas. Su función será la de transmitir la energía eléctrica generada. Para detectar cualquier falla en el sistema se cuenta con un equipo de seguridad automático que interrumpe el flujo eléctrico, el cual se restablece hasta que la causa de la falla ha sido eliminada totalmente por el equipo de supervisión.</p>
<p>Mantenimiento para garantizar la óptima operación de la central y las SE.</p>	<p>El mantenimiento de la central se enfocará principalmente a la limpieza de la cubierta de los módulos fotovoltaicos, mantenimiento a los sistemas de seguimiento, ajustes y revisión de conexiones eléctricas y mecánicas (éstos últimos también se aplicarán a las SE).</p> <p>Las baterías de litio-ion, son prácticamente libres de mantenimiento, por lo que, durante su vida útil entre 5 y 10 años para este tipo, se requiere una supervisión y registro del sistema. Al final de su vida útil, el tecnólogo las dispondrá, para su remoción, empacamiento y envío hacia los centros de reciclaje que designe.</p>
<b>Desmantelamiento y abandono del sitio</b>	
<p>Desmantelamiento de infraestructura eléctrica de la</p>	<p>Al término de la vida útil del proyecto, el abandono del sitio consiste en la desenergización de la central fotovoltaica. Por</p>

central y las SE.	<p>lo tanto, se desinstalar todos los componentes involucrados en la generación, regulación y conducción de la energía eléctrica, como son inversores, baterías, transformadores, cableados, equipos de medición, protecciones, módulos fotovoltaicos, etc.</p> <p>Para el caso de las SE, una vez desenergizado y desconectado del Sistema Eléctrico Nacional, se desmantelarán y se retirarán todos los elementos instalados.</p>
Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno.	Se desarmarán las estructuras fijas y de seguimiento, los módulos fotovoltaicos, etc., para continuar con la demolición de los micropilotes (soportes) a nivel de terreno.
Demolición de obra civil y limpieza del sitio.	<p>Se demolerá la obra civil como edificios (talleres, almacenes, etc.), cimentaciones que se construirán tanto para la central fotovoltaica como para las subestaciones eléctricas.</p> <p>Durante la limpieza del sitio se deberá dejar el terreno libre de escombros y de áreas con depresiones topográficas que pudiesen afectar los patrones de escurrimiento sobre el terreno, de igual manera se deberán remover componentes superficiales.</p>
Restauración del sitio del proyecto.	Una vez que el área donde se desarrollará el proyecto se encuentre libre de toda infraestructura, se llevarán a cabo actividades de restauración con el fin de que esta área cuente con condiciones similares a las que tenía previo al proyecto. Se tiene planeado ejecutar la reforestación con especies como mezquite, gobernadora, etc.

b) Lista de factores y componentes ambientales susceptibles a ser impactados por las actividades del proyecto.

En la **Tabla V.2** se presenta la lista de los factores ambientales abióticos y bióticos que se elaboró a partir de los señalados en el Capítulo IV, indicando además sus cualidades o componentes que los distinguen y que pueden ser afectados por el desarrollo del Proyecto.

**Tabla V.2.** Lista de factores y componentes ambientales en los que incidirán las actividades del Proyecto.

Medio	Factor ambiental	Componente ambiental	Descripción del componente ambiental
Físico	Suelo	Calidad del suelo	Se refiere a las propiedades físicas (estructura y textura) y a las propiedades químicas (contenidos de materia orgánica, minerales macro y micronutrientes, niveles de salinidad y/o alcalinidad).
		Cantidad de suelo (erosión)	Una vez que el suelo queda desprovisto de vegetación es más susceptible a erosionarse por la fuerza del viento (erosión eólica). De igual manera el suelo desnudo queda expuesto a la energía cinética de las gotas de precipitación (erosión hídrica), aunque es importante mencionar que, en la región la lluvia es escasa.
	Agua	Calidad del agua	Se refiere a propiedades como su grado de turbidez, determinado por la carga de sedimentos en suspensión, conductividad eléctrica, pH, presencia de coliformes fecales, detergentes, demanda bioquímica de oxígeno, presencia de hidrocarburos y metales, entre otros.
		Cantidad de agua	Se refiere a la probabilidad de que el ecosistema pierda su capacidad natural de infiltración del agua que llueve o escurre en la microcuenca, afectando así a la cantidad de agua de recarga para el acuífero subterráneo.
	Aire	Calidad del aire	La calidad del aire se refiere a la presencia en mayor o menor medida de contaminantes en la atmósfera que puedan ser nocivos para la salud humana, para el medio

<b>Tabla V.2. Lista de factores y componentes ambientales en los que incidirán las actividades del Proyecto.</b>			
<b>Medio</b>	<b>Factor ambiental</b>	<b>Componente ambiental</b>	<b>Descripción del componente ambiental</b>
			ambiente en su conjunto y para otros bienes de cualquier naturaleza.
		Nivel de ruido	El incremento de los niveles de ruido se ocasionará por la operación de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados durante las actividades del proyecto.
<b>Biológico</b>	Vegetación	Cobertura vegetal	Es la proyección vertical de las copas de árboles, coronas de arbustos y/o cubierta de hierbas y zacates que protegen al suelo.
		Diversidad de especies	Se refiere a la distribución de las abundancias de los individuos de diferentes especies de flora, es un indicador no únicamente de la riqueza de especies (número de especies diferentes), sino además de la distribución de sus abundancias relativas.
	Fauna	Modificación del hábitat	Es el cambio de las condiciones medioambientales locales en las que vive un organismo (áreas para alimentación, refugio, anidación, etc.).
		Presencia	Se refiere a la posibilidad de encontrar a uno o más individuos de especies faunísticas en el área del proyecto o sus alrededores.
		Desplazamientos	Se refiere a la capacidad de los individuos de fauna para desplazarse libremente en el área del proyecto o sus alrededores.

**Tabla V.2.** Lista de factores y componentes ambientales en los que incidirán las actividades del Proyecto.

Medio	Factor ambiental	Componente ambiental	Descripción del componente ambiental
		Patrones de conducta (colisiones y confusión)	Se refiere a los efectos del proyecto que pudieran repercutir en algunos patrones de conducta de los individuos de fauna, por ejemplo, la confusión de algunas aves del reflejo de los paneles solares con cuerpos de agua, que pudieran generar colisiones de éstas con el proyecto.
		Abundancia	Se refiere a la interacción entre las obras y/o actividades del proyecto con la abundancia de las especies faunísticas del área de estudio (SAR).
		Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Se refiere a cuantificar el impacto que se podría tener por el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto con especies que pudieran estar presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Perceptual	Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Es el grado de belleza y/o calidad escénica propia de los componentes del ecosistema; la interacción con el proyecto se refiere a la capacidad de éste para modificar el paisaje, es importante mencionar que estos impactos dependen de la presencia de los posibles observadores, y que los grados de belleza o calidad pueden ser totalmente subjetivos.
		Fragilidad paisajística	Es la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones.

**Tabla V.2.** Lista de factores y componentes ambientales en los que incidirán las actividades del Proyecto.

Medio	Factor ambiental	Componente ambiental	Descripción del componente ambiental
Social	Socioeconómico	Disponibilidad de energía eléctrica	Se refiere a la capacidad regional de disponer con energía eléctrica para garantizar la adecuada prestación del servicio eléctrico, el que resulta esencial para los servicios urbanos de alumbrado, saneamiento, salud, cultura, recreación, así como, para las actividades agropecuarias e industriales.
		Economía local	Es la derrama económica que habrá en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requerirá el desarrollo del proyecto.

En la **Tabla V.3** se describen las posibles interacciones o impactos ambientales que se presentarán por las actividades más relevantes del proyecto. Cabe mencionar que, estas actividades se desarrollarán para la central fotovoltaica Fase I (120+300 MW) y las subestaciones eléctricas (SE).

**Tabla V.3.** Descripción de los posibles impactos ambientales por las actividades del Proyecto.

Etapas/Actividades	Factores ambientales afectados	Descripción de posibles interacciones o impactos ambientales
<b>Preparación del sitio</b>		
Delimitación, señalización y limpieza del terreno.	Fauna Socioeconómico	Al llevar a cabo estas actividades se afectará a la presencia de especies faunísticas en el área del proyecto o en sus alrededores, por las personas que se encontrarán en el sitio haciendo la delimitación de las áreas, colocando los señalamientos y recolectando la basura que pudiera encontrarse en el sitio.  Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto en todas sus etapas, por lo que, este impacto es positivo.

<p>Rescate de flora y fauna.</p>	<p>Vegetación Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>El rescate de flora permitirá que aquellos individuos que sean susceptibles a rescate y trasplante de vegetación ayuden a mejorar la cobertura vegetal del área del proyecto; además es importante mencionar que los individuos vegetales rescatados se llevarán a sitios que cuenten con condiciones similares a las del sitio de donde fueron removidos. Por lo anterior, se conservarán las especies en el SAR, entonces ambos factores ambientales tendrán un impacto positivo.</p> <p>Con relación a la fauna, los componentes ambientales de presencia y especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 tendrán impactos positivos, por el rescate de las especies faunísticas, que se llevarán a otros sitios del SAR, propiciando la permanencia de dichas especies en el mismo.</p> <p>Por lo anterior, los impactos a la calidad intrínseca del paisaje y fragilidad paisajística también serán positivos, debido a que las especies de flora y fauna se trasladarán a otros sitios del SAR para su conservación.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Desmonte y despalme.</p>	<p>Suelo Agua Aire Vegetación Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>El desmonte y despalme son actividades del cambio de uso de suelo. Por lo que, los impactos negativos generados son directamente sobre la cobertura vegetal y la diversidad de especies.</p> <p>Se afectará a la calidad del suelo, por la modificación de su estructura durante la realización del desmonte y despalme, también podría modificarse sus propiedades químicas por el derrame accidental de aceite, grasa y/o</p>

		<p>combustible por la operación de la maquinaria y equipos utilizados, y ante una disposición inadecuada de los residuos generados. Asimismo, con la remoción de la vegetación aumentarán los riesgos de erosión eólica y en caso de que existan precipitaciones en la región puede presentarse erosión hídrica.</p> <p>Como ya se mencionó, en caso de que exista un derrame accidental de aceite, grasa, etc., la calidad del agua se verá afectada, por otro lado, al retirar la vegetación del área del proyecto la capacidad de infiltración del agua disminuirá (en caso de precipitaciones), eso afectará a la cantidad de agua que se podría infiltrar.</p> <p>Con la operación de la maquinaria, equipos y vehículos automotores requeridos en las actividades del proyecto, se afectará a la calidad del aire por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión y polvo durante las actividades, asimismo, emitirán ruido.</p> <p>Por el retiro de la vegetación del área del proyecto también se modificará el hábitat de las especies faunísticas (áreas de alimentación, refugio, anidación, etc.), a la abundancia de éstas, las cuales podrían estar incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Durante estas actividades existe la posibilidad de encontrar individuos de fauna en el área del proyecto o sus alrededores.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y fragilidad paisajística serán afectadas por el retiro de vegetación en el área donde se pretende realizar el proyecto.</p>
--	--	--



		<p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Cortes, nivelación y compactación.</p> <p>rellenos, y</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Por los cortes, rellenos y compactación se presentarán impactos sobre la estructura del suelo, y existe la posibilidad de modificar sus propiedades químicas ante el derrame accidental de aceite, grasa, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. Asimismo, con los cortes en el área del proyecto que los requiera aumentarán los riesgos de erosión eólica y en caso de que existan precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>La calidad del agua puede afectarse si se presenta el derrame accidental de aceite, etc., que se mencionó anteriormente, además, por el retiro de la vegetación en el área del proyecto la capacidad de infiltración del agua disminuirá (en caso de precipitaciones), afectando a la cantidad de agua disponible para recargar el acuífero.</p> <p>La maquinaria y equipos utilizados en estas actividades generarán polvo y emisiones a la atmósfera de gases de combustión, que afectarán a la calidad del aire, también se incrementará el nivel de ruido.</p> <p>Durante estas actividades existe la posibilidad de afectar al componente de “presencia” de fauna silvestre, debido a que por la presencia de personal y de maquinaria, se ahuyenta a ésta.</p> <p>La fragilidad paisajística en el área del proyecto se verá afectada, debido a que cuando se realicen estas actividades ya no</p>

		<p>habrá vegetación en el sitio, además de que se comenzará a modificar la estructura del paisaje.</p> <p>Habrà una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<b>Construcción</b>		
<p>Instalación de infraestructura provisional de la central y las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Por la operación de la maquinaria y equipos utilizados en esta actividad, hay posibilidad de derrame accidental de aceite, grasa, etc., con lo cual se modificarían las propiedades químicas del suelo, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados.</p> <p>La calidad del agua puede afectarse en caso de que ocurra el derrame accidental de aceite, grasas, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos. Y la cantidad de agua será afectada debido a las obras provisionales que se construirán, por las cuales la infiltración del agua será menor (en caso de precipitaciones).</p> <p>La maquinaria y equipos utilizados en estas obras generarán polvo y emisiones a la atmósfera de gases de combustión, que afectarán a la calidad del aire, también generarán ruido.</p> <p>Mientras se instala la infraestructura provisional existe la posibilidad de afectar al componente de “presencia” de fauna silvestre, debido a que por la presencia de personal y de maquinaria, se ahuyente a ésta. Una vez instalada la infraestructura los individuos de especies faunísticas podrían ver afectada su capacidad de desplazamiento por las áreas del proyecto.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y fragilidad</p>

		<p>paisajística serán afectadas por la instalación de la infraestructura provisional tanto de la central fotovoltaica como de las SE.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Construcción del cerco perimetral para la central y bardas perimetrales para las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Para el cerco perimetral de la central y las bardas perimetrales de las SE, se realizarán excavaciones, por lo que, se modificará la estructura del suelo. Durante la operación de la maquinaria y equipos utilizados en caso de existir un derrame accidental de aceite, grasas, etc., se modificarán las propiedades químicas del suelo.</p> <p>Si ocurre el derrame de aceite, grasas, etc., se afectará a la calidad del agua, y por las obras que se realizarán la capacidad de infiltración del agua será menor en el área del proyecto.</p> <p>La maquinaria y equipos utilizados generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido.</p> <p>Existe la posibilidad de afectar al componente de “presencia” de fauna silvestre, debido a que por la presencia de personal y de maquinaria, se ahuyente a ésta. Al realizar estas obras se modificará el hábitat de las especies faunísticas (áreas de alimentación, refugio, anidación, etc.), además, el cerco y las bardas serán un obstáculo para las especies de fauna, que ya no podrán desplazarse libremente en el área del proyecto o sus alrededores.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y fragilidad paisajística serán afectadas por la construcción del cerco perimetral y de las</p>

		<p>bardas perimetrales.</p> <p>Habrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Construcción del cuarto de control, talleres, almacenes y centros de interconexión.</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Para estas obras se requerirá utilizar maquinaria y equipos, por lo que, durante su operación existe la posibilidad de un derrame accidental de aceite, grasas, etc., que modificaría las propiedades químicas del suelo.</p> <p>En caso de que ocurra el derrame de aceite, grasas, etc., se afectará a la calidad del agua, y por la construcción de estas obras que se realizarán la cantidad de infiltración del agua será menor en el área del proyecto.</p> <p>Por el uso de la maquinaria y equipos se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido.</p> <p>Al construir estas obras las especies faunísticas no podrán desplazarse libremente en el área del proyecto o sus alrededores, por lo que también se podría afectar su presencia en el área del proyecto.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística se afectarán por la construcción de estas obras requeridas.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Construcción de caminos interiores.</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna</p>	<p>Por la construcción de los caminos interiores se presentarán impactos sobre la estructura del suelo debido a los cortes necesarios para alcanzar el nivelado y su respectiva</p>

	<p>Paisaje Socioeconómico</p>	<p>compactación, durante la operación de la maquinaria y equipos puede ocurrir un derrame accidental de aceite, grasa, etc., que modificaría las propiedades químicas del suelo, al igual que por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. Asimismo, con los cortes aumentarán los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>La calidad del agua puede afectarse si se presenta el derrame accidental de aceite, etc., mencionado anteriormente, además, por las obras necesarias la infiltración del agua disminuirá (en caso de precipitaciones), afectando a la cantidad de agua que se podría infiltrar en caso de precipitaciones.</p> <p>La maquinaria y equipos utilizados generarán polvo y emisiones a la atmósfera de gases de combustión, que afectarán a la calidad del aire, también se incrementará el nivel de ruido.</p> <p>Al construir estos caminos se modificará el hábitat de las especies faunísticas (áreas de alimentación, refugio, anidación, etc.), y no podrán desplazarse libremente por el área del proyecto o sus alrededores.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística se afectará debido a estas obras requeridas.</p> <p>Habrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Construcción de obras de protección y captación.</p>	<p>Suelo Agua</p>	<p>Para la construcción de obras protección y captación es necesario hacer excavaciones,</p>

	<p>Aire Paisaje Socioeconómico</p>	<p>por lo tanto, se modificará la estructura del suelo, y sus propiedades químicas pueden modificarse si ocurre un derrame accidental de aceite, grasa, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos utilizados, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. El impacto de esta actividad con el componente cantidad de suelo (erosión) es positivo, debido a que se evitará la erosión con las obras de protección que serán construidas.</p> <p>El impacto que se generará con el componente ambiental cantidad de agua será positivo, por las obras de captación que se construirán en el área del proyecto, las cuales asegurarán que no se interrumpa el cauce natural de los escurrimientos en esta área.</p> <p>Se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido por la operación de la maquinaria y equipos utilizados.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística serán afectadas por la construcción de estas obras.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Excavaciones para cimentaciones de la central y las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Socioeconómico</p>	<p>Con las excavaciones que se llevarán a cabo para las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos y de la infraestructura para las SE, se modificará la estructura del suelo y sus propiedades químicas si ocurre un posible derrame accidental de aceite, grasa, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos utilizados, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. Asimismo, con las excavaciones aumentarán</p>

		<p>los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>Por estas obras la infiltración del agua podría disminuir (en caso de precipitaciones), afectando a la cantidad de agua.</p> <p>Con la operación de la maquinaria y equipos utilizados se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Construcción de cimentaciones de la central y las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Al construir las cimentaciones se modificará la estructura del suelo debido a la colocación del acero de refuerzo, concreto, etc., y podrían modificarse sus propiedades químicas si ocurre un derrame accidental de aceite, grasa, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos utilizados, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. Asimismo, con estas obras aumentarán los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>Al construir las cimentaciones en el área del proyecto la infiltración del agua disminuirá (en caso de precipitaciones), afectando a la cantidad de agua.</p> <p>Se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido por la operación de la maquinaria y equipos utilizados.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad</p>

		<p>paisajística se afectarán por la construcción de las cimentaciones.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Montaje de soportes, estructuras, módulos fotovoltaicos e infraestructura para las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Durante la operación de los vehículos utilizados para transportar la infraestructura que será instalada para la central y las SE, podría existir un derrame accidental de aceite, grasa, etc., que modificaría las propiedades químicas del suelo, también por la posible disposición inadecuada de los residuos generados.</p> <p>La calidad del agua puede afectarse si se presenta el derrame accidental de aceite, grasas, etc., mencionado anteriormente, además, por la instalación de los módulos fotovoltaicos la infiltración del agua disminuirá en el área del proyecto (en caso de precipitaciones), afectando a la cantidad de agua.</p> <p>Se generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido por la operación de los vehículos que se utilizarán en estas actividades.</p> <p>Durante la instalación de la infraestructura se podría afectar el componente de presencia de fauna debido a que, por el personal y maquinaria en el área, ésta podría ser ahuyentada. Otro efecto del proyecto en el que podría repercutir es en los patrones de conducta de los individuos de fauna, por ejemplo, algunas aves pueden confundir el reflejo de los paneles solares con cuerpos de agua, lo que podría ocasionar colisiones con éstos.</p>



		<p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística serán afectadas por la instalación de los soportes, estructuras donde se montarán los módulos fotovoltaicos, así como la infraestructura de las SE.</p> <p>Habrà una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Instalación de infraestructura eléctrica de la central y las SE.</p>	<p>Suelo Aire Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Se modificarà la estructura del suelo debido a las excavaciones requeridas para instalar los ductos eléctricos, cableado eléctrico, entre otros, los cuales se instalarán de forma subterránea, también se podrían modificar las propiedades químicas del suelo por un derrame accidental de aceite, grasas, etc., durante la operación de la maquinaria y equipos que serán utilizados, y por la posible disposición inadecuada de los residuos generados. A su vez, por las excavaciones podrían aumentar los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>La calidad del aire se afectará por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión y polvo generados por la operación de la maquinaria y equipos, los cuales también generarán ruido.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística serán afectadas por la instalación de la infraestructura eléctrica necesaria para en la operación de la central y las SE, por ejemplo: el Sistema de Almacenamiento Eléctrico con Baterías (SAE), transformadores, etc., modificando así la calidad escénica del área.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la</p>

		región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.
<b>Operación y mantenimiento</b>		
Operación de la central fotovoltaica de 420 MW y de las SE.	Fauna Socioeconómico	<p>Casi no se prevén efectos negativos por la operación de la central (generación de energía eléctrica), ya que no se genera ruido, ni emisiones de ningún tipo al suelo, agua y aire.</p> <p>Con relación a las SE, su operación inicia desde el momento en que sus instalaciones y la línea de transmisión sean energizadas. Su función será la de transmitir la energía eléctrica generada.</p> <p>En este caso, se consideran efectos en los factores ambientales de fauna y socioeconómico.</p> <p>Durante la operación las especies faunísticas (incluidas las de la NOM-059-SEMARNAT-2010) verán limitado su desplazamiento por el área del proyecto o sus alrededores. Otro efecto del proyecto en el que podría repercutir es en los patrones de conducta de los individuos de fauna, por ejemplo, algunas aves pueden confundir el reflejo de los paneles solares con cuerpos de agua, lo que podría ocasionar colisiones con éstos. No obstante, lo anterior, este efecto ha sido poco estudiado, así como el efecto de creación de flujos de calor, en cuanto a los campos electromagnéticos y sus efectos sobre la fauna deberán ser analizados durante la operación del proyecto.</p> <p>El impacto al factor socioeconómico es positivo, debido a que se dispondrá de energía eléctrica en la región, para garantizar la adecuada prestación del servicio eléctrico, el que resulta esencial para los servicios</p>

		urbanos de alumbrado, saneamiento, salud, cultura, recreación, así como, para las actividades agropecuarias e industriales.
<p>Mantenimiento para garantizar la óptima operación de la central y las SE.</p>	<p>Suelo Agua Aire Socioeconómico</p>	<p>Podría haber un derrame accidental de aceite y/o grasas durante el mantenimiento de la central y de las SE y por la operación de vehículos, maquinaria y/o equipo que podría ser utilizado en la limpieza de los módulos fotovoltaicos, con lo que, se modificarían las propiedades químicas del suelo, y también por el posible manejo inadecuado de los residuos generados, como peligrosos (estopas impregnadas de aceite y/o grasa), de manejo especial: baterías de litio (en caso de que se les termine su vida útil), y residuos de tipo doméstico.</p> <p>Asimismo, la calidad del agua se podría ver afectada en caso de que ocurra el derrame accidental de aceite y/o grasas, debido a la infiltración de elementos contaminantes en el acuífero.</p> <p>Se considera una afectación mínima en la calidad del aire, por las emisiones de gases de combustión y polvo generados en la operación de vehículos, maquinaria y/o equipos utilizados, que también generará una mínima cantidad de ruido.</p> <p>El impacto al factor socioeconómico es positivo, debido a que se dispondrá de energía eléctrica en la región, para garantizar la adecuada prestación del servicio eléctrico, el que resulta esencial para los servicios urbanos de alumbrado, saneamiento, salud, cultura, recreación, así como, para las actividades agropecuarias e industriales. Asimismo, se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y</p>

		mano de obra que podría requerirse para el mantenimiento de los módulos fotovoltaicos del proyecto.
<b>Desmantelamiento y abandono del sitio</b>		
Desmantelamiento de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Suelo Agua Aire Paisaje Socioeconómico	<p>Al término de la vida útil del proyecto se desenergizará tanto la central como las SE, para posteriormente desinstalar y retirar los componentes involucrados en la generación, regulación y conducción de la energía eléctrica (convertidores, cableados, módulos fotovoltaicos, etc.). La estructura del suelo se modificará por la desinstalación de los ductos, cables, entre otros, también existe la posibilidad de la modificación de las propiedades químicas del suelo por algún derrame accidental de aceite y/o grasas durante el uso de la maquinaria y equipos, y por el manejo inadecuado de los residuos generados. Además, por estas actividades podrían aumentar los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se presentará erosión hídrica.</p> <p>La calidad del agua pudiera verse afectada si ocurriera un derrame accidental de aceite, grasas, etc., por otra parte, el impacto a la cantidad de agua es positivo, debido a que se desmantelarán los módulos fotovoltaicos, y con esto, en caso de alguna precipitación, el suelo estaría descubierto, por lo que se propiciaría la infiltración del agua en el área del proyecto.</p> <p>La operación de la maquinaria y equipos utilizados generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, polvo y ruido.</p> <p>El impacto a la calidad intrínseca del paisaje será positivo por el desmantelamiento de infraestructura, al quitar elementos no naturales, aumenta el valor intrínseco del</p>

		<p>paisaje.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno.</p>	<p>Suelo Agua Aire Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Se podrían modificar las propiedades químicas del suelo ante un manejo inadecuado de los residuos generados, y en caso de que ocurra un derrame accidental de aceite y/o grasas durante el uso de la maquinaria y/o equipos.</p> <p>Si existiera el derrame accidental de aceite y/o grasas se podría afectar a la calidad del agua.</p> <p>La calidad del aire se podría afectar por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión generados por la operación de la maquinaria y/o equipos utilizados, que también emitirán ruido.</p> <p>Al desarmar las estructuras y demoler los micropilotes, el impacto a la calidad intrínseca del paisaje será positivo.</p> <p>Habrà una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Demolición de obra civil y limpieza del sitio.</p>	<p>Suelo Agua Aire Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Existe la posibilidad de modificar las propiedades químicas del suelo ante algún derrame accidental de aceite y/o grasas durante la operación de maquinaria y equipos utilizados en la demolición de la obra civil del proyecto, así como por un posible manejo inadecuado de residuos generados. Además, por estas actividades podrían aumentar los riesgos de erosión eólica y en caso de precipitaciones en la región se podría propiciar erosión hídrica, lo anterior debido a que se tendría suelo desnudo en donde antes se</p>

		<p>encontraban las obras civiles.</p> <p>La calidad del agua podría verse afectada si ocurre el derrame accidental de aceite y/o grasas. Por lo contrario, el impacto a la cantidad de agua será positivo, debido a que el área del proyecto se dejará sin obras civiles que pudieran impedir la infiltración, con lo cual se favorecerá a la infiltración del agua (en caso de precipitaciones).</p> <p>La calidad del aire se afectará por las emisiones a la atmósfera de gases de combustión y polvo generados por la operación de la maquinaria y/o equipos utilizados en estas actividades, y también generarán ruido.</p> <p>El impacto a la calidad intrínseca del paisaje será positivo porque el área del proyecto quedará libre de elementos no naturales.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto.</p>
<p>Restauración del sitio del proyecto.</p>	<p>Suelo Agua Aire Vegetación Fauna Paisaje Socioeconómico</p>	<p>Al abandonar el sitio del proyecto, se llevarán a cabo actividades necesarias para que esta área cuente con condiciones similares a las que tenía previo al desarrollo del proyecto.</p> <p>Por lo anterior, el suelo recuperará sus condiciones originales (propiedades fisicoquímicas), recuperando su capacidad de infiltrar agua en este sitio.</p> <p>Con la reforestación que se llevará a cabo en el área del proyecto se restituirá la cobertura vegetal. Con lo cual se recuperará el hábitat de especies faunísticas (áreas de alimentación, refugio, anidación, etc.), así las</p>

	<p>especies retornarán a este sitio, incluyendo las que se encuentren en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p> <p>La calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística serán impactadas positivamente, debido a que el área del proyecto poseerá condiciones similares a las que tenía originalmente, con elementos naturales en su totalidad.</p> <p>Se tendrá una derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que se requiera para realizar las actividades de restauración.</p> <p>Cabe mencionar que, los impactos generados por esta actividad son positivos, excepto los impactos generados al factor aire, los cuales son negativos, porque la maquinaria y/o equipos utilizados generarán emisiones a la atmósfera de gases de combustión, afectando a la calidad del aire, también emitirán ruido.</p>
--	---

c) Identificación de las interacciones mediante una matriz tipo Leopold

Para identificar las interacciones, es decir, las actividades del proyecto que pueden incidir sobre los factores y componentes ambientales, se empleó una matriz tipo Leopold (1979). Las interacciones identificadas se marcan con una "X" sobre la celda correspondiente, diferenciando con color azul si es positiva y con color rojo si la interacción es negativa, en el caso de las casillas que no presentan una "X", se debe entender que esa actividad no genera ningún impacto en el componente ambiental respectivo (**Tabla V.4**).

**Tabla V.4. Matriz de interacción-identificación entre factores ambientales y actividades del Proyecto.**

ETAPA	ACTIVIDADES/OBRAS	Preparación del sitio										Construcción							Operación y mantenimiento		Desmantelamiento y abandono del sitio				Totales
		Delimitación, señalización y limpieza del terreno.	Rescate de flora y fauna.	Desmonte y despalme.	Confs. rellenos, nivelación y compactación.	Instalación de infraestructura provisional de la central y las SE.	Construcción del cerco perimetral para la central y bandas perimetrales para las SE.	Construcción del cuarto de control, talleres, almacenes y centros de interconexión.	Construcción de caminos interiores.	Construcción de obras de protección y captación.	Excavaciones para cimentaciones de la central y las SE.	Construcción de cimentaciones de la central y las SE.	Montaje de soportes, estructuras, módulos fotovoltaicos e infraestructura para las SE.	Instalación de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Operación de la central fotovoltaica de 420 MW y de las SE.	Mantenimiento para garantizar la óptima operación de la central y las SE.	Desmantelamiento de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno.	Democión de obra civil y limpieza del sitio.	Restauración del sitio del proyecto.					
Suelo	Calidad del suelo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16		
	Cantidad de suelo (erosión)			X	X					X	X	X	X										9		
Agua	Calidad del agua			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12		
	Cantidad de agua			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13		
Aire	Calidad del aire			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16		
	Nivel de ruido			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16		
Vegetación	Cobertura vegetal		X	X																		X	3		
	Diversidad de especies		X	X																			X	3	
Fauna	Modificación del hábitat			X				X															X	4	
	Presencia	X	X	X	X	X	X	X	X					X									X	9	
	Desplazamientos					X	X	X	X														X	6	
	Patrones de conducta (colisiones y confusión)													X									X	3	
	Abundancia			X																			X	2	
	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010		X	X											X								X	4	
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
	Fragilidad paisajística		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	
Socioeconómico	Disponibilidad de energía													X	X								2		
	Economía local	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18	
<b>Totales</b>		2	7	15	9	10	11	10	11	8	6	8	10	7	4	6	8	6	8	6	8	16	<b>162</b>		

X 116 interacciones negativas  
X 46 interacciones positivas

Se identificaron un total de **162** potenciales interacciones de las actividades del Proyecto sobre los factores ambientales.

En la **Tabla V.5** se presenta una síntesis de las interacciones o impactos ambientales.

**Tabla V.5. Interacciones identificadas entre factores y etapas del Proyecto.**

ETAPA	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Desmantelamiento y abandono del sitio	Totales
Suelo	4	13 + 1	1	5 + 1	23 + 2
Agua	4	12 + 1	1	3 + 4	20 + 5
Aire	4	18	2	8	32
Vegetación	2 + 2			2	2 + 4
Fauna	6 + 2	11	3	6	20 + 8
Paisaje	3 + 2	16		5	19 + 7
Socioeconómico	4	9	3	4	20
<b>Totales</b>	<b>23 + 10</b>	<b>70 + 11</b>	<b>7 + 3</b>	<b>16 + 22</b>	<b>162</b>



## V.2. Caracterización de los impactos

En total se identificaron **162** interacciones o impactos ambientales:

- Son 116 interacciones negativas y 46 positivas.
- 33 interacciones durante la etapa de Preparación del sitio: 23 negativas y 10 positivas.
- En la etapa de Construcción son 81 interacciones: 70 negativas y 11 positivas.
- 10 durante la Operación y mantenimiento: siete negativas y tres positivas.
- En el Desmantelamiento y abandono del sitio son 38 interacciones: 16 negativas y 22 positivas.
- En el factor Suelo incidirían 23 negativas y dos positivas.
- Para el factor Agua 20 negativas y cinco positivas.
- En el factor Aire 32 negativas.
- Para la Vegetación son dos negativas y cuatro positivas.
- En el factor Fauna son 20 negativas y ocho positivas.
- Para el factor Paisaje son 19 negativas y siete positivas.
- Y para el Socioeconómico son 20 positivas.

Los factores Fauna y Aire tendrán las mayores incidencias, ya que se modificará el hábitat de las especies faunísticas, así como el libre desplazamiento en el área del proyecto o sus alrededores. Sin embargo, con la restauración del sitio se espera que las especies de fauna retornen a los sitios restaurados.

En el caso del Aire se tendrán más incidencias, debido a que en todas las etapas del proyecto se emitirán gases de combustión y ruido por la operación de los vehículos, maquinaria y/o equipos que se utilizarán en las diferentes actividades para el desarrollo del proyecto. Cabe mencionar que, en la etapa de Operación y mantenimiento, se emitirá menor cantidad de gases de combustión y ruido, debido a que se utilizarán menos vehículos para el traslado del personal que realizará el mantenimiento de la infraestructura y la maquinaria que será utilizada.

El factor Suelo también presenta incidencias en todas las etapas del proyecto. En las tres primeras etapas tendrá interacciones negativas, por las actividades de cambio de uso de suelo (desmonte, despalme, etc.) por las cuales se modificará la estructura del suelo y aumentará el proceso erosivo debido al retiro de la vegetación y de la capa superficial del suelo en el área del proyecto. En caso de existir un manejo inadecuado de los Residuos, se podrían presentar modificaciones a las características fisicoquímicas del suelo.

Todos los impactos ambientales del factor Socioeconómico resultan positivos, puesto que se tendrá una importante derrama económica en la región, por los insumos, servicios y mano de obra que requiere el proyecto. Además, se abastecerá de energía eléctrica a la región, con lo cual se garantizarán los servicios urbanos de alumbrado, saneamiento, salud, cultura, recreación, así como, las actividades agropecuarias e industriales.

Con relación al factor Paisaje, la calidad intrínseca del paisaje y la fragilidad paisajística serán modificada en todas las etapas del proyecto, por las actividades de cambio de uso de suelo, las de construcción, operación de la central fotovoltaica y las SE, desmantelamiento y retiro de infraestructura, y por la restauración del sitio donde se desarrollará el proyecto.

El factor Agua, aunque es un recurso muy escaso en la región, se consideró la posible incidencia sobre la calidad y cantidad de este recurso. Por lo que, en caso de que existan precipitaciones, la infiltración será menor en el área del proyecto, debido al retiro de la vegetación, y a la instalación de infraestructura, de los módulos fotovoltaicos, esta última, es porque si existiera precipitación en la región, parte de ésta podría quedarse en la superficie de los módulos fotovoltaicos. Pero, al llevar a cabo la restauración del sitio en el área del proyecto, se restablecerá la vegetación, con lo cual podría normalizarse la cantidad de infiltrarse en el sitio (en caso de precipitaciones).

Por último, el factor Vegetación tendrá incidencias en las etapas de Preparación del sitio, y de Desmantelamiento y abandono del sitio, debido a que en la primera etapa es donde se llevará a cabo el retiro de la cobertura vegetal y la capa superficial del suelo en el área del proyecto. Y en la última etapa del proyecto se restaurará el sitio, para que tenga condiciones similares a las originales, y así, se restituyan las especies de vegetación, incluyendo las especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio se presentará la mayor cantidad de impactos ambientales positivos, debido a que se desmantelará y retirará la infraestructura del proyecto, también se llevará a cabo la limpieza del sitio (retiro de escombros) y finalmente la restauración del éste.

### **V.3. Valoración de los impactos**

Para valorar la significancia de los impactos ambientales identificados, se empleó la metodología de Bojórquez Tapia, et. al. (1988), mediante la aplicación de un conjunto de once criterios catalogados como básicos, complementarios y calificadores (**Tabla V.6**).

<b>Tabla V.6. Clasificación y definición de los criterios utilizados para evaluar la significancia de impactos.</b>	
<b>CRITERIOS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>BÁSICOS</b>	
Magnitud (M)	Intensidad de la afectación en el área de impacto.
Extensión (E)	Área de afectación con respecto a la disponible en la zona de estudio.
Duración (D)	Tiempo del efecto.
<b>COMPLEMENTARIOS</b>	
Sinergia (S)	Actividad que al estar presente otra, los efectos sobre el ambiente se incrementan más allá de la suma de cada uno de ellos.
Acumulación (A).	Efectos aditivos entre impactos del mismo tipo, derivados de acciones que ocurrieron en el pasado o que siguen ocurriendo.
Controversia (C).	Percepción de la población involucrada al proyecto.
Mitigación (T).	Posibilidad de aplicar medidas de corrección (prevención, control, mitigación, compensación o restauración). La Mitigación (T) se refiere a: Nula a Baja: no hay medida de mitigación aplicable o ésta mitiga hasta un 30% del impacto ambiental identificado, Media: existe(n) medida(s) de mitigación, ésta(s) reduce(n) del 30 al 60% del impacto ambiental identificado, y Alta a Muy alta: las medidas de mitigación aplicadas reducen del 60 al 100% el impacto ambiental identificado.
<b>CALIFICADORES</b>	
Información	Cantidad y calidad de los datos que soportan la predicción.
Certeza	Probabilidad de ocurrencia.
Confianza	Incertidumbre con respecto a la predicción del impacto.
Estándares	diferencia con respecto a una norma o criterio ambiental existente para la acción (leyes, reglamentos, normas, etc.).
Carácter del impacto: Se refiere a si el impacto identificado es positivo o benéfico al ambiente (+) o negativo o perjudicial al mismo (-).	

Los criterios y escalas utilizados para asignar el valor de cada criterio a la interacción identificada se definen en la **Tabla V.7.**

<b>Tabla V.7. Criterios y escalas de evaluación.</b>			
<b>Criterios</b>	<b>Escalas</b>		
	<b>0 – 3</b>	<b>4 – 6</b>	<b>7 – 9</b>
Magnitud (M)	Baja	Media	Alta
Extensión (E)	Puntual	Local	Regional
Duración (D)	Corta	Mediana	Larga
Sinergia (S)	Nula a Mínima	Moderada	Alta
Acumulación (A)	Nula a Mínima	Moderada	Alta
Controversia (C)	Nula a Mínima	Moderada	Alta
Mitigación (T)	Nula a Baja	Media	Alta a Muy alta

Estos criterios se evalúan bajo la escala ordinal del 0 al 9, dependiendo del efecto que una actividad tiene sobre el componente ambiental. Los criterios calificadores sólo se valoran como presentes o ausentes.

Para realizar la evaluación de las interacciones identificadas y obtener la significancia parcial y final de cada impacto se aplica una serie de ecuaciones, referidas en la **Tabla V.8**. Con el uso de las ecuaciones mencionadas se obtienen los índices de significancia, cuyo posible rango de variación es de 0 a 1. Un valor final de cero significa la ausencia total del impacto, ya sea por su inexistencia o por su total mitigación. Por el contrario, un valor de 1 corresponde al máximo valor, lo que denota un impacto muy alto.

<b>Tabla V.8. Ecuaciones aplicadas para obtener la significancia de los impactos.</b>	
<b>Índices obtenidos</b>	<b>Ecuación aplicada</b>
Criterios básicos	$MED_{ij} = \frac{1}{27} (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$
Criterios complementarios	$SAC_{ij} = \frac{1}{27} (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$
Significancia parcial	$I_{ij} = (MED_{ij})^{(1-SAC_{ij})}$
Significancia final, considerando las medidas de mitigación	$S_{ij} = I_{ij} * \left[ 1 - \frac{1}{9} (T_{ij}) \right]$
<p><b>Donde:</b> <math>M_{ij}</math> = Magnitud; <math>E_{ij}</math> = Extensión espacial; <math>D_{ij}</math> = Duración;  <math>S_{ij}</math> = Efectos sinérgicos; <math>A_{ij}</math> = Efectos acumulativos; <math>C_{ij}</math> = Controversia;  <math>I_{ij}</math> = Importancia o significancia parcial del impacto; <math>S_{ij}</math> = Significancia final del impacto; y <math>T_{ij}</math> = Medida de mitigación.</p>	

Los impactos se clasifican conforme al valor final obtenido y a la siguiente escala de significancia (**Tabla V.9**).

<b>Tabla V.9. Escala de significancia.</b>	
<b>Valor del índice de impacto</b>	<b>Clasificación del impacto</b>
0.00 – 0.25	No significativo (NS)
0.26 – 0.49	Poco significativo (PS)
0.50 – 0.74	Significativo (S)
0.75 – 1.00	Muy significativo (MS)

La metodología de Bojórquez Tapia et. al. (1988), asume que cualquier impacto tiene al menos, magnitud, extensión y duración, por lo que, los criterios básicos son indispensables para definir una interacción. Por otra parte, los criterios complementarios pueden o no ocurrir, pero si se presentan provocan un incremento en el impacto. Por el contrario, la mitigación tiene el efecto opuesto, es decir, reduce la significancia del impacto. Los criterios calificadores (Información, Certeza, Confianza y Estándares) no modifican el impacto, pero indican la capacidad predictiva de la evaluación. De esta manera, los criterios básicos definen las características directas e inmediatas, los complementarios toman en cuenta las relaciones de orden superior, y los calificadores relacionan a los otros dos con el fundamento técnico de la predicción.

- **Resultados de la valoración de la significancia de los impactos**

En las **Tablas V.10** se representa la aplicación de los conceptos de Bojórquez-Tapia a los diferentes impactos ambientales negativos y positivos que se generarán en cada etapa del Proyecto.

**Tabla V.10. Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales (negativos y positivos) generados durante la etapa de Preparación del sitio**

No.	OBRAS / ACTIVIDADES	FACTORES AMBIENTALES	COMPONENTES AMBIENTALES	MAGNITUD (M)	EXTENSIÓN (E)	DURACIÓN (D)	ÍNDICE BÁSICO (MED)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIAS (C)	ÍNDICE COMPLEMENTARIO (SAC)	SIGNIFICANCIA PARCIAL (I)	MITIGACIÓN (T)	SIGNIFICANCIA FINAL (S)
1	Delimitación, señalización y limpieza del terreno	Fauna	Presencia	4	4	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
2		Socioeconómico	Economía local	5	7	3	0.556	1	1	1	0.111	0.593	1	0.53
3		Vegetación	Cobertura vegetal	4	3	5	0.444	1	1	1	0.111	0.486	0	0.49
4			Diversidad de especies	4	3	5	0.444	1	1	1	0.111	0.486	0	0.49
5			Presencia	6	4	5	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59
6	Rescate de flora y fauna	Fauna	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	6	4	5	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59
7		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	0	0.56
8			Fragilidad paisajística	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	0	0.56
9		Socioeconómico	Economía local	5	7	5	0.630	1	1	1	0.111	0.663	0	0.66
10		Suelo	Calidad del suelo	6	6	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	4	0.35
11			Cantidad de suelo (erosión)	6	6	3	0.556	1	1	1	0.111	0.593	1	0.53
12		Agua	Calidad del agua	5	5	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	4	0.31
13			Cantidad de agua	5	5	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	1	0.50
14		Aire	Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
15			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
16		Vegetación	Cobertura vegetal	6	6	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	1	0.56
17			Diversidad de especies	4	4	4	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
18	Desmorte y despalle		Modificación del hábitat	6	6	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	1	0.56
19		Fauna	Presencia	3	4	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
20			Abundancia	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	1	0.50
21			Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	1	0.50
22		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	5	4	0.556	1	1	1	0.111	0.593	1	0.53
23			Fragilidad paisajística	6	5	4	0.556	1	1	1	0.111	0.593	1	0.53
24		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63
25		Suelo	Calidad del suelo	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	4	0.31
26			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	1	0.50
27		Agua	Calidad del agua	5	5	4	0.519	1	1	1	0.111	0.558	4	0.31
28			Cantidad de agua	5	5	3	0.481	1	1	1	0.111	0.522	1	0.46
29	Cortes, rellenos, nivelación y compactación	Aire	Calidad del aire	4	2	3	0.333	1	1	1	0.111	0.377	4	0.21
30			Nivel de ruido	4	2	3	0.333	1	1	1	0.111	0.377	4	0.21
31		Fauna	Presencia	2	2	3	0.296	1	1	1	0.111	0.339	1	0.30
32		Paisaje	Fragilidad paisajística	6	5	4	0.556	1	1	1	0.111	0.593	1	0.53
33		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63

**Tabla V.10. Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales (negativos y positivos) generados durante la etapa de Construcción**

No.	OBRAS / ACTIVIDADES	FACTORES AMBIENTALES	COMPONENTES AMBIENTALES	MAGNITUD (M)	EXTENSIÓN (E)	DURACIÓN (D)	ÍNDICE BÁSICO (MED)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIAS (C)	ÍNDICE COMPLEMENTARIO (SAC)	SIGNIFICANCIA PARCIAL (I)	MITIGACIÓN (T)	SIGNIFICANCIA FINAL (S)
1		Suelo	Calidad del suelo	6	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
2		Agua	Calidad del agua	5	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
3			Cantidad de agua	5	3	2	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
4		Aire	Calidad del aire	4	2	3	0.333	1	1	1	0.111	0.377	4	0.21
5	Instalación de infraestructura provisional de la central y las SE:	Fauna	Nivel de ruido	4	2	3	0.333	1	1	1	0.111	0.377	4	0.21
6			Presencia	4	3	3	0.296	1	1	1	0.111	0.339	1	0.30
7			Displazamiento	4	3	3	0.370	1	1	2	0.148	0.429	1	0.38
8		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	3	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
9			Fragilidad paisajística	6	3	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
10		Socioeconómico	Economía local	5	7	3	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59
11		Suelo	Calidad del suelo	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
12			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
13		Agua	Calidad del agua	5	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
14			Cantidad de agua	5	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
15		Aire	Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
16			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
17	Construcción del cerco perimetral para la central y barreras perimetrales para las SE:	Fauna	Modificación del hábitat	6	5	4	0.596	1	1	2	0.148	0.606	1	0.54
18			Presencia	3	4	4	0.370	1	1	1	0.111	0.414	1	0.37
19			Displazamiento	5	5	4	0.519	1	1	2	0.148	0.572	1	0.51
20		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	5	4	0.556	1	1	2	0.148	0.606	1	0.54
21			Fragilidad paisajística	6	5	4	0.556	1	1	2	0.148	0.606	1	0.54
22		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63
23		Suelo	Calidad del suelo	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
24			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
25		Agua	Calidad del agua	5	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
26			Cantidad de agua	5	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
27		Aire	Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
28			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
29	Construcción del cerco de control, letreros, amarras y cercas de interconexión:	Fauna	Presencia	3	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
30			Displazamiento	5	4	4	0.519	1	1	2	0.148	0.572	1	0.51
31		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	4	4	0.519	1	1	2	0.148	0.572	1	0.51
32			Fragilidad paisajística	6	4	4	0.519	1	1	2	0.148	0.572	1	0.51
33		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63
34		Suelo	Calidad del suelo	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	4	0.27
35			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
36		Agua	Calidad del agua	5	4	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
37			Cantidad de agua	5	4	2	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
38		Aire	Calidad del aire	4	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23
39			Nivel de ruido	4	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23
40	Construcción de caminos internos:	Fauna	Modificación del hábitat	6	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	1	0.37
41			Presencia	4	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	1	0.37
42		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
43			Fragilidad paisajística	6	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
44		Socioeconómico	Economía local	5	7	3	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59
45		Suelo	Calidad del suelo	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
46			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
47		Agua	Calidad del agua	5	4	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
48			Cantidad de agua	5	4	2	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
49	Construcción de obras de protección y captación:	Aire	Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
50			Presencia	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
51		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
52			Fragilidad paisajística	6	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
53		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63
54		Suelo	Calidad del suelo	6	5	3	0.519	1	1	1	0.111	0.558	4	0.31
55			Cantidad de suelo (erosión)	6	5	2	0.519	1	1	1	0.111	0.558	1	0.50
56		Agua	Calidad del agua	5	5	2	0.370	1	1	1	0.111	0.414	1	0.37
57			Cantidad de agua	5	5	2	0.370	1	1	1	0.111	0.414	1	0.37
58		Aire	Calidad del aire	4	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
59			Nivel de ruido	4	3	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
60	Construcción de cimentaciones de la central y las SE:	Fauna	Presencia	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40
61			Displazamiento	5	4	4	0.519	1	1	2	0.148	0.572	1	0.51
62		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	1	0.46
63			Fragilidad paisajística	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	1	0.46
64		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63
65		Suelo	Calidad del suelo	6	4	4	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
66			Cantidad de suelo (erosión)	6	4	3	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
67		Agua	Calidad del agua	5	4	3	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
68			Cantidad de agua	5	4	2	0.444	1	1	1	0.111	0.486	1	0.43
69	Montaje de soportes, estructuras, módulos retroreflectivos e infraestructura para SE:	Aire	Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
70			Presencia</											

**Tabla V.10. Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales (negativos y positivos) generados durante la etapa de Operación y mantenimiento.**

No.	OBRAS / ACTIVIDADES	FACTORES AMBIENTALES	COMPONENTES AMBIENTALES	MAGNITUD (M)	EXTENSIÓN (E)	DURACIÓN (D)	ÍNDICE BÁSICO (MED)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIA (C)	ÍNDICE COMPLEMENTARIO (SAC)	SIGNIFICANCIA PARCIAL (I)	MITIGACIÓN (T)	SIGNIFICANCIA FINAL (S)
1	Operación de la central fotovoltaica de 420 MW y de las SE.	Fauna	Desplazamientos	5	5	8	0.667	1	1	1	0.111	0.697	3	0.46
2			Patrones de conducta (colisiones y confusión)	6	5	8	0.704	1	1	1	0.111	0.732	3	0.49
3			Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	4	4	8	0.593	1	1	1	0.111	0.628	3	0.42
4	Mantenimiento para garantizar la óptima operación de la central y las SE.	Socioeconómico	Disponibilidad de energía eléctrica	8	8	8	0.889	1	1	1	0.111	0.901	0	0.90
5		Suelo	Calidad del suelo	4	2	7	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
6		Agua	Calidad del agua	4	2	7	0.481	1	1	1	0.111	0.522	4	0.29
7		Aire	Calidad del aire	2	2	6	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23
8		Aire	Nivel de ruido	2	2	6	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23
9		Socioeconómico	Disponibilidad de energía eléctrica	8	8	8	0.889	1	1	1	0.111	0.901	0	0.90
10		Socioeconómico	Economía local	4	7	7	0.667	1	1	1	0.111	0.697	0	0.70

**Tabla V.10. Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales (negativos y positivos) generados durante la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio.**

No.	OBRAS / ACTIVIDADES	FACTORES AMBIENTALES	COMPONENTES AMBIENTALES	MAGNITUD (M)	EXTENSIÓN (E)	DURACIÓN (D)	ÍNDICE BÁSICO (MED)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIA (C)	ÍNDICE COMPLEMENTARIO (SAC)	SIGNIFICANCIA PARCIAL (I)	MITIGACIÓN (T)	SIGNIFICANCIA FINAL (S)	
1	Desmantelamiento de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Suelo	Calidad del suelo	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
2			Cantidad de suelo (erosión)	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40	
3		Agua	Calidad del agua	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
4			Cantidad de agua	5	2	8	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59	
5		Aire	Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
6			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
7		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	7	6	8	0.778	1	1	1	0.111	0.800	0	0.80	
8	Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63		
9	Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno.	Suelo	Calidad del suelo	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
10			Calidad del agua	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
11		Aire	Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
12			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
13		Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	7	6	8	0.778	1	1	1	0.111	0.800	0	0.80	
14		Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63	
15		Demolición de obra civil y limpieza del sitio.	Suelo	Calidad del suelo	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25
16	Cantidad de suelo (erosión)			4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	1	0.40	
17	Agua		Calidad del agua	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
18			Cantidad de agua	5	2	8	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59	
19	Aire		Calidad del aire	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
20			Nivel de ruido	4	3	4	0.407	1	1	1	0.111	0.450	4	0.25	
21	Paisaje		Calidad intrínseca del paisaje	7	6	8	0.778	1	1	1	0.111	0.800	0	0.80	
22	Socioeconómico	Economía local	5	7	4	0.593	1	1	1	0.111	0.628	0	0.63		
23	Restauración del sitio del proyecto.	Suelo	Calidad del suelo	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
24			Calidad del agua	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
25		Agua	Cantidad de agua	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
26			Calidad del aire	4	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23	
27		Aire	Nivel de ruido	4	3	3	0.370	1	1	1	0.111	0.414	4	0.23	
28			Cobertura vegetal	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
29		Vegetación	Diversidad de especies	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
30			Modificación del hábitat	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
31		Fauna	Fauna	Presencia	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83
32				Desplazamientos	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83
33	Patrones de conducta (colisiones y confusión)			8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
34	Abundancia			8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
35	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010			8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83	
36	Paisaje			Calidad intrínseca del paisaje	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83
37				Fragilidad paisajística	8	6	8	0.815	1	1	1	0.111	0.834	0	0.83
38	Socioeconómico	Economía local	5	7	3	0.556	1	1	1	0.111	0.593	0	0.59		

En la **Tabla V.11** se muestra la Matriz de significancia de todas las etapas del Proyecto.

**Tabla V.11. Matriz de significancia del Proyecto**

ETAPA		Preparación del sitio										Construcción										Operación y mantenimiento		Desmantelamiento y abandono del sitio	
FACTOR	ACTIVIDADES/OBRAS  COMPONENTE	Preparación del sitio										Construcción										Operación y mantenimiento		Desmantelamiento y abandono del sitio	
		Delimitación, señalización y limpieza del terreno.	Rescate de flora y fauna.	Desmonte y desgalne.	Cortes, rellenos, nivelación y compactación.	Instalación de infraestructura provisional de la central y las SE.	Construcción del cerco perimetral para la central y bandas perimetrales para las SE.	Construcción del cuarto de control, talleres, almacenes y centros de interconexión.	Construcción de caminos interiores.	Construcción de obras de protección y captación.	Excavaciones para cimentaciones de la central y las SE.	Construcción de orientaciones de la central y las SE.	Montaje de soportes, estructuras, módulos fotovoltaicos e infraestructura para las SE.	Instalación de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Operación de la central fotovoltaica de 420 MW y de las SE.	Mantenimiento para garantizar la forma operación de la central y las SE.	Desmantelamiento de infraestructura eléctrica de la central y las SE.	Desarmado de estructuras y demolición de micropilotes a nivel de terreno.	Demolición de obra civil y limpieza del sitio.	Restauración del sitio de proyecto.					
Suelo	Calidad del suelo			0.35	0.50	0.25	0.29	0.29	0.27	0.25	0.31	0.33	0.27	0.27		0.29	0.25	0.25	0.25	0.83					
	Cantidad de suelo (erosión)			0.53	0.50				0.43	0.59	0.50	0.53	0.43			0.40	0.25	0.25	0.40	0.83					
Agua	Calidad del agua			0.31	0.31	0.25	0.29	0.29	0.27				0.27			0.29	0.25	0.25	0.25	0.83					
	Cantidad de agua			0.50	0.46	0.43	0.43	0.43	0.40	0.59	0.37	0.46	0.46			0.59	0.25	0.25	0.59	0.83					
Aire	Calidad del aire			0.25	0.21	0.21	0.25	0.25	0.23	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25		0.23	0.25	0.25	0.25	0.23					
	Nivel de ruido			0.25	0.21	0.21	0.25	0.25	0.23	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25		0.23	0.25	0.25	0.25	0.23					
Vegetación	Cobertura vegetal		0.49	0.56																0.83					
	Diversidad de especies		0.49	0.43																0.83					
	Modificación del hábitat			0.56			0.54		0.37											0.83					
	Presencia	0.40	0.59	0.40	0.30	0.27	0.37	0.37					0.33							0.83					
Fauna	Desplazamientos					0.38	0.51	0.51	0.37							0.46				0.83					
	Patrones de conducta (colisiones y confusión)												0.43		0.49					0.83					
	Abundancia			0.50																0.83					
	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010		0.59	0.50											0.42					0.83					
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje		0.56	0.53		0.43	0.54	0.51	0.40	0.40		0.46	0.59	0.40			0.80	0.80	0.80	0.83					
	Fragilidad paisajística		0.56	0.53	0.53	0.43	0.54	0.51	0.40	0.40		0.46	0.59	0.40						0.83					
Socioeconómico	Disponibilidad de energía														0.90	0.90									
	Economía local	0.53	0.66	0.63	0.63	0.59	0.63	0.63	0.59	0.63	0.59	0.63	0.70	0.66	0.70	0.70	0.63	0.63	0.63	0.59					

• **Análisis de la significancia de los impactos ambientales del Proyecto.**

A continuación, se presenta el análisis de la significancia obtenida para los impactos ambientales potenciales que se generarán por la ejecución del Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW).

Análisis de la significancia de los impactos del factor Suelo.		
Componente ambiental	Impacto ambiental	Análisis
Calidad del suelo	Modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo.	El impacto al componente ambiental calidad del suelo resultó Poco significativo (PS) en la etapa de Preparación del sitio, debido a que se implementarán medidas de mitigación para reducir la modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo, por ejemplo, programa de manejo de residuos y mantenimiento preventivo para la maquinaria y/o equipos utilizados.



<p>Cantidad de suelo (erosión)</p>	<p>Pérdida de suelo.</p>	<p>En esta misma etapa, el impacto a la cantidad de suelo (erosión) será Significativo (S), debido a la realización de las actividades de cambio de uso de suelo (desmante, despirme, etc.).</p> <p>En la etapa de Construcción el impacto a la calidad del suelo resultó ser No significativo (NS) en algunas actividades y en otras Poco significativo, esto se debe a las medidas que ya se mencionaron. Y el impacto a la cantidad de suelo resultó Poco significativo en la construcción de caminos interiores y en la instalación de infraestructura eléctrica, y Significativo por las actividades de excavaciones y construcción de cimentaciones.</p> <p>En la etapa de Operación y mantenimiento el impacto a la calidad del suelo resulta ser Poco significativo en el mantenimiento que se llevará a cabo para garantizar la óptima operación de la central y las SE.</p> <p>Finalmente, en la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio, el impacto a la calidad del suelo resultó No significativo en las actividades de desmantelamiento de infraestructura, desarmado de estructuras, demolición de obra civil y limpieza del sitio. Y en la restauración del sitio el impacto es Muy significativo (MS), debido a que recuperará sus propiedades fisicoquímicas que tenía previo al proyecto.</p> <p>Derivado de lo anterior, estos impactos son considerados como negativos, de efecto puntual, no acumulativos, ni residuales. Sólo en la restauración del sitio el impacto a la calidad del suelo será positivo y el impacto por la construcción de obras de protección y captación también será positivo para el componente cantidad de suelo.</p>
------------------------------------	--------------------------	--

<b>Análisis de la significancia de los impactos del factor Agua.</b>		
Componente ambiental	Impacto ambiental	Análisis
Calidad del agua	Modificación de sus propiedades fisicoquímicas.	<p>En las actividades de la etapa de Preparación del sitio el impacto a la calidad del agua resultó Poco significativo, debido a que se implementarán medidas de mitigación para evitar la afectación (manejo adecuado de residuos y mantenimiento a la maquinaria y/o equipos). El impacto a la cantidad de agua resultó Significativo, esto se debe al retiro de la vegetación y de la capa superficial del suelo durante el desmonte y despalme.</p> <p>En la etapa de Construcción el impacto a la calidad y cantidad del agua resultó Poco significativo. Sólo en la actividad de construcción de obras de protección y captación, el impacto a la cantidad de agua resultó Significativo, lo cual se debe a que estas obras ayudarán a encausar los escurrimientos en el área del proyecto (en caso de precipitaciones), siendo un impacto positivo.</p>
Cantidad de agua	Probabilidad de que el ecosistema pierda su capacidad de infiltración del agua.	<p>En la Operación y mantenimiento el impacto a la calidad del agua resultó Poco significativo, ya que se implementarán medidas de mitigación.</p> <p>En las actividades de la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio, el impacto a la calidad del agua resultó No significativo, excepto en la restauración del sitio, que resultó Muy significativo, debido a que el sitio se dejará con condiciones similares a las que tenía previo al proyecto. El impacto a la cantidad de agua resultó Significativo, por ser impactos positivos en las actividades de desmantelamiento de infraestructura y demolición de obra civil, y en la restauración del sitio resulta Muy significativo, lo cual se debe a que, al realizar las actividades de restauración, el área del proyecto recuperará su capacidad de infiltración del agua.</p> <p>Estos impactos en la mayoría de las actividades del</p>

		proyecto se consideran negativos, de efecto puntual, no acumulativos, ni residuales.
--	--	--

Análisis de la significancia de los impactos del factor Aire.		
Componente ambiental	Impacto ambiental	Análisis
Calidad del aire	Emisión de gases de combustión y polvos.	Los impactos generados al factor aire en todas las etapas del proyecto resultaron No significativos, y aunque se consideran como negativos, tendrán medidas de mitigación, por ejemplo: se considera mantener húmeda el área de trabajo para evitar que las partículas de polvo se desplacen a otros sitios, asimismo, el transporte de materiales se realizará en camiones cubiertos con lonas.
Nivel de ruido	Emisión de ruido.	<p>Con respecto a las emisiones de gases de combustión y de ruido, durante las etapas del proyecto se deberá realizar mantenimiento preventivo a los vehículos, maquinaria y equipos utilizados en las diferentes actividades, para que tengan un buen funcionamiento y así, evitar y/o reducir las emisiones de gases y ruido. Con la aplicación de esta medida preventiva se pretende cumplir con los límites permisibles que establecen las normas aplicables a estas materias.</p> <p>Asimismo, estos impactos ambientales no son acumulativos ni residuales.</p>

Análisis de la significancia de los impactos del factor Vegetación.		
Componente ambiental	Impacto ambiental	Análisis
Cobertura vegetal	Pérdida de la cobertura vegetal por las actividades del cambio de uso de suelo.	<p>El impacto a la cobertura vegetal por la actividad de rescate de flora en la etapa de Preparación del sitio resultó Poco significativo, esto se debe a que el rescate de flora permitirá que aquellos individuos que sean susceptibles al rescate y trasplante de vegetación ayuden a mejorar la cobertura vegetal del área del proyecto; además es importante mencionar que los individuos vegetales rescatados se llevarán a sitios que cuenten con condiciones similares a las del sitio de donde fueron removidos. Por lo anterior, se conservarán las especies en el SAR, así ambos componentes ambientales tendrán un impacto positivo.</p> <p>Por el desmonte y despalme el impacto a la cobertura vegetal resultó Significativo, debido a que se llevarán a cabo las actividades de cambio de uso de suelo, y el impacto a la diversidad de especies resultó Poco significativo, ambos son considerados como impactos negativos.</p>
Diversidad de especies	Afectación a la distribución de las abundancias de los individuos de diferentes especies.	<p>En la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio los impactos a estos componentes resultaron Muy significativos, lo cual se debe a las actividades de restauración del sitio del proyecto que se realizarán para que éste cuente con condiciones similares a las que tenía previo al desarrollo del proyecto. Una de las actividades a realizar es la reforestación con especies de mezquite y gobernadora.</p> <p>En el área del proyecto el 100 % (813.52 ha) corresponde a Vegetación de Desiertos Arenosos (VD).</p> <p>Las especies que se identificaron en los muestreos de vegetación dentro del área del proyecto son: para el estrato Arbóreo: Prosopis glandulosa (Mezquite</p>

		<p>dulce), y en el estrato Arbustivo se localizaron las especies: Larrea tridentata (Gobernadora), Atriplex canescens (Chamizo) y Ephedra trifurca (Cola de zorra). Este tipo de vegetación cubre el 88.5 % de la superficie del Sistema Ambiental Regional (SAR).</p> <p>Por lo que, la vegetación que se afectará en el área del proyecto se encuentra ampliamente distribuida en el SAR, es decir, no será afectada por el desarrollo del proyecto. Consecuentemente, la vegetación que se retirará del sitio, no se pondrá en riesgo de extinción.</p> <p>Cabe mencionar que, en los muestreos realizados no se encontraron especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p> <p>El impacto a la cobertura vegetal se considera como negativo y significativo por la superficie que se afectará por el cambio de uso de suelo, por otra parte, no es acumulativo, pero si será un impacto residual.</p>
--	--	---

<b>Análisis de la significancia de los impactos del factor Fauna.</b>		
Componente ambiental	Impacto ambiental	Análisis
Modificación del hábitat	Modificación del hábitat de las especies faunísticas.	Por el rescate de fauna el impacto resultó Significativo, debido a que las especies faunísticas (incluidas las de la NOM-059-SERMARNAT-2010) se llevarán a otros sitios del SAR para su conservación, por lo que, estos impactos son considerados como positivos.
Presencia	Afectación a la presencia de especies faunísticas en el área del proyecto o en sus alrededores.	En el desmonte y despalme (actividades de cambio de uso de suelo) los impactos a la modificación del hábitat, abundancia y especies de fauna incluídas las de la NOM-059-SERMARNAT-2010, resultaron Significativos, debido a que se retirará la

		<p>vegetación y la capa superficial del suelo en el área del proyecto, con lo cual se modificarían las áreas de alimentación, refugio, entre otras, para las especies de fauna.</p> <p>Cabe mencionar que antes de las actividades de desmonte y despalme se aplicarán acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de especies que no puedan moverse rápidamente (incluyendo aquellas que se encuentren listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010), ya que éstas son más susceptibles a sufrir daños ocasionados por las actividades que se llevarán a cabo en la ejecución de este proyecto.</p>
Desplazamientos	Dificultad para desplazarse libremente en el área del proyecto o en sus alrededores.	
Patrones de conducta (colisiones y confusión)	Afectación a los patrones de conducta.	
Abundancia	Disminución de su hábitat.	Con la construcción del cerco perimetral de la central y las bardas para las SE, así como por la construcción de obras como cuarto de control, talleres, etc., se afectaría a la capacidad de desplazarse libremente de las especies faunísticas, por lo que, el impacto resultó Significativo.
Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Fragmentación de su hábitat.	<p>Por el montaje de los módulos fotovoltaicos (en la construcción), así como en la operación del proyecto podría haber repercusiones en los patrones de conducta de los individuos de fauna, por ejemplo, algunas aves pueden confundir el reflejo de los paneles solares con cuerpos de agua, lo que podría ocasionar colisiones con éstos. Sin embargo, este efecto ha sido poco estudiado, así como el efecto de creación de flujos de calor, en cuanto a los campos electromagnéticos y sus efectos sobre la fauna deberán ser analizados durante la operación del proyecto. Por lo anterior, el impacto resultó Poco significativo.</p>

		<p>Los impactos a la fauna por la restauración del sitio del proyecto resultaron Muy significativos, debido a que este sitio se dejará con condiciones similares a las que tenía antes del proyecto, lo cual ayudará para que las especies faunísticas retornen al sitio. Estos impactos son considerados como positivos.</p> <p>Por lo anterior, estos impactos son considerados no acumulativos, pero sí son impactos residuales.</p>
--	--	---

<b>Análisis de la significancia de los impactos del factor Paisaje.</b>		
<b>Componente ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Análisis</b>
Calidad intrínseca del paisaje	Transformación de la calidad escénica.	<p>En la actividad de rescate de flora y fauna los impactos a la calidad intrínseca del paisaje y a la fragilidad paisajística son considerados como positivos, debido a que las especies tanto de flora como de fauna se rescatarán y reubicarán en otros sitios del SAR, para su conservación. Por lo anterior, estos impactos resultaron Significativos.</p> <p>Los impactos a la calidad intrínseca del paisaje y a la fragilidad paisajística por el desmonte y despalme (actividades de cambio de uso de suelo), son considerados como negativos, ya que se eliminará la vegetación y la capa superficial del suelo en el área del proyecto.</p> <p>Los impactos generados por el cambio de uso de suelo en el paisaje serán evidentes por la ejecución de las obras de construcción del proyecto. Por lo que, las actividades de la etapa de Construcción generarán impactos a la calidad intrínseca del paisaje y a la fragilidad paisajística, resultando ser Poco significativos, excepto en la construcción del cerco perimetral para la central y bardas perimetrales para las SE, y en el montaje de soportes, estructuras,</p>
Fragilidad paisajística	Transformación del paisaje.	<p>Los impactos generados por el cambio de uso de suelo en el paisaje serán evidentes por la ejecución de las obras de construcción del proyecto. Por lo que, las actividades de la etapa de Construcción generarán impactos a la calidad intrínseca del paisaje y a la fragilidad paisajística, resultando ser Poco significativos, excepto en la construcción del cerco perimetral para la central y bardas perimetrales para las SE, y en el montaje de soportes, estructuras,</p>

		<p>módulos fotovoltaicos e infraestructura para las SE, que resultaron Significativos.</p> <p>En las actividades de la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio, los impactos a estos componentes ambientales resultaron Muy significativos, debido a que se desmantelará la infraestructura del proyecto, y se realizarán actividades de restauración del sitio, para que cuente con condiciones similares a las que tenía previo al desarrollo del proyecto.</p> <p>Considerando lo anterior, este impacto ambiental se califica como negativo en la etapa de Construcción, y Muy significativo en la etapa de Desmantelamiento y abandono del sitio, debido al impacto visual que provocarán las actividades de restauración del sitio del proyecto.</p> <p>Este impacto es no acumulativo, pero sí residual.</p>
--	--	--

<b>Análisis de la significancia de los impactos del factor Socioeconómico.</b>		
<b>Componente ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Análisis</b>
Disponibilidad de energía eléctrica	Abastecimiento de energía eléctrica en la región.	Estos impactos son considerados positivos en todas las etapas del proyecto, esto se debe a los beneficios que habrá en la región por el abastecimiento de energía eléctrica; con lo cual se garantizará la adecuada prestación del servicio eléctrico, el que resulta esencial para los servicios urbanos de alumbrado, saneamiento, salud, cultura, recreación, turismo, así como, para las actividades agropecuarias e industriales.
Economía local	Derrama económica en la región.	<p>Por otra parte, se tendrá una derrama económica por los insumos, servicios y mano de obra que se requerirán durante el desarrollo del proyecto.</p> <p>Asimismo, el abastecimiento de energía eléctrica se considera como impacto Muy significativo, el cual se presenta únicamente en la etapa de Operación y mantenimiento, la derrama económica que se</p>



		<p>presentará en todas las etapas del proyecto, resultó ser impacto Significativo.</p> <p>Como ya se mencionó, estos impactos son positivos, no acumulativos, ni residuales.</p>
--	--	--

Es necesario destacar que, por la actividad de restauración del sitio del proyecto, que se llevará a cabo una vez que se desmantele y retire la infraestructura del sitio donde se desarrollará el proyecto, se cuente con la capacidad para la restitución de vegetación, retorno de especies faunísticas, incluyendo las especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Finalmente, en todas las etapas del proyecto se generarán residuos sólidos urbanos (plástico, metal, orgánicos, sanitarios, etc.), residuos de manejo especial (pedacería de madera, cartón, cables, entre otros, así como baterías de litio exclusivamente en la etapa de operación y mantenimiento) y residuos peligrosos (estopas impregnadas de aceite y/o grasa, etc.), éstos deberán ser manejados adecuadamente como lo establece la normatividad aplicable en esta materia. Particularmente, en la etapa de Operación y mantenimiento se generará una cantidad menor de residuos, en comparación con los generados en las otras etapas.

#### V.4. Impactos residuales

Durante la ejecución del Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300) MW, se implementarán medidas de prevención, mitigación y/o compensación, para evitar y/o reducir el efecto de los impactos ambientales ocasionados por las obras y actividades del proyecto. Sin embargo, existen impactos que sus efectos seguirán persistiendo, aunque se apliquen las medidas necesarias, estos impactos son conocidos como impactos ambientales residuales. Por lo tanto, por el desarrollo del proyecto se identificaron los impactos residuales presentados en la **Tabla V.12.**

Tabla V.12. Impactos residuales.		
Factor	Componente	Impacto
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de la cobertura vegetal por las actividades del cambio de uso de suelo.
Fauna	Modificación del hábitat	Modificación del hábitat de las especies faunísticas.
	Desplazamientos	Dificultad para desplazarse libremente en el área del proyecto o en sus alrededores.

Tabla V.12. Impactos residuales.		
Factor	Componente	Impacto
	Abundancia	Disminución de su hábitat.
	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Fragmentación de su hábitat.
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Transformación de la calidad escénica.

Para determinar la valoración de la significancia de los impactos ambientales residuales, se utilizó la misma metodología descrita en el Apartado V.3 de este Capítulo. Por lo que, en la **Tabla V.13** se presenta la evaluación de la significancia de estos impactos.

Tabla V.13. Matriz para determinar la significancia de los impactos ambientales residuales generados por el Proyecto CFV Puerto Peñasco 420 MW.														
FACTOR	COMPONENTE	ETAPA DEL PROYECTO	MAGNITUD (M)	EXTENSIÓN (E)	DURACIÓN (D)	ÍNDICE BÁSICO (MED)	SINERGIA (S)	ACUMULACIÓN (A)	CONTROVERSIA (C)	ÍNDICE COMPLEMENTARIO (SAC)	SIGNIFICANCIA PARCIAL (I)	MITIGACIÓN (T)	SIGNIFICANCIA FINAL (S)	
Vegetación	Cobertura vegetal	Preparación del sitio	8	5	8	0.778	1	1	3	0.185	0.815	1	0.72	
		Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87
Fauna	Modificación del hábitat	Preparación del sitio	8	7	6	0.778	1	1	3	0.185	0.815	3	0.54	
		Construcción	8	7	5	0.741	1	1	3	0.185	0.783	3	0.52	
	Desplazamientos	Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87
		Construcción	8	6	5	0.704	1	1	3	0.185	0.751	1	0.67	
	Abundancia	Operación y mantenimiento	8	5	9	0.815	1	1	3	0.185	0.846	1	0.75	
		Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87
		Preparación del sitio	7	6	8	0.778	1	1	3	0.185	0.815	3	0.54	
		Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87
	Especies de fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Preparación del sitio	8	6	4	0.667	1	1	3	0.185	0.719	3	0.48	
		Operación y mantenimiento	7	5	8	0.741	1	1	3	0.185	0.783	3	0.52	
	Calidad intrínseca del paisaje	Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87
		Preparación del sitio	7	5	9	0.778	1	1	3	0.185	0.815	1	0.72	
Paisaje	Calidad intrínseca del paisaje	Construcción	7	5	9	0.778	1	1	3	0.185	0.815	1	0.72	
		Desmantelamiento abandono del sitio	y	8	6	9	0.852	1	1	1	0.111	0.867	0	0.87

**Nota:** Las Tablas V.4, V.5, V.10, V.11 y V.13 se encuentran en Excel en el **Anexo V.1**.

Tomando en cuenta que la vegetación es uno de los principales agentes dinámicos de los cuáles depende el grado de estabilidad de un sitio, por lo que, el impacto residual es el que se encuentra directa o indirectamente relacionado con las actividades de cambio de uso de suelo, es decir, las que proceden de la pérdida de la cobertura vegetal a causa del desmonte y despilme, estas actividades se realizarán en la etapa de preparación del sitio. Aunque, en la etapa del proyecto antes mencionada, se llevará a cabo el rescate y reubicación de las especies de vegetación como Mezquite. Sin embargo, el efecto por el retiro de la vegetación en el área del proyecto podría permanecer hasta que se realicen las actividades de restauración del sitio.

Otro de los impactos residuales identificados, es la modificación del hábitat de las especies faunísticas, incluyendo las especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. En este caso, también se rescatarán y reubicarán las especies de fauna que se encuentren en el área del proyecto, con el fin de llevarlas a otros sitios del SAR, el cual cuenta con las condiciones ambientales necesarias para su sobrevivencia.

Los individuos de fauna no podrán desplazarse libremente en el área del proyecto o en sus alrededores, una vez que se construyan las obras provisionales, así como el cerco perimetral, bardas perimetrales, talleres, almacenes, etc., las cuales serán obras permanentes hasta que termine la vida útil del proyecto. Por otra parte, aunque las especies de fauna serán rescatadas y reubicadas en otros sitios del SAR, su hábitat podría verse disminuido.

El último impacto residual considerado por la ejecución de este proyecto es la transformación de la calidad escénica del paisaje, debido a que la calidad intrínseca del paisaje será afectada desde la etapa de preparación del sitio; por las actividades de cambio de uso de suelo, continuando con la construcción del proyecto, y la operación de la central fotovoltaica y las SE; la cual será durante 30 años. Como medida de mitigación para este impacto, se llevará a cabo la reforestación en varios sitios del SAR. Además, al finalizar la vida útil del proyecto, la infraestructura será desmantelada y retirada del sitio, para posteriormente realizar la restauración del sitio en donde se ubicará el proyecto, sin embargo, el efecto de la modificación del paisaje podría ser positivo o negativo, dependiendo de quién observe el sitio.

Es importante mencionar que se observa que en general, los efectos residuales que se prevén por la ejecución del Proyecto tienen una significancia de Poco significativa a Significativa, sin embargo, también se observa que los efectos Muy significativos corresponden a aquellos en que se realizarán las actividades de restauración de las condiciones ambientales en el sitio del Proyecto una vez que se haya concluido la vida útil de éste.

## **V.5. Impactos acumulativos**

Por el desarrollo de este Proyecto en cuestión, no resultarán impactos acumulativos, debido a que en el área del SAR no existen otros proyectos o actividades que pudieran tener impactos similares y que, juntos con este proyecto, tendrían impactos ambientales acumulativos.

## V.6. Conclusiones

Por el desarrollo del “Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)”, se identificaron 162 interacciones entre los componentes ambientales y las obras y/o actividades de este proyecto.

De acuerdo con los resultados de la valoración de la significancia de los impactos ambientales identificados, en la etapa de Preparación del sitio (en total 33); se obtuvieron cuatro impactos No significativos (NS), 11 Poco significativos (PS), y 18 impactos Significativos (S), estos últimos se deben a las actividades de cambio de uso de suelo que se llevarán a cabo, es decir, por el retiro de vegetación, modificación de la estructura del suelo, modificación de hábitats de las especies faunísticas y modificación del paisaje.

En la etapa de Construcción (en total 81); se resultaron 19 impactos No significativos, 40 Poco significativos, y 22 Significativos. Los impactos significativos tienen incidencia en el factor Fauna, Paisaje y Socioeconómico, por la modificación de hábitats de las especies de fauna; incluyendo las especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, y por la modificación del paisaje durante las actividades constructivas y por la mano de obra, insumos, servicios requeridos para el proyecto.

Por las actividades de la etapa de Operación y mantenimiento (en total 10); se estimaron dos impactos No significativos, cinco Poco significativos, uno Significativo y dos Muy significativos (MS). El impacto significativo resultó por la economía local, debido a la mano obra que se requerirá durante el mantenimiento de la infraestructura de la central fotovoltaica y de las SE, además, se requerirán insumos, servicios, etc., y los impactos muy significativos resultaron en el factor socioeconómico, debido a la disponibilidad de energía eléctrica en la región, por lo tanto, este impacto es considerado como positivo.

En la última etapa del proyecto (en total 38); se estimaron 14 impactos No significativos, dos Poco significativos, seis Significativos y 16 Muy significativos. Lo anterior, se debe a que en esta etapa se llevará a cabo la restauración del suelo, por lo que, se consideran como impactos positivos la restitución de la vegetación, el retorno de especies faunísticas, la posible capacidad de infiltración del agua en caso de que existan precipitaciones en la región.

Por otra parte, aunque se implementarán medidas de prevención, mitigación y/o compensación, por la ejecución de este proyecto se identificaron los siguientes impactos ambientales residuales: pérdida de la cobertura vegetal por las actividades del cambio de uso de suelo, modificación del hábitat de las especies faunísticas (considerando las especies con algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010), dificultad

para desplazarse libremente en el área del proyecto o en sus alrededores, disminución de su hábitat, fragmentación de su hábitat y la transformación de la calidad escénica del paisaje.

## VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y SOCIAL QUE MOTIVE LA AUTORIZACIÓN EXCEPCIONAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO.

El presente capítulo toma importancia en materia de cambio de uso de suelo, ya que, en este, se busca demostrar la excepcionalidad del CUSTF por las obras a construir con el Proyecto. Se desahogarán los preceptos normativos de excepción que señala el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, donde se demostrará, que los preceptos no son comprometidos con el CUSTF que causará este Proyecto.

La justificación técnica para cada uno de los criterios de excepcionalidad se desarrolla tomando en cuenta el contexto Sistema Ambiental Regional (SAR), bajo la consideración de que las microcuencas quedan abarcadas completamente por el SAR, tal como se explicó dentro del apartado Caracterización y Análisis del Sistema Ambiental Regional, en el Capítulo IV. Lo anterior, en apego a la definición de Cuenca Hidrológica – Forestal de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Capítulo I, Art. 7, Fracción XVI, (**Figura VI.1**).

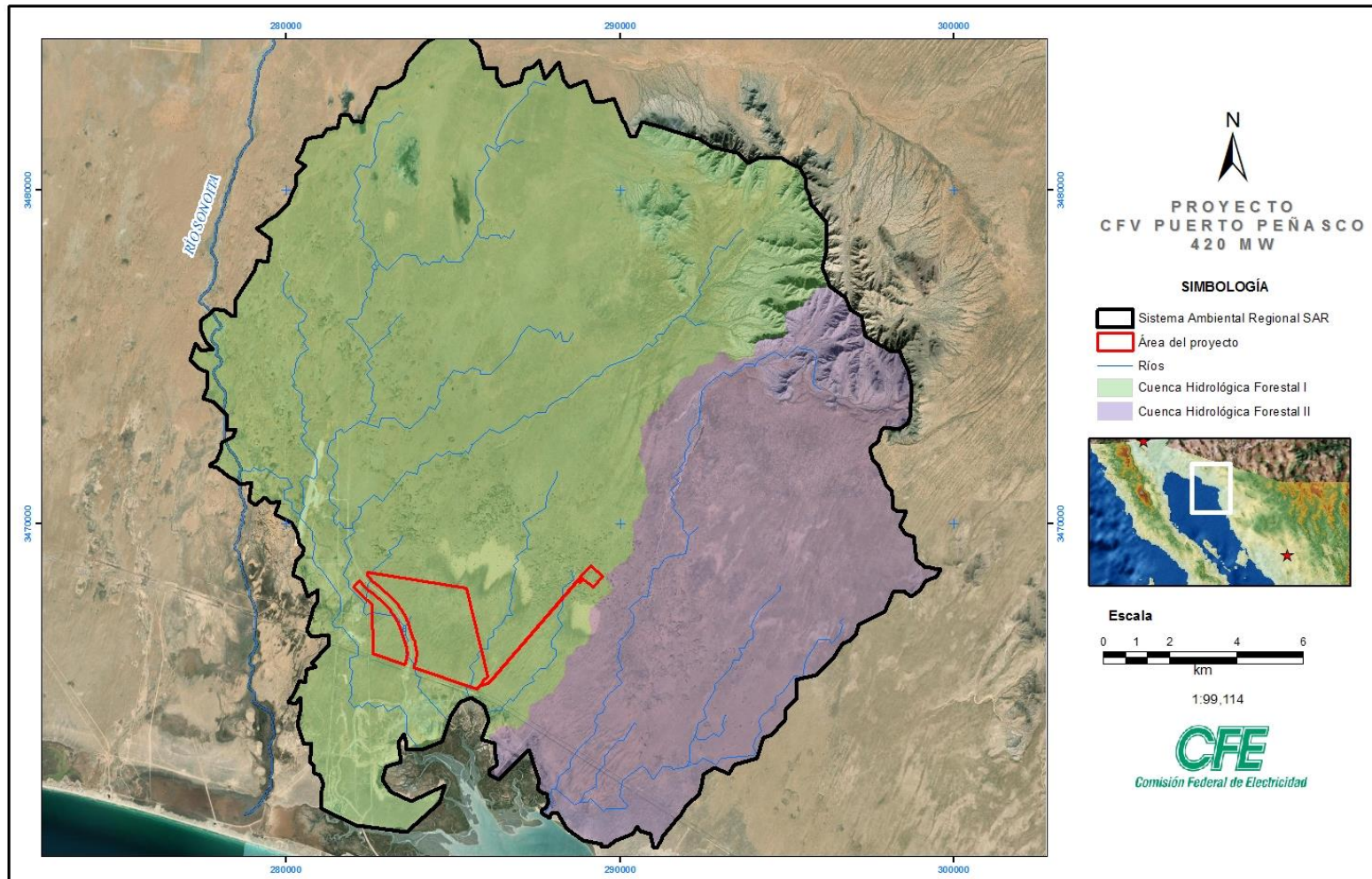


Figura VI.1. Sistema Ambiental Regional y Microcuenca hidrológico – forestal.

## VI.1. Justificación técnica.

Apoyado en su política energética, México actualmente está impulsando el aprovechamiento de sus abundantes recursos renovables en la generación de energía eléctrica, mediante la configuración de esquemas legales y mecanismos regulatorios, que permitan contribuir al compromiso mundial del cuidado del medio ambiente.

La producción de energía eléctrica en México, considerando la generación neta de la CFE y de los diferentes permisionarios, durante 2019 fue de 317,820 GWh, de los cuales 74,573 GWh es de Energía Limpia (23.46%), proveniente de generación: Eoloeléctrica, Solar fotovoltaica, Bioenergía, Cogeneración Eficiente (se considera 100% como Energía Limpia), Geotermoeléctrica, Hidroeléctrica y Nucleoeléctrica.

Mientras que la producción de energía eléctrica al 2020 fue 312,347 GWh, con 86,988 GWh de Energía Limpia (27.85%), considera el 100% de la cogeneración eficiente como Energía Limpia como se venía considerando en los anteriores Programas de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional de 2015-2029 a 2020-2034.<sup>1</sup>

Ante esta situación la CFE ha decidido continuar con el desarrollo de proyectos de energía renovable que aprovechen la energía solar en un sitio con alta insolación. El Proyecto que motiva este Documento Técnico Unificado (DTU) es la **Central Fotovoltaica Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW)**, en el Estado de Sonora. La cual tendrá una capacidad suficiente para entregar **420 MW** de energía instantánea en Corriente Alterna (CA), con una generación anual estimada **total de por lo menos 1,195 GWh, considerando dos Etapas, una de 120 MW y otra de 300 MW**. Este proyecto se instalará en terrenos propiedad de la CFE

Con la implementación de este proyecto, se estima que se dejarán de emitir aproximadamente 1,148,206 toneladas de CO<sub>2</sub> por año ya que la energía generada utiliza el recurso solar como combustible primario, que convierte a energía mediante celdas fotovoltaicas y en este proceso no genera gases de efecto invernadero durante su operación.

Desde el punto de vista ambiental, se prevé que el proyecto no pondrá en riesgo los servicios ambientales que proporciona el ecosistema del Desierto Sonorense, específicamente la Vegetación de Desiertos Arenosos que resultará impactada con el cambio de uso de suelo, y que los impactos ambientales derivados de su construcción son mitigables y/o compensables, tal y como quedó en evidencia y sustentado en los capítulos anteriores de este DTU, considerando lo siguiente:

---

<sup>1</sup> PRODESEN 2021-2035



## **VI.2. Biodiversidad.**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define la Biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (LGEEPA, 2015<sup>2</sup>).

Para argumentar que con la construcción del Proyecto no se compromete la biodiversidad expresada en la permanencia de las especies de flora y fauna que forman parte de la Vegetación de Desiertos Arenosos, se realiza un análisis entre los resultados de los indicadores biológicos producto de los muestreos realizados en la microcuenca (SAR) y dentro del Área sujeta al cambio de uso del suelo.

### **VI.2.1. Parámetros comparativos que guardan la comunidad vegetativa en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR.**

Se estableció que en la microcuenca (SAR) con una superficie de 35,507.75 ha, existen cinco coberturas que incluyen algunos tipos de vegetación, las cuales corresponden a: 1) Matorral Sarcocaula (8.27%) 2) Matorral Desértico Micrófilo (0.66%) 3) Vegetación de Desiertos Arenosos (88.52%) 4) Vegetación Halófilo-hidrófila (1.55%) y 5) Sin vegetación aparente (1.0%). Para la identificación, clasificación y descripción de estas se utilizó la Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación INEGI, Serie VI Escala 1:250 000 (INEGI, 2017).

---

<sup>2</sup> Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 2015. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. DOF 09-01-2015. 128 p.

**Tabla VI.1.** Tipos de vegetación y coberturas con la superficie que ocupan en el SAR.

Tipos de vegetación y coberturas, con la superficie que ocupan en la microcuenca Sierra Pinta.			
Cobertura o Tipo de Vegetación		Superficie ha	%
1	Vegetacion sarcocuale	2,935.63	8.27
2	Matorral desértico microfilo	232.60	0.66
3	Vegetación desiertos arenosos	31,432.60	88.52
4	Haofila hidrofila	551.61	1.55
5	Sin vegetación aparente	355.31	1.00
<b>Total</b>		<b>35,507.75</b>	<b>100</b>

Mientras que, en el Área del Proyecto únicamente presenta vegetación de desiertos arenosos de acuerdo con la Serie VI: con una superficie de 813.52 ha.

**Tabla VI.2.** Tipos de vegetación y coberturas con la superficie que ocupan en el AP.

Tipos de vegetación y coberturas, con la superficie que ocupa el AP.			
Tipo de Vegetacion		Superficie ha	Porcentaje
1	Vegetación desiertos arenosos (VD)	813.52	100.0
<b>Total</b>		<b>813.52</b>	<b>100</b>

De la información anterior, se observa que la superficie forestal sujeta al cambio de uso de suelo por motivo del proyecto representa el 2.29% del área total de la Microcuenca, así como el 2.58% de la superficie con Vegetación de Desiertos Arenosos de la Microcuenca. Por lo que no se considera que con el desarrollo del proyecto se afecte la composición, estructura y permanencia de la vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca/SAR.

### VI.2.2. Análisis de la riqueza específica.

Para contar con una idea cuantitativa sobre la riqueza específica y abundancia presente en el área del proyecto, en la vegetación de desiertos arenosos de la microcuenca (SAR), y en la microcuenca Sierra Pinta, se preparó la siguiente tabla comparativa.

**Tabla VI.3. Listado florístico por estrato en el SAR.**

Listado florístico derivado de los muestreos de vegetación realizados en la Microcuenca Sierra Pinta				
Estrato Arbóreo		No. de individuos por ha		
Especie	Nombre común	Área del proyecto	Veg. Des. Arenosos	Microcuenca
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	2	2	3
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Palo Fierro	---	1	1
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst.	Palo Verde	---	1	1
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Pino Salado	---	1	1
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tlegh.) I.M. Johnst.	Ocotillo	---	1	4
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Torote Colorado	---	1	4
<i>Bursera hindsiana</i> (Benth.) Engl.	Torote Prieto	---	---	1
	<b>No. de individuos</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>15</b>
	<b>No. de especies</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Estrato Arbustivo		No. de individuos por ha		
Especie	Nombre común	Área del proyecto	Veg. Des. Arenosos	Microcuenca
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Chamizo	265	216	195
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Gobernadora	209	156	166
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Frutilla	---	31	28
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Cola de Zorra	22	8	7
<i>Asclepias subulata</i>	Candelilla Bronca	---	14	23
<i>Jatropha cuneata</i> Wiggins & Rollins	Matacora	---	---	5
<i>Encelia farinosa</i> Torr & A. Gray	Incienso	---	11	16
<i>Peucephyllum shottii</i>	Cedro Pigmeno	---	---	3
	<b>No. de individuos</b>	<b>496</b>	<b>436</b>	<b>443</b>
	<b>No. de especies</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

Estrato Herbáceo		No. de individuos por ha		
Especie	Nombre común	Área del proyecto	Veg. Des. Arenosos	Microcuenca
<i>Euphorbia pediculifera</i> Engelm.	Lentejilla	---	82	73
<i>Plantago Ovata</i>	Llantán	---	22	64
	<b>No. de individuos</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>137</b>
	<b>No. de especies</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Estrato Suculentas		No. de individuos por ha		
Especie	Nombre común	Área del proyecto	Veg. Des. Arenosos	Microcuenca
<i>Cylindropuntia cholla</i> (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in Backeb.	Cholla	---	1	1
<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	Cholla Guera	---	1	1
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	Saguaro	---	1	1
<i>Carnegiea gigantea</i>	Biznagueta	---	1	1
<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandegees	Pitaya dulce	---	0	1
	<b>No. de individuos</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>No. de especies</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Conforme a la información de la tabla anterior, decimos que en **Vegetación de Desiertos Arenosos de la microcuenca (SAR)** se presenta una mayor riqueza específica con un total de **18 especies y una densidad de 552 individuos por ha** que comprenden los cuatro estratos (Arbóreo, Arbustivo, Herbáceo y Suculentas). Mientras que, en **el Área del Proyecto (Ap)**, se identificaron **cinco especies con 498 individuos por ha**. Esto demuestra que la riqueza de especies y la densidad de individuos es menor en el área del Proyecto comparada con la existente en la Vegetación desértico arenosa de la Microcuenca, que es el tipo de vegetación que se va afectar con el desarrollo del proyecto, y aun menor que la que se presenta en la microcuenca/SAR, lo que nos indica que fuera del polígono del proyecto la vegetación se mantiene mejor conservada. **Es importante mencionar que todas las especies registradas en el área de proyecto están representadas en la Vegetación de Desiertos arenosos y también en la microcuenca (SAR).**

**VI.2.3. A continuación, se realiza el análisis comparativo del Índice de Valor de Importancia entre los Sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos del SAR y el Área del Proyecto.**

Si comparamos los resultados del análisis del IVI para los sitios de muestreo en el Área del Proyecto (AP) contra los sitios de muestreo realizados en el SAR dentro del polígono con Vegetación de Desiertos Arenosos (VDA). Podemos observar que, tanto la riqueza de especies y la abundancia de individuos por ha dentro del AP es menor respecto a la VDA. **En el AP se identificaron un total de tres especies englobando los cuatro estratos analizados con una densidad promedio de 498 individuos por ha. Mientras que, en los sitios con VDA del SAR se determinaron 18 especies con 511 individuos promedio por ha.** Es importante señalar que tanto en el AP como en los sitios de VDA, el estrato con más especies fue el Arbustivo, seguido del arbóreo, suculentas y finalmente el menos diverso y abundante es el herbáceo. Otra cosa que debemos resaltar es que la totalidad de las especies identificadas en el AP se encuentran ampliamente distribuidas en la VDA. Si analizamos estrato por estrato, en la VDA existen en promedio más especies e individuos por ha respecto del AP.

El estrato Arbustivo al ser el más representativo en este ecosistema, nos indica que los recursos ambientales no son suficientes para el establecimiento y permanencia de las especies arbóreas. Por lo que, son solamente suficientes para el establecimiento de especies de porte intermedio características del estrato arbustivo. Estas especies, se encuentran perfectamente adaptadas anatómicamente y fisiológicamente a las condiciones ambientales extremas, existentes en el ecosistema del Desierto Sonorense. Es importante resaltar la baja presencia de individuos en el estrato de las herbáceas, puede deberse a la escasa y errática precipitación que se presenta en la región, aunado con una intensa radiación solar y altas temperaturas, no permiten el establecimiento de las especies arbóreas.

Tabla VI.4. Cálculo IVI para el AP y los sitios con vegetación de desiertos arenosos del SAR.

Calculo del IVI para el Área del Proyecto y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el (SAR).					
Estrato Arbóreo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	2	270	2	104.9
<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Palo Fierro	---	---	1	25.3
<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M.	Palo Verde	---	30	1	21.4
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Pino Salado	---	---	1	63
<i>Fouquieria diguetii</i> (Tleg.) I.M. Johnst.	Ocotillo	---	---	1	52.5
<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	Torote Colorado	---	---	1	33
<b>No. de individuos</b>		<b>2</b>	<b>300</b>	<b>7</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>1</b>		<b>6</b>	

Estrato Arbustivo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Chamizo	265	158	216	148.1
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Covill	Gobernadora	209	127	156	107.4
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Frutilla	---	---	31	21.1
<i>Ephedra trifurca</i> Torr. ex S.Wats.	Cola de Zorra	22	15	8	5.6
<i>Asclepias subulata</i>	Candelilla Bronca	---	---	14	9.8
<i>Encelia farinosa</i> Torr & A. Gray	Incienso	---	---	11	7.7
<b>No. de individuos</b>		<b>496</b>	<b>300</b>	<b>436</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>3</b>		<b>6</b>	

Estrato Herbáceo		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Euphorbia pediculifera</i> Engelm.	Lentejilla	---	---	82	235.4
<i>Plantago Ovata</i>	Llantán	---	---	22	64.6
<b>No. de individuos</b>		<b>0</b>		<b>104</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>0</b>		<b>2</b>	

Estrato Suculentas		Área del proyecto		Veg. Des. Arenosos Microcuena	
Especie	Nombre común	No. de individuos por ha	IVI %	No. de individuos por ha	IVI %
<i>Cylindropuntia cholla</i> (F.A.C.Weber) F.M.Knuth in	Cholla	---	---	1	80.8
<i>Cylindropuntia bigelovii</i>	Cholla Guera	---	---	1	80.8
<i>Carnegiea gigantea</i>	Saguaro	---	---	1	73.1
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	Pitaya dulce	---	---	1	65.4
<b>No. de individuos</b>		<b>0</b>		<b>4</b>	<b>300</b>
<b>No. de especies</b>		<b>0</b>		<b>4</b>	

<b>No. de individuos Total</b>		<b>498</b>		<b>551</b>	
<b>No. de especies Total</b>		<b>4</b>		<b>18</b>	

En seguida, se realiza el análisis comparativo de los parámetros de biodiversidad obtenidos para los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos y los sitios de muestreo en el Área del Proyecto.

#### **VI.2.4. Análisis de biodiversidad para Vegetación de Desiertos Arenosos (muestreos de la microcuena) con el área del proyecto.**

La diversidad es un interesante parámetro del conjunto del ecosistema, expresa el número de especies y abundancia relativa de las mismas en una comunidad. Se pueden distinguir comunidades de baja diversidad como los médanos, charcos efímeros y comunidad es de alta diversidad, como las selvas tropicales y los arrecifes de coral.

Cuando todos los individuos pertenecen a la misma especie, el índice es cero, significa que la diversidad es nula. Por lo contrario, altos valores del índice corresponden a una gran diversidad específica en la comunidad, cuando ocurren condiciones favorables del medio que permite la instalación de numerosas especies, como ocurre en el caso de una selva clímax. Bajos valores de índice implican condiciones desfavorables, con pocas especies adaptadas a esas situaciones extremas, que sería el caso de las comunidades halófilas.

Así se puede decir que:

- La diversidad es baja en comunidades transitorias, muy explotadas o bajo condiciones ambientales precarias y muy fluctuantes.
- La diversidad aumenta al pasar un ecosistema de condiciones rigurosas o extremas a condiciones óptimas.
- La diversidad aumenta desde regiones templadas a tropicales y desde colinas arenosas a bosques.

El Índice de diversidad se calcula a través de expresiones matemáticas que relacionan el número de especies de una comunidad y los valores de importancia tales como número, biomasa, productividad, etc., de los individuos, A continuación, se desarrolla un análisis entre los puntos de muestreo con tipo de vegetación de desiertos arenosos identificados en la microcuena y los resultados obtenidos para el área del proyecto que presenta este mismo tipo de vegetación, y quesaría la vegetación afectada con la instalación del proyecto.

**Tabla VI.5.** Índices de diversidad flora en el AP y SAR.

Índices de diversidad de especies de flora por estrato en el Área del Proyecto							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos arenosos	4	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Arbustivo		496	3	0.8373	0.5361	0.7621	0.3222
Herbáceo		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suculentas		0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Índices de diversidad para vegetación de Desiertos Arenosos de la Microcuenca/SAR							
Estrato	Tipo de Cobertura	Número de individuos	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon- Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Arbóreo	Vegetación de desiertos Arenosos	7	6	1.7492	0.9472	0.9763	2.5177
Arbustivo		437	6	1.1824	0.6213	0.6599	0.8225
Herbáceo		104	2	0.5160	0.3368	0.7444	0.2153
Suculentas		4	4	1.3863	1.0000	1.0000	2.1640

Empezaremos por analizar la riqueza para el estrato arbóreo de los muestreos de la microcuenca con tipo de vegetación desértico arenosa, el cual presenta seis especies con siete individuos por hectárea, este estrato en cuestión de riqueza específica presenta más especies que el estrato arbóreo del área del proyecto. En general este análisis presenta mejores condiciones que el que se tiene para el área del proyecto en los cuatro estratos ya que tenemos un total de 18 especies con 552 individuos estimados por hectárea mientras que en el predio del proyecto se registraron solo cuatro especies con 500 individuos, enseguida se desarrollara un análisis por cada estrato.

Para el **estrato arbóreo** el índice de **Shannon-Wiener** presenta los valores de 1.7492 y de 0.0000 respectivamente, considerando que este índice presenta valores que van de 0.5 a 5 donde los valores menores a dos se consideran bajos en biodiversidad, se puede concluir que el área del proyecto presenta una menor biodiversidad por presentar aun el valor más bajo, en

los muestreos de campo esta condición pudo ser observada, al ver las pocas comunidades vegetativas en el área.

El índice **de Simpson** presenta los valores de 0.9472 para el análisis del tipo de vegetación desiertos arenosos de la microcuenca y de 0.0000, que de acuerdo con los muestreos de este estrato la especie de *Prosopis glandulosa* es ampliamente dominante en la vegetación de desiertos arenosos como en el área del proyecto, y como en el análisis solo se registró una especie el resultado para este estrato es de 0.0000 para el área del proyecto.

Enseguida tenemos los valores para el índice de equitatividad **de Pielou**, este índice presenta rangos que van de cero a uno, y en nuestro análisis tenemos 0.9763 para el análisis de vegetación de desiertos arenosos y 0.0000 para el área del proyecto, lo que nos dice que las especies registradas en la vegetación de desiertos arenosos son igual de abundantes entre sí, y representan mejor abundancia que los resultados en el área del proyecto. Por último, los valores de 2.5477 y 0.0000 para el índice **de Margalef** nos indican que en la vegetación de desiertos arenosos de la microcuenca se registraron un número mayor de especies, por ende, mejores condiciones.

Para el **estrato arbustivo** los valores del índice de **Shannon – Wiener** son de 1.1824 para la vegetación de desiertos arenosos y 0.8373 para el área del proyecto, ambos valores son menores a dos por lo que se identifica que en ambas áreas existe una baja biodiversidad, aún más baja en el área del proyecto ya que nos va el valor más cercano a cero. El siguiente índice en interpretar es el índice de Simpson el cual nos da los resultados siguientes 0.6213 y 0.5361, lo que nos dice que el valor de 0.6213 correspondiente a la vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca representa, mayor probabilidad de dominancia de una especie en este caso se puede identificar que *Larrea tridentata* es la especie con mayor dominancia. El **índice de Pielou** que mide la diversidad observada entre la diversidad esperada nos da como resultado que en el área de estudio con vegetación de desiertos arenosos en la microcuenca con valor de 0.6599 es menor que el valor que nos da para el área de proyecto que es de 0.7621. Por último tenemos los valores de 0.8225 y 0.3222 para el índice **de Margalef**, que al presentar mejores valores igual que los índices anteriores hace que el análisis de desiertos arenosos de la microcuenca presente mejores condiciones de biodiversidad.

En el **estrato herbáceo** es importante mencionar que dentro del análisis para la vegetación de desiertos arenosos se registran solo dos especies mientras para el área del proyecto no se registró ninguna especie, razón por la cual no se puede hacer un análisis comparativo de valores, ya que el valor de los índices es de 0.0000 en el área del proyecto. En particular para las especies que conforman este estrato presentan muchas dificultades para desarrollarse debido a las características antes mencionadas en este tipo de ecosistemas.



Por ultimo tenemos el **estrato de suculentas** donde se repite la misma situación que en el estrato de herbáceas en el análisis de vegetación de desiertos arenosos se registraron cuatro especies con cuatro individuos dando como resultados los valores de 1.3863 para el índice de **Shannon-Wiener**, Para los índices de **Simpson y de Pielou** al registrar cuatro especies con cuatro individuos el valor para estos índices es de 1.0000, por último, el **índice de Margalef** tiene un valor de 2.1640. Por otro lado, en el área del proyecto es no se registró ninguna especie para este estrato.

#### VI.2.5. Conclusión.

Por lo anterior, se infiere que la diversidad actual la comunidad que integra la Vegetación de Desiertos Arenosos de la microcuenca no se pondrá en riesgo al realizar el cambio de uso de suelo para el desarrollo del proyecto, ya que la comunidad vegetativa identificada fuera del área del proyecto es más diversa y abundante, además de que la totalidad de las especies registradas dentro del polígono del área del proyecto se distribuyen ampliamente en el SAR.

#### VI.2.6. Parámetros comparativos que guardan la comunidad faunística en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR.

##### Análisis de la riqueza específica.

**Tabla VI.6.** Riqueza de especies y abundancia por grupo faunístico en el AP y con vegetación de desiertos arenosos.

Riqueza de especies y su abundancia por grupo Faunístico en el Área del Proyecto			
Grupo faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos en 100 ha	Riqueza específica
Aves	Vegetación de desiertos Arenosos	161	8
Mamíferos		194	8
Reptiles		1144	12
Anfibios		0	0
Riqueza de especies y su abundancia por grupo Faunístico en los sitios de VDA.			
Grupo faunístico	Tipo de Vegetación	Número de individuos en 100 ha	Riqueza específica
Aves	Vegetación de desiertos Arenosos	967	56
Mamíferos		255	18
Reptiles		827	16
Anfibios		1	1

Basados en este análisis podemos destacar que existe mayor abundancia de individuos y especies en los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos en el SAR comparado con los resultados arrojados para el Área del Proyecto, es importante mencionar que todas las especies registradas en el área del proyecto se encuentran representadas en la vegetación de desiertos arenosos a analizar.

La riqueza específica **de Aves** en el Área del Proyecto contrasta con la riqueza específica que presenta el área correspondiente a Vegetación de Desiertos Arenosos esto se aprecia comparando ambos grupos donde el grupo faunístico de Aves en Vegetación de Desiertos Arenosos presenta 48 especies más que las correspondientes para el Área del Proyecto.

Para el grupo **de mamíferos** se tienen registradas en la vegetación de desiertos arenosos a 18 especies con 255 individuos, este estrato nuevamente presenta mayor riqueza en la vegetación de desiertos arenosos que en el área del proyecto ya que aquí solo se registraron ocho especies con 194 individuos por cada 100 hectáreas.

Para el grupo **de reptiles** nuevamente la vegetación de desiertos arenosos presenta mayor riqueza al registrar 18 especies mientras que en el área del proyecto se registraron 12 especies aquí es importante mencionar dos cosas, la primera que en el área del proyecto se registran solo 12 especies, pero con el número de individuos por cada 100 hectáreas es de 1,144 y 827 respectivamente, y en segundo término que todas las especies registradas en el área del proyecto están presentes también en la vegetación de desiertos arenosos, por tanto el área del proyecto aunque tenga mayor número de individuos no posee mayor diversidad.

Por último el grupo de **los anfibios** solo se registró una especie con un individuo en los sitios con vegetación de desiertos arenosos, su presencia se asocia a los causes de agua intermitentes que se generan con las escasas lluvias.

A continuación, se presenta el análisis comparativo entre los índices de diversidad de aves para el área del proyecto y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos

**Tabla VI.7.** Comparativo entre los índices de diversidad para aves en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos.

Grupo faunístico	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J'')
Aves área del proyecto	161	8	1.6078	0.7323	0.7732	0.6213
Aves vegetación desiertos arenosos	967	56	3.0857	0.9237	0.7666	5.5458

El índice de **Shannon-Wiener** para el grupo de **las aves** nos da un valor de 3.0857 para los sitios con vegetación de desiertos arenosos de la microcuenca y de 1.6078 para el AP, como sabemos el rango de valores de este índice va de 0 a 5, donde los valores superiores a tres son considerados altos en diversidad de especies, lo que nos indica que hay mayor diversidad de especies para este grupo en la vegetación de desiertos arenosos.

Índice **de Simpson** también conocido como índice de dominancia nos da como resultado 0.7323 y 0.9237, donde se puede interpretar que en la vegetación de desiertos arenosos existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie en este caso se identifica que es las especies *Callipepla gambelii* y *Pelecanus erythrorhynchos* tienen a dominar por el número de individuos registrados, situación que no se presenta en el área del proyecto al tener un valor más cercano a cero nos indica que el número de individuos se distribuye mejor entre las ocho especies registradas en el área del proyecto.

En seguida tenemos los resultados para el índice **de Pielou** que son de 0.7732 y 0.7666, como es conocido es un índice de dominancia donde estos resultados están más cerca de la unidad, por lo que se puede interpretar que en ambos sitios que la mayoría de las especies comparten abundancias similares, por último tenemos el **índice de Margalef** que nos dice que valores por debajo de dos, suelen ser ecosistemas antropizados como es el resultado para el área del proyecto que es de 0.6213, mientras que resultados mayores a cinco como el de 5.5458 que presenta la vegetación con desiertos arenosos nos indican mucha biodiversidad.

Los resultados para el grupo de mamíferos son los siguientes:

**Tabla VI.8.** Comparativo entre los índices de diversidad para mamíferos en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos.

Grupo faunístico	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Mamíferos área del proyecto	194	8	1.6168	0.7352	0.7775	1.3282
Mamíferos vegetación desiertos arenosos	255	18	2.3933	0.8889	0.8280	3.0689

El índice **de Shannon-Wiener** para este grupo nos da un valor de 1.6168 y de 2.3933 respectivamente, como sabemos el rango de valores de este índice va de 0 a 5, donde los valores inferiores a dos son considerados bajos en diversidad de especies, lo que nos indica que hay mayor diversidad de especies para este grupo y con el análisis de este índice se encuentra en la vegetación de desiertos arenosos.

Índice **de Simpson** nos da un resultado 0.7352 y 0.8889, donde nuevamente se puede interpretar que en la vegetación de desiertos arenosos existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie para este grupo, este caso se puede identificar que 16 de las 18 especies comparten más o menos la abundancia. Mientras que en el área del proyecto los 194 individuos están mejor distribuidos entre las ocho especies.

Para el índice **de Pielou** los resultados fueron de 0.7775 y 0.8280 respectivamente, donde el 0.8280 que corresponde a la vegetación de desiertos arenosos es el valor más cercano a uno, y que nos indica que existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población, por último tenemos el **índice de Margalef** que nos dice que valores por debajo de dos suelen ser ecosistemas antropizados como es el resultado para el área del proyecto que es de 1.3282, mientras que el resultado para la vegetación de desiertos arenosos es de 3.0689 interpretando que se registraron más especies en esta área por ende mejor diversidad.

Los resultados para el grupo de reptiles son los siguientes:

**Tabla VI.9.** Comparativo entre los índices de diversidad para reptiles en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos.

Grupo faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Reptiles en el área del proyecto	Vegetación	1144	12	1.1629	0.5166	0.4680	1.5619
Reptiles vegetación de desiertos arenosos	de desiertos	827	16	1.5477	0.6376	0.5582	2.2328

El índice de **Shannon-Wiener** para el grupo de Reptiles tanto en el Área del Proyecto como para la Vegetación de Desiertos arenosos con valores de 1.1629 y 1.5477 respectivamente, los cuales son valores bajos puesto que para este índice presenta rangos que van de 0 a 5 por lo tanto sí los valores se acercan más a 0 nos da como resultado una baja diversidad.

El índice **de Simpson** tiene rangos que van de 0 a 1 y para este grupo los valores fueron similares, en el Área del Proyecto fue de 0.5166 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 0.6376, valores que nos indican una diversidad media para este grupo.

El índice de equitatividad **de Pielou** tiene rangos que van de 0 a 1 mientras más se acerca a 1 más igualdad hay en las abundancias, los valores fueron similares, en el Área del Proyecto fue de 0.4680 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 0.5582, valores que nos indican que no todas las especies son igualmente abundantes.

El índice **de Margalef** tiene rangos que van de 0 a 5 en los que los valores mientras más se acerquen a 5 quiere decir que hay una mayor diversidad, los valores en el Área del Proyecto fue de 1.5619 y en Vegetación de Desiertos Arenosos fue de 2.2328, lo que nos indica una diversidad baja sin embargo existe una diferencia notable en estas dos áreas donde podemos apreciar que para este grupo en la Vegetación de Desiertos Arenosos existe una mayor diversidad comparada con la presente en el Área del Proyecto.

Los resultados para el grupo de anfibios son los siguientes:

**Tabla VI.10.** Comparativo entre los índices de diversidad para anfibios en el AP y los sitios con Vegetación de Desiertos Arenosos.

Grupo faunístico	Tipo de Cobertura	Número de individuos / ha	Riqueza específica	Índice de Diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de Diversidad Simpson (S')	Índice de Equitatividad de Pielou (J')	Índice de Margalef (J')
Anfibios en el área del proyecto	Vegetación de desiertos Arenosos	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Anfibios vegetación de desiertos arenosos		1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Los resultados para el grupo faunístico de Anfibios marcan cero para todos los índices (Shannon-Wiener (H'), Simpson (S'), Pielou (J'), Margalef (J')) por lo tanto no son concluyentes. La única diferencia es que en la Vegetación de Desiertos Arenosos existe una especie y un individuo a diferencia del Área del Proyecto donde no se registró nada.

### VI.2.7. Conclusión.

Una vez comparados estos índices se puede concluir que la biodiversidad actual en el área del proyecto es baja, además de que las especies de fauna registradas en el área del proyecto están identificadas en el SAR, por lo que no se compromete la permanencia de estas especies en el ecosistema con las actividades de cambio de uso de suelo, sin embargo, se tiene claro la importancia de ellas, por lo que se proponen medidas de ahuyentamiento y rescate, con el fin de mitigar cualquier impacto. Por otro lado, se expone que el área del proyecto no presenta cualidades estéticas únicas o excepcionales propias de un ecosistema prístino, para las especies faunísticas que fueron reportadas en el SAR.

### VI.3. Análisis de susceptibilidad de Erosión.

#### VI.3.1. Erosión Hídrica.

Derivado de las estimaciones realizadas en el capítulo IV se presenta en la siguiente tabla, la estimación de incrementos entre escenarios relacionados al CUSTF motivo del presente Proyecto, dichos incrementos reflejan el impacto esperado en la erosión del suelo, derivado de la construcción del Proyecto (Escenario dos E2), así como el escenario tres (E3) donde el impacto esperado se reduce, bien por las medidas descritas en el capítulo VII, o por la naturaleza del Proyecto.

Los valores muestran que una vez realizado el CUSTF, sin aplicar ninguna medida de prevención o mitigación (E2) las pérdidas de suelo esperadas son superiores a las que prevalecen actualmente sin Proyecto, las pérdidas atribuibles al Proyecto son equivalentes a

1.20 t/ha/año, dicha erosión a nivel Proyecto representa un incremento del 77.92%; al comparar la afectación con la pérdida total de suelo en todo el SAR ésta representa tan solo el 0.0034%.

Considerando que durante la etapa de preparación y construcción se aplicarán riegos y tratamientos físico-mecánicos para estabilizar el suelo, en el tercer escenario el grado de afectación es de 0 toneladas, esto quiere decir que la erosión hídrica podrá restablecerse a condiciones naturales.

**Tabla VI.11.** Incremento en la erosión hídrica para el segundo y tercer escenario respecto a la condición original.

Incremento en la erosión hídrica para el segundo y tercer escenario respecto a la condición original.					
Superficie AP 813.522 ha			Superficie SAR 35507 ha		
Erosion actual AP t/ha/año	Erosion CUSTF AP t/ha/año	Incremento t/ha/año	Erosion actual SAR t/ha/año	Erosion actual VDA SAR t/ha/año	Incremento t/ha/año
0.34	1.54	1.20	1.12	1.12	0.08

El desmonte sobre toda la superficie del Proyecto representa un impacto negativo sobre el recurso suelo al incrementar durante el CUSTF la pérdida de suelo por 1.20 t año, esta cantidad representa el 0.0034% respecto a toda la erosión acumulada en el SAR y resulta insignificante considerando que anualmente existe un riesgo potencial por la pérdida de 1.12 t año, además dicho impacto será temporal ya que una vez iniciada la etapa de operación el suelo habrá recibido tratamientos buscando estabilizar el suelo evitando así la susceptibilidad que este tiene ante la pérdida de suelo por escurrimientos.

Considerando las medidas incluidas en el capítulo VII en lo referente a evitar la erosión, y contaminación del suelo por el manejo inadecuado de residuos peligrosos estableciendo programas de manejo de acuerdo a la normatividad vigente en materia ambiental.

Por lo anterior se concluye que la construcción del Proyecto, si bien presenta un efecto negativo sobre el incremento en la pérdida natural del suelo, este carece de la magnitud suficiente para poner en riesgo el balance ecológico del Sistema Ambiental Regional, por lo tanto, se cumple con el criterio de excepcionalidad.

### VI.3.2. Erosión Eólica.

Retomando los cálculos realizados en el capítulo IV se presentan los valores en la siguiente tabla, los cuales indican el incremento considerando el impacto generado por la construcción del Proyecto (escenario dos E2), así como el escenario tres E3 donde además del impacto se

consideran las medidas descritas en el capítulo VII y la misma naturaleza del Proyecto, que en ocasiones influye de manera positiva sobre el control de erosión. Por lo tanto, una vez iniciado el CUSTF se espera un aumento de la erosión eólica equivalente a 37.87 t/ha/año, este incremento a nivel Proyecto representa un porcentaje del 62.50%, respecto a la erosión acumulada en todo el SAR tan solo representa el 0.11%. En el tercer escenario E3 no se presenta afectación dado que durante la etapa de operación el suelo habrá recibido una serie de tratamientos orientados a estabilizar el suelo, por lo tanto, se reduce la susceptibilidad de que el suelo se pierda por el efecto del viento.

**Tabla VI.12.** Incremento en la erosión eólica sobre el escenario dos y tres respecto a la condición actual.

Incremento en la erosión eólica para el segundo y tercer escenario respecto a la condición original.					
Superficie AP 813.522 ha			Superficie SAR 35507 ha		
Erosión actual AP t/ha/año	Erosión CUSTF AP t/ha/año	Incremento t/ha/año	Erosión actual SAR t/ha/año	Erosión actual VDA SAR t/ha/año	Incremento t/ha/año
22.72	60.59	37.87	22.72	22.72	15.15

Es un hecho que la construcción del Proyecto representa un impacto negativo sobre el recurso suelo al incrementar la pérdida de este por la acción del viento, durante el CUSTF dicho incremento corresponde a 18,483.22 t año, esta cantidad tan solo representa el 0.11% respecto a todo el SAR y resulta insignificante considerando que anualmente existe una erosión potencial por el efecto del viento de 806,719.04 t año, además dicho impacto es temporal, pues durante la etapa de construcción el suelo será modificado al recibir tratamientos para su estabilización, hecho que afectará de manera positiva al reducir la susceptibilidad que este presenta ante la pérdida de suelo por el viento.

Aunado a lo anterior en el capítulo VII se propusieron medidas preventivas orientadas a evitar la erosión y la contaminación del suelo por manejo inadecuado de residuos peligrosos estableciendo programas de manejo de acuerdo a la normatividad vigente en materia ambiental.

Por lo anterior se concluye que la construcción del Proyecto, si bien representa un efecto negativo sobre el incremento en la pérdida natural del suelo, éste carece de la magnitud necesaria que pudiera poner en peligro el equilibrio ecológico del SAR, además la misma naturaleza del Proyecto representa un efecto positivo, pues una vez finalizado el suelo habrá recibido tratamientos inhibiendo la erosión, por lo tanto, se afirma que se cumple con el criterio de excepcionalidad.



#### **VI.4. Capacidad de captación de agua.**

De acuerdo con estos cálculos se determinó que actualmente en el área del proyecto se infiltran 371.71 m<sup>3</sup> de agua de lluvia por ha por año. Mientras que, con la pérdida de la vegetación al construir el proyecto, el cálculo estimado de la infiltración será de 348.48 m<sup>3</sup> ha/año; es decir, una reducción total de 23.23 m<sup>3</sup> ha/año. Si multiplicamos este dato por la superficie total del Área del Proyecto 813.52 ha, obtenemos una reducción total en la infiltración de 18,898.06 m<sup>3</sup> ha/año.

**Desarrollo de la metodología para estimar la infiltración de agua en el Área del Proyecto CUSTF**

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \quad \text{Ecuación (1)}$$

**Donde:**

C = Coeficiente de infiltración.  
K<sub>p</sub> = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.  
K<sub>v</sub> = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.  
K<sub>fc</sub> = Fracción que infiltra por textura de suelo.

**Los valores de las variables para el cálculo del coeficiente de infiltración**

Valores K en función del tipo y uso de suelo		
<b>Valores para la variable K<sub>fc</sub> Fracción que infiltra por textura del suelo</b>		
0.1	Arcilla compacta impermeable	
0.2	Combinación de limo y arcilla	
0.4	<b>Suelo limo arenoso no muy compacto</b>	
<b>Valores para la variable K<sub>p</sub> Fracción que infiltra por efecto de pendiente</b>		
<b>K<sub>p</sub></b>	<b>Pendiente</b>	<b>Tipo de pendiente</b>
0.3	0.02% a 0.06%	Muy plana
0.2	0.3% a 0.4%	Plana
0.15	1% a 2%	Algo plana
0.1	2% a 7%	Promedio
0.06	> 7%	Fuerte
<b>Valores de la variable K<sub>v</sub> Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal</b>		
0.05	<b>Sin Cobertura Vegetal</b>	
0.09	<b>Cobertura con zacate o herbáceas (menos de 50%)</b>	
0.1	Terrenos cultivados	
0.18	Cobertura con pastizal o herbáceas (de 50 a 75%)	
0.2	Bosque	
0.21	Cobertura con zacate o herbáceas (más del 75%)	

Para determinar el agua que potencialmente se infiltra se ha formulado la siguiente expresión:

$$I = (1 - K_i) * CP$$

\* El follaje intercepta generalmente el 12% de la lluvia anual (Butler, 1957)

Por lo tanto, nos queda:

$$I = (0.88) * CP \quad \text{Ecuación (2)}$$

**Donde:**

C = Coeficiente de infiltración.  
I = Infiltración.  
K<sub>i</sub> = 0.12, fracción interceptada por el follaje.  
P = Precipitación (media anual).

Utilizando las ecuaciones anteriores y asignando los valores acorde a las condiciones de las áreas sujetas a CUSTF (8,135,200 m<sup>2</sup>). Se obtienen los siguientes resultados:

Infiltración potencial actual sin proyecto, en condiciones actuales								
K <sub>p</sub>	K <sub>v</sub>	K <sub>fc</sub>	C	P (mm)	I (mm)	Superficie m <sup>2</sup>	Infiltración (m <sup>3</sup> ) / área del proyecto	Infiltración m <sup>3</sup> /ha
0.15	0.09	0.40	0.64	66	37.17	8,135,200	302,395.15	371.71

Infiltración potencial sin vegetación, durante las actividades de CUSTF								
K <sub>p</sub>	K <sub>v</sub>	K <sub>fc</sub>	C	P (mm)	I (mm)	Superficie m <sup>2</sup>	Infiltración (m <sup>3</sup> ) / área del proyecto	Infiltración m <sup>3</sup> /ha
0.15	0.05	0.40	0.60	66	34.85	8,135,200	283,495.45	348.48

Se observa que con la construcción de las diferentes obras y/o actividades que involucran la construcción de la CFV Puerto Peñasco 1000 MW, se presentará una disminución en la infiltración anual por hectarea: -23.23 m<sup>3</sup>

Schonsky, G. & Losilla, M., 2000: Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. - Rev. Geol. Amér. Central, 23: 43-55.  
Butler, S., 1957: Engineering Hydrology. - 356 págs. Prentice Hall Inc. EE.UU

#### **VI.4.1. Cálculo de infiltración en el área propuesta para realizar la reforestación con vegetación de desiertos arenosos.**

Para compensar la cantidad de agua que se dejará de infiltrar con el CUSTF, se calcula la infiltración actual en el SAR es de **371.71 m<sup>3</sup>/ha/año**, mientras que en un sitio ya reforestado con similares características (Vegetación de desiertos arenosos) se alcanzaría una infiltración de **423.98 m<sup>3</sup>/ha/año**, aumentando en **52.27 m<sup>3</sup>/ha año**

Con estos valores, **regresamos al dato calculado anteriormente de la infiltración total que se dejaría de captar en toda el Área del proyecto de 4,263.16 m<sup>3</sup>, dividido entre los 52.27 m<sup>3</sup>/ha año. El resultado es que al reforestar 81.56 ha se estará recuperando el agua que se dejará de infiltrar con el CUSTF.**

#### **VI.4.2. La calidad del agua.**

Deberá presentar el análisis de la posible afectación a la calidad del agua por las actividades de cambio de uso de suelo.

De acuerdo con las características climáticas de la región, en el Área del proyecto se localiza en una región desértica con una precipitación promedio anual de 66 mm distribuidos principalmente entre los meses de septiembre a marzo, aunado con las características edáficas limitan la presencia de cuerpos de agua en la microcuenca de igual manera no se identificaron cuerpos de agua permanentes en el Área del proyecto que pudieran ser afectados. El Proyecto es atravesado por una corriente intermitente, el cual no será afectado ya que se respetará su trazo natural, quedando excluido el 100% de su superficie, esto permitirá la circulación de agua y del suelo que arrastra de manera natural durante las lluvias fuertes que se presenten. Además, el periodo para realizar la remoción de la vegetación forestal será de seis meses, preferentemente se realizará en los meses de abril a agosto, ya que en este periodo la precipitación mensual histórica menor a 10 mm. El cálculo de la erosión estimada en el Área del Proyecto una vez que se retire la vegetación es de: erosión hídrica 1.72 t/ha año y una erosión eólica de 60.59 t/ha año sumando un total de 62.318 t/ha año.

Para prevenir algún tipo de contaminación producto de la maquinaria y equipo se le solicita al contratista que, de manera previa al inicio de los trabajos una constancia del último mantenimiento preventivo que le dio a los motores de combustión interna de los equipos que utilizará en la obra, así como de la maquinaria y vehículos de transporte que utilizará durante la ejecución de la obra contratada. Lo cual, se complementa con una verificación física de las condiciones físicas y mecánicas por parte del Supervisión de Seguridad Industrial, lo anterior con la finalidad de evitar el derrame de residuos líquidos contaminantes como aceites, grasas, solventes y diésel, entre otros generados durante la obra, y que puedan afectar el suelo o

cuerpos subterráneos de agua.

En la tabla siguiente se presentan los factores que están relacionados con la calidad del agua en función de la cubierta forestal.

<b>Tabla VI.13. Calidad del agua en función del cambio de uso de suelo en terrenos forestales.</b>		
<b>Factor</b>	<b>Afectación</b>	<b>Causas</b>
Lluvia ácida	No significativa	El parque vehicular que se utilice durante los trabajos de CUSTF, se mantendrá en buenas condiciones de mecánicas mediante verificaciones de emisiones de contaminantes, para que éstas no rebasen los límites
Contaminación por agroquímicos	Ninguna	Para remover la vegetación no se aplicarán químicos antes ni después de las actividades de cambio de uso de suelo.
Arrastre de sedimentos por deslaves y erosión	Poco probable	Se espera que no se presentes estas situaciones, ya que al remover la cubierta vegetal en el predio sujeto a CUSTF se implementarán acciones inmediatas para proteger al suelo, como cubrir inmediatamente con una capa de tezontle, picar y esparcir los residuos vegetales producto del desmonte. Además de que estas actividades se
Contaminación por residuos sólidos	Ninguna	Durante las actividades de CUSTF se realizará la separación de los residuos sólidos generados con forme Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011.
Contaminación por residuos sanitarios	Ninguna	El proyecto contempla la colocación de sanitarios portátiles en los diferentes frentes de trabajo, lo que asegurará un manejo y disposición adecuada de estos residuos.
Contaminación por residuos peligrosos (grasas)	Ninguna	El proyecto considera la identificación, colecta almacenamiento temporal y disposición de estos y otros residuos catalogados como peligrosos por la normatividad

Dado que no existen cuerpos de agua permanentes cercanos al proyecto, se descarta, por lo tanto, comprometer este servicio ambiental dentro del predio sujeto a CUSTF, además que no se emplearán sustancias químicas tóxicas durante las actividades de CUSTF que comprometan las características físicas, químicas o biológicas del agua que pudiera llegarse a precipitar. Por lo anterior se garantiza que durante las actividades de CUSTF no se pondrá en algún riesgo la calidad de agua, además que por las condiciones que presenta la zona no se identificó ningún cuerpo o cause permanente de agua cercano al proyecto, es importante

mencionar que estas actividades se realizarán en los meses de abril a agosto donde históricamente se presentan las precipitaciones más bajas en la microcuenca de acuerdo con los registros de la estación meteorológica más cercana.

## **VI.5. Evaluación económica.**

### **VI.5.1. Descripción del proyecto.**

El Proyecto de Inversión denominado Central Fotovoltaica Puerto Peñasco tiene como objetivo la instalación de una central fotovoltaica con una capacidad de 1,000 MW<sub>CA</sub> en 2,000 hectáreas de terreno ubicadas en el km 24 de la carretera Puerto Peñasco - Caborca, en el municipio de Puerto Peñasco, estado de Sonora.

La central estará integrada por módulos fotovoltaicos de silicio cristalino que convierten la irradiación solar en electricidad. Se plantea el desarrollo del proyecto en 3 fases, la Fase I dividida en dos etapas, una de 120 MW que aportará energía al Sistema Interconectado Nacional, Región Noreste, y otra de 300 MW para su conexión al Sistema Baja California.

La Fase II consiste en la instalación de 300 MW y la Fase III planea la puesta en operación de 280 MW, ambas fases despejarán la energía al Sistema Baja California.

La estructura de negocio propuesta considera el financiamiento del Proyecto a través de un Fideicomiso Privado. La comercialización de energía y productos asociados generados por la central se llevará a cabo en el Mercado Eléctrico Mayorista mediante operaciones gestionadas por la Empresa Productiva Subsidiaria CFE Generación III. En cuanto a los resultados de la evaluación que se incluyen en este apartado, debe considerarse que estos se determinan analizando el proyecto global con capacidad de 1,000 MW, conforme a lo señalado en la normativa de la CFE que para el caso aplica.

### **VI.5.2. Inversión requerida.**

La inversión total del proyecto se estima en 1,644.00 millones de dólares; 34,455.02 millones de pesos, el 70.04% de este monto se destina a la puesta en operación de la central fotovoltaica y el 29.96% restante al costo asociado a la red de transmisión asociada.

El costo de inversión asociado a la central fotovoltaica se estima en 1,151.39 millones de dólares; 24,331.67 millones de pesos<sup>3</sup>. La distribución de los recursos para cada una de las

---

<sup>3</sup> Tipo de cambio peso/dólar de 20.00 para los años 2022 y 2024, 21.70 para el año 2026 y 22.21 para el año 2028 considerado en el Modelo financiero enviado por la Dirección Corporativa de Planeación Estratégica.

Fases del proyecto se incluye en seguida, observando que el 67.67% de la inversión corresponde a suministro de equipos principales.

La siguiente tabla muestra el desglose de la inversión para la Fase I (120 MW) al Sistema Interconectado Nacional, Región Noroeste, con fecha de entrada en operación diciembre del 2022.

<b>Tabla VI.14. Desglose de la inversión para la Fase I (120 MW) al Sistema Interconectado Nacional, Región Noroeste.</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase I 120 MW al SIN</b>		<b>%</b>
	<b>MDD</b>	<b>MDP</b>	
1. Equipos principales	92.39	1,847.81	67.67
2. Inversores	10.47	209.43	7.67
3. Costos de importación	10.35	207.06	7.58
4. Preparación de sitio e infraestructura civil	3.10	62.09	2.27
5. Costos de instalación	2.30	46.05	1.68
6. Obra mecánica	13.70	274.05	10.03
7. Obra eléctrica	4.23	84.64	3.10
<b>Inversión Total</b>	<b>136.54</b>	<b>2,731.13</b>	<b>100.00</b>

La siguiente tabla muestra el desglose de la inversión para la Fase I (300 MW) al Sistema Eléctrico Baja California, con inicio de operaciones en julio del 2024.

<b>Tabla VI.15. Desglose de la inversión para la Fase I (300 MW) al Sistema eléctrico, B.C.</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase I 300 MW al BCA</b>		<b>%</b>
	<b>MDD</b>	<b>MDP</b>	
1. Equipos principales	233.76	4,675.13	67.66
2. Inversores	26.49	529.88	7.67
3. Costos de importación	26.19	523.89	7.58
4. Preparación de sitio e infraestructura civil	7.85	157.09	2.27
5. Costos de instalación	5.83	116.51	1.69
6. Obra mecánica	34.67	693.37	10.03
7. Obra eléctrica	10.71	214.14	3.10

**Tabla VI.15.** Desglose de la inversión para la Fase I (300 MW) al Sistema eléctrico, B.C.

Concepto	Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase I 300 MW al BCA		%
	MDD	MDP	
Inversión Total	345.50	6,910.01	100.00

La siguiente tabla muestra el desglose de la inversión para la Fase II (300 MW) al Sistema Eléctrico Baja California, con inicio de operaciones en abril del 2026.

**Tabla VI.16.** Desglose de la inversión para la Fase II (300 MW) al Sistema eléctrico, B.C.

Concepto	Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase II 300 MW al BCA		%
	MDD	MDP	
1. Equipos principales	234.25	5,083.31	67.66
2. Inversores	26.55	576.14	7.67
3. Costos de importación	26.25	569.63	7.58
4. Preparación de sitio e infraestructura civil	7.87	170.80	2.27
5. Costos de instalación	5.84	126.69	1.69
6. Obra mecánica	34.74	753.90	10.03
7. Obra eléctrica	10.73	232.83	3.10
Inversión Total	346.23	7,513.30	100.00

La siguiente tabla muestra el desglose de la inversión para la Fase III (280 MW) al Sistema Eléctrico Baja California, con fecha de entrada en operación en abril del 2028.

**Tabla VI.17.** Desglose de la inversión para la Fase III (280 MW) al Sistema eléctrico, B.C.

Concepto	Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase III 280 MW al BCA		%
	MDD	MDP	
1. Equipos principales	218.61	4,855.93	67.66
2. Inversores	24.78	550.37	7.67
3. Costos de importación	24.50	544.15	7.58

**Tabla VI.17.** Desglose de la inversión para la Fase III (280 MW) al Sistema eléctrico, B.C.

Concepto	Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco Fase III 280 MW al BCA		%
	MDD	MDP	
4. Preparación de sitio e infraestructura civil	7.35	163.16	2.27
5. Costos de instalación	5.45	121.02	1.69
6. Obra mecánica	32.42	720.18	10.03
7. Obra eléctrica	10.01	222.42	3.10
Inversión Total	323.12	7,177.23	100.00

El monto de inversión del proyecto estimado en 1,151.39 millones de dólares, 24,331.67 millones de pesos, se desglosa por Fase en la siguiente tabla.

**Tabla VI.18.** Desglose del monto total estimado de inversión.

Concepto	Proyecto de Inversión Integral C.FV. Puerto Peñasco		%
	MDD	MDP	
Inversión Total Fase I – 120 MW FEO 2022	136.54	2,731.13	11.86
Inversión Total Fase I – 300 MW FEO 2024	345.50	6,910.01	30.01
Inversión Total Fase II – 300 MW FEO 2026	346.23	7,513.30	30.07
Inversión Total Fase III – 280 MW FEO 2028	323.12	7,177.23	28.06
Inversión Total	1,151.39	24,331.67	100.00

En cuanto a la red de transmisión se requiere una inversión de 492.60 millones de dólares, 10,123.47 millones de pesos <sup>1/</sup>, destinada a la construcción de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión requeridas para la interconexión del proyecto al Sistema Interconectado Nacional y Sistema Baja California, respectivamente.

### VI.5.3. Financiamiento propuesto.

El financiamiento del proyecto considera deuda bajo líneas de crédito, tal como se indica en seguida.



Primero: el 75% de la inversión se financiará por medio de Agencias de Crédito a la Exportación (ECA, por sus siglas en inglés de Export Credit Agency), empresas aseguradoras creadas para fomentar el comercio internacional mediante préstamos financieros a los exportadores. Las condiciones del crédito se mencionan a continuación.

<b>Tabla VI.19. Condiciones de crédito 75%.</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Condiciones</b>
ECA	EKN (Suecia)
Cobertura ECA	95%
Amortización	Semianual
Monto	Hasta USD [75% de la inversión total]
Periodo de gracia	2 años
Periodo de repago	14 años
Vida media	8.25 años
Moneda	USD
Margen	Libor 6M +0.90%
Comisión Estructuración	[0.40%]
Comisión Compromiso	1/3 Margen bruto sobre saldos no dispuestos
Prima ECA (1)	[7.25-10.33%]
Costo All In (2)	Libor 6M + [1.83 - 2.20%]

Fuente: Dirección Corporativa de Finanzas

Segundo: El 25% restante será financiado mediante bancas de desarrollo con tasas de interés inferiores a las del mercado. Las condiciones del crédito se relacionan en seguida.

<b>Tabla VI.20. Condiciones de crédito 25%.</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Condiciones</b>
Fondeo	Banca Desarrollo/ Agencia Multilateral
Amortización	Semianual
Monto	Hasta USD [25% de la inversión total]
Periodo de gracia	2 años
Periodo de repago	14 años
Vida media	8.25 años
Moneda	USD
Margen	Libor 6M +1.40%
Comisión Estructuración	[0.40%]
Comisión Compromiso	1/3 Margen bruto sobre saldos no dispuestos
Prima ECA (1)	[7.25-10.33%]
Costo All In (2)	Libor 6M + [2.33 - 2.70%]

Fuente: Dirección Corporativa de Finanzas

#### **VI.5.4. Metodología de evaluación.**

Partiendo de la inversión total requerida se integra la evaluación económica del proyecto la cual consiste en comparar el Resultado Neto de Operación con los compromisos de deuda y la inversión presupuestal correspondiente, obteniendo así el Flujo Neto y calculando los indicadores de rentabilidad del proyecto. Cabe mencionar que como parte de la evaluación se incluye el análisis de sensibilidad de las principales variables del proyecto.

##### **VI.5.4.1. Estimación del Resultado Neto de Operación.**

El Resultado Neto de Operación se determina como la diferencia entre los ingresos por la venta de la energía y potencia generados a partir del proyecto y los costos de operación y mantenimiento de la central.

De la evaluación del proyecto se estiman ingresos totales por venta de energía por 72,716.65 millones de pesos e ingresos por venta de potencia por 57,309.45 millones de pesos. Lo

anterior considerando su comercialización en el Mercado Eléctrico Mayorista conforme a lo siguiente.

**Tabla VI.21. Resultado neto de operación desglosado.**

Concepto	Unidad	Valor
Precio nivelado de venta de energía	pesos/MWh	566.73
Precio nivelado de venta de capacidad	pesos /kW-año	4,285.09
Precio nivelado de venta	pesos/MWh	848.83

El costo de operación y mantenimiento del proyecto se determina partiendo de lo señalado en el documento “Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico” (COPAR Generación 2021), con unitarios de 257.74 pesos/kW-año componente fijo y 0.00 pesos/kW-año componente variable.

La evaluación del proyecto considera también, costos variables por transmisión de la energía eléctrica con valores unitarios de 58.00 pesos/MWh para un nivel de tensión mayor o igual a 220 kV y 104.70 pesos/MWh para una tensión menor a 220 kV. <sup>4</sup>

En cuanto a costos variables por operación del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) se parte de la referencia de 3.2864 pesos/MWh conforme a lo señalado en los lineamientos publicados por el CENACE para el periodo que comprende del 1 enero al 31 de diciembre de 2021.

#### **VI.5.4.2. Evaluación económica.**

La evaluación económica del proyecto obtiene indicadores de rentabilidad favorables con un Valor Presente Neto de 7,011.10 millones de pesos, que resulta aceptable al ser igual o mayor a 0.

Dado que el proyecto se financia con 100% deuda no se considera el cálculo de la Tasa Interna de Retorno.

#### **VI.5.4.3. Análisis de sensibilidad.**

Se presentan en seguida los resultados del análisis de sensibilidad ante una variación en el factor de planta, Impuesto Sobre la Renta (ISR), tasa de descuento, utilidad del proyecto y

<sup>4</sup> Tarifa de transmisión del 1º de enero al 31 de diciembre de 2021, publicada por la CFE Transmisión.

precio del nodo, observando en todos los escenarios Valores Presentes Netos aceptables al ser iguales o mayores a 0.

**Tabla VI.22. Resultado del análisis de sensibilidad.**

Variable	Escenario	Sensibilidad (%)	VPN (millones de pesos)	Costo nivelado de venta (Pesos/MWh)
Variación en Cambio Factor de Planta	Bajo	-5	5,759.15	761.59
	Medio	0	7,011.10	726.20
	Alto	5	8,121.43	698.92
Variación en ISR	Bajo	-5	7,050.14	727.80
	Medio	0	7,011.10	726.20
	Alto	5	6,965.71	724.60
Tasa de Descuento	Bajo	-5	8,815.46	699.25
	Medio	0	7,011.10	726.20
	Alto	5	5,164.07	754.19
Variación en la Utilidad del Proyecto	Bajo	-5	6,795.62	730.61
	Medio	0	7,011.10	726.20
	Alto	5	7,226.58	721.79
Variación en el precio del nodo	Bajo	-5	5,859.15	725.20
	Medio	0	7,011.10	726.20
	Alto	5	8,163.05	726.20

## VI.6. Conclusiones.

Con la información analizada en este y otros Capítulos del presente estudio se pueden emitir las siguientes conclusiones:

- Con base en los resultados de los estudios realizados por la CFE en la región noroeste del país existe una gran demanda de energía eléctrica, por lo que surge la necesidad de mejorar el suministro de energía por lo cual se proyecta el desarrollo de este proyecto.
- Ante la situación planteada, el objetivo de la CFE es atender el crecimiento de la demanda que se presenta en la región, principalmente en la ciudad de Puerto Peñasco y en la península de baja california por medio de una línea de transmisión que acompaña este proyecto, mejorando la calidad y disponibilidad del servicio, bajo las condiciones de demanda máxima pronosticadas para los próximos años.

- De no realizarse este proyecto, se tendrán que realizar racionamientos en el suministro de energía en el corto plazo en el área de influencia, tanto en condiciones normales de operación como bajo contingencias. Por otra parte, se tendrá una baja confiabilidad y flexibilidad operativa en la zona, retrasando así el crecimiento en la economía de dicha población.
- Con el proyecto se pretende mejorar el abastecimiento de energía eléctrica, sumamente importante para la región, ya que representa el detonante para el desarrollo de otras actividades paralelas además de las comerciales y domésticas, por lo cual la obra impactará de forma considerable y favorable el entorno económico y social.
- Con la ejecución del proyecto se constituye una oportunidad para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, ya que se generará empleo directo, contribuyendo a su desarrollo social y económico. Por lo que se considera, que, tanto en la dimensión económica como en la social, al ejecutarse el proyecto, se está contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de las localidades cercanas al proyecto, así como en su área de influencia, a las que actualmente se tienen.
- Bajo el contexto analizado, la biodiversidad vegetal no se verá comprometida en la superficie donde se solicita el cambio de uso de suelo con motivo de la ejecución del proyecto, ya que el tipo de vegetación desiertos arenosos identificada en el área del proyecto está ampliamente distribuida en la microcuenca (SAR); adicionalmente, con la implementación del Programa de Rescate y reubicación de Flora Silvestre y con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, se coadyuvará en asegurar la permanencia de la riqueza florística en el ecosistema.
- Con el análisis cuantitativo de la pérdida de suelos, se confirmó que con la ejecución y con la implementación de las obras de conservación propuestas, no se generarán niveles de erosión en una proporción mayor a la que actualmente se presenta el predio sujeto al CUSTF.
- Con la información cuantitativa referente a la capacidad de recuperación de los volúmenes infiltrados con las obras, se tiene que con la ejecución del cambio de uso del suelo y con la implementación de las obras de conservación propuestas, se recuperará un volumen superior al volumen de agua que se dejaría de infiltrar a causa del proyecto, por lo que se recuperaría el volumen de agua que se infiltra actualmente dentro de la microcuenca. En cuanto que con estos ha quedado técnicamente demostrado que, con el desarrollo del proyecto de cambio de uso de suelo en cuestión, no se provocará el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación.

- Al comparar los indicadores financieros de la TIR, VPN y R B/C, en todos ellos, resulta mayor la rentabilidad financiera cuando se ejecuta el proyecto eléctrico propuesto con relación a la rentabilidad de los recursos biológicos y servicios ambientales actuales.
- Finalmente, para determinar si los usos alternativos (la generación de energía de energía eléctrica) son más productivos que usos que actualmente se dan a los recursos, fue necesario comparar los beneficios que se obtienen de ambos mediante una valoración económica y una evaluación financiera a largo plazo. Se consideran dos escenarios a comparar: la productividad actual de los terrenos sujetos al cambio de uso de suelo a largo plazo y la productividad de los mismos terrenos si ostentan un uso infraestructura eléctrica. Con la valoración económica de los costos e ingresos de cada uno de los dos escenarios en el mismo horizonte de tiempo, se obtuvieron los datos necesarios para correr un análisis financiero mediante el cual se obtuvieron los mismos indicadores, los cuales hicieron posible la comparativa para determinar en términos financieros, cuál de los dos escenarios tiene mayor viabilidad y resulta ser más rentable, en términos económicos, se puede hablar del escenario más productivo
- Con los resultados obtenidos, queda evidenciado que el nuevo uso propuesto para los terrenos para los cuales se solicita el CUSTF es más productivo que el que se tiene actualmente, a continuación, se presenta a manera de resumen los principales beneficios del Proyecto.

**Tabla VI.23.** Descripción de los principales beneficios del Proyecto.

Beneficios	Descripción
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) publicó en 1990 su primer reporte en el que confirmó que la amenaza de cambio climático es real, los científicos asocian los fenómenos meteorológicos que se han suscitado en los últimos años, así como el cambio climático en algunas regiones del planeta, con el fenómeno del calentamiento global.</li> <li>• La Ley General de Cambio Climático establecen como meta la reducción de un 50% de emisiones al 2050 con relación con las emitidas en el año 2000. Mientras que el Artículo Tercero Transitorio de esta misma establece el objetivo de lograr por lo menos 35% de generación de energía eléctrica a base de energías limpias para el año 2024.</li> </ul>
Reservas de petróleo y gas natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acuerdo con reportes de PEMEX las reservas probadas de crudo y gas natural son suficientes para mantener la tasa</li> </ul>

**Tabla VI.23.** Descripción de los principales beneficios del Proyecto.

Beneficios	Descripción
	<p>de producción actual durante aproximadamente una década, por lo que la empresa se está preparando para incursionar en el Golfo de México hacia aguas con profundidades mayores a los 500 metros, donde las tareas de extracción serán mucho más costosas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización de cualquier otra fuente de generación alternativa, como la geotermia, la eólica y solar, ayudará a mejorar la administración de los recursos no renovables como hidrocarburos, permitiendo prolongar el periodo de explotación de las reservas.</li> </ul>
Diversificación energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• México es importador de insumos como gas natural, carbón, etc., necesarios para que las centrales eléctricas ubicadas en la frontera con los Estados Unidos operen.</li> <li>• La explotación de las energías renovables contribuye a la autosuficiencia energética del país, pues se trata de un recurso inagotable que puede sustituir grandes volúmenes de energéticos fósiles, diversificando la base energética nacional y disminuyendo el impacto de una eventual restricción en el suministro de algún energético en particular.</li> </ul>
Precios de los energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los grandes conflictos internacionales en la zona norte de África y los países árabes, así como los desastres ocasionados por fenómenos meteorológicos, provocan importantes fluctuaciones en los precios del petróleo y del gas natural.</li> <li>• El gas natural también ha presentado una elevada volatilidad alcanzando precios que llevaron a la Secretaría de Energía (SENER) a establecer montos de referencia fijos para proteger a la industria nacional.</li> <li>• A diferencia de los precios de los energéticos como el petróleo y gas natural, aquellos de las fuentes renovables de energía no están vinculados a razones coyunturales de política internacional, conflictos o fenómenos naturales, por el contrario, ofrecen estabilidad en el largo plazo independientemente de las circunstancias políticas o de las relaciones entre países. Por tanto, las fuentes renovables de</li> </ul>

**Tabla VI.23.** Descripción de los principales beneficios del Proyecto.

Beneficios	Descripción
	energía como energéticos reducen la vulnerabilidad del país ante variaciones en los precios de los hidrocarburos.
Política energética nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aun cuando las secretarías cuentan con libertad de decisión sobre los planes y programas, en conjunto deben cumplir con las siguientes premisas para hacer realidad la Estrategia Nacional de Energía 2013 - 2027:</li> <li>• El sector eléctrico deberá considerar para su expansión proyectos que permitan alcanzar la meta estipulada en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y que aumenten la seguridad del sistema.</li> <li>• Incorporar una metodología que reconozca los riesgos en la seguridad energética por una alta dependencia a un combustible.</li> <li>• La cobertura de electricidad deberá ir a la par del crecimiento demográfico.</li> <li>• Se deberán aprovechar las fuentes energéticas locales para abastecer demanda. (Generación distribuida).</li> </ul>
Desarrollo económico local	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo del proyecto generara fuente de trabajo para las poblaciones cercanas, esto durante la construcción del proyecto una vez realizado el proyecto y durante la operación este fomentara desarrollo económico en la región, principalmente debemos considerar que la ciudad de Puerto Peñasco es un destino turístico importante.</li> </ul>
Reducción de energía no suministrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los proyectos pueden mejorar la confiabilidad de la red y por lo tanto reducir la probabilidad de fallas.</li> <li>• Reducir la necesidad de llevar energía con elevados costos de generación, proveniente de otras regiones.</li> </ul>



## **VII. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

En este capítulo se describen las medidas de prevención, mitigación y/o compensación que se relacionan directamente con los impactos ambientales identificados y evaluados en el capítulo V de este documento y las cuales se aplicarían en las diferentes etapas del proyecto.

En el Reglamento De la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental se definen a las medidas de prevención y mitigación como:

El conjunto de disposiciones y acciones anticipadas que tienen por objeto evitar o reducir los impactos ambientales que pudieran ocurrir en cualquier etapa de desarrollo de una obra o actividad.

Con la finalidad de precisar las acciones de prevención y mitigación propuestas, es conveniente definir y clasificar las medidas de acuerdo con el objetivo y el alcance que se persigue con su aplicación; en este sentido se han clasificado de la siguiente manera:

- **Medidas de prevención:** son aquellas encaminadas a impedir que un impacto ambiental se presente. Entre ellas se encuentran las actividades de mantenimiento, planes y programas de emergencia y algunas otras medidas encaminadas al mismo fin. Se consideran las más importantes porque tienen como finalidad anticiparse a las posibles modificaciones que pudieran registrarse en la realización del proyecto. En éstas se incluyen las consideraciones ambientales aplicadas en el diseño del proyecto, así como en su construcción y operación, a fin de evitar posibles impactos, con la premisa de que siempre es mejor no producir impactos que remediarlos.
- **Medidas de mitigación:** es el conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se produzca con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.
- **Medidas de compensación:** conjunto de acciones para contrarrestar el daño causado por un impacto al ecosistema. Por lo general, los impactos ambientales que requieren compensación son en su gran mayoría irreversibles o residuales. Algunas de las actividades que se incluyen en este tipo de medidas son la repoblación vegetal, la

inversión en obras de beneficio al ambiente y a la sociedad, la reforestación en sitios seleccionados por la autoridad, e incluso pago o indemnizaciones.

- Medidas de restauración. Son aquellas actividades correctivas tendientes para recuperar o rehabilitar e incluso revertir en algunos casos, los daños producidos en el medio físico para volver en la medida de lo posible a la estructura, funciones, diversidad y dinámica del ecosistema original. La restauración intenta devolver un ecosistema a su trayectoria o condición histórica.
- Medidas de remediación. Conjunto de medidas a las que se someten los sitios para eliminar o reducir los contaminantes del suelo para su posterior tratamiento depurador. Estas medidas sólo son aplicables cuando ocurre algún derrame accidental de hidrocarburos (como grasas o aceites) u otro contaminante y requiere su pronta corrección.

De acuerdo con lo establecido en el capítulo V de este documento los impactos residuales que se identificaron para este proyecto son los siguientes:

- La pérdida de la cobertura vegetal en el área del proyecto.
- El Impacto Visual en la calidad del paisaje.
- Afectación a la fauna

Así mismo, en la construcción y operación del proyecto los impactos identificados son los siguientes:

- Pérdida de la cobertura vegetal por el CUSTF
- Impacto a la calidad del paisaje por la construcción del proyecto
- La generación de residuos, con el posible potencial de afectación al suelo por el mal manejo.
- Modificación del hábitat
- Generación de emisiones de polvos y productos de la combustión por uso de maquinaria y equipo, así como el incremento en las emisiones de ruido.

Con base en lo anterior, se proponen las medidas o estrategias para prevenir, mitigar, compensar o remediar los impactos ambientales que generará el proyecto:

### **VII.1. Descripción de la estrategia o sistema de medidas de mitigación.**

Para mitigar los impactos potenciales que pueden presentarse por el desarrollo del Proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW), se han formulado una serie de

medidas preventivas y/o de mitigación, las cuales se presentan agrupadas de acuerdo con la etapa en que se llevarían a cabo.

De esta manera, cada una de las medidas vertidas en el presente apartado tiene como propósito prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales que se presentarían por la ejecución de las diferentes obras y/o actividades inherentes al proyecto.

Para integrar el Programa de Manejo Ambiental se requirió el siguiente procedimiento:

1. Se retomó la información obtenida en el Capítulo V, referente a los impactos significativos identificados durante la evaluación de impactos ambientales.
2. A cada impacto ambiental seleccionado, se le diseñó y propuso por parte de los especialistas, una medida de mitigación, determinando también el tipo de medida aplicar.
3. Así mismo, se precisó, en qué etapa del proyecto se debería implementar dicha medida, con lo cual se establece también la duración de su aplicación.

En las siguientes Tablas se agrupan los impactos identificados y se describen las medidas propuestas para cada una de las etapas del proyecto.

**Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida requerida	Periodicidad / Duración	Indicador del Impacto
<b>FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE</b>				
Modificación de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión a la atmósfera y por la dispersión de partículas de polvo por el movimiento de tierras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La maquinaria, equipo y vehículos empleados en las diferentes etapas del proyecto deberán cumplir con un programa de mantenimiento periódico, y el cual se debe registrar en una bitácora para llevar un mejor control de este.</li> <li>Riegos de agua para evitar la emisión de polvos y/o aplicación de supresores de polvos.</li> <li>Todos los vehículos deberán circular a baja velocidad dentro del área del proyecto (20 km/hr).</li> <li>Uso de lonas en los camiones que transportan materiales.</li> </ul>	Preventiva/mitigación	Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo (Cap. II).	<p>Límites máximos permisibles por arriba de lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NOM-041-SEMARNAT-1999</li> <li>NOM-045-SEMARNAT-1996</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: NIVEL RUIDO</b>				

**Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida requerida	Periodicidad / Duración	Indicador del Impacto
<p>Incremento de nivel sonoro de fondo (ruido) por la operación de maquinaria y equipo, así como parque vehicular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como parque vehicular, observando que cuenten con dispositivos de escape en buen estado.</li> <li>• Se deberá realizar un monitoreo de los niveles de ruido en el perímetro del predio del proyecto, para verificar el cumplimiento de los niveles de ruido establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994.</li> <li>• Establecer velocidades máximas para la circulación de vehículos dentro del predio del proyecto (20 km/hr).</li> <li>• Mantener apagados los motores de combustión interna cuando estos no estén en uso.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Preventiva/mitigación</p>	<p style="text-align: center;">Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo (Cap. II).</p>	<p style="text-align: center;">Niveles superiores a los 65 dB(A) jornada diurna y 68 dB(A) jornada nocturna.</p>
<p><b>FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD DEL SUELO</b></p>				

**Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida requerida	Periodicidad / Duración	Indicador del Impacto
<p>Contaminación de suelos por el manejo inadecuado de los residuos, por derrames accidentales de hidrocarburos por la operación de la maquinaria, vehículos y equipos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación, servicio y mantenimiento de letrinas móviles por medio de una compañía especializada.</li> <li>• Capacitación al personal sobre el manejo adecuado de los Residuos.</li> <li>• Acopio, de manera separada y diferenciada de acuerdo con la normativa vigente, los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en contenedores con tapa colocados en los frentes de trabajo en sitios estratégicos visibles.</li> <li>• Disposición final de residuos de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente y con la anuencia de la autoridad competente.</li> <li>• Remediación y restauración de suelos por posible contaminación por derrame de hidrocarburos*.</li> </ul>	<p>Preventivo/Remediación*</p>	<p>Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo (cap.II).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.</li> <li>• Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).</li> <li>• Reglamento de la LGPGIR.</li> </ul>
<p><b>FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CANTIDAD DE SUELO (EROSIÓN)</b></p>				

**Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida requerida	Periodicidad / Duración	Indicador del Impacto
Posible incremento de pérdida de suelo por el desmonte, despalme y movimiento de tierras (erosión)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obras civiles (programa de conservación de suelos) y de drenaje para el control de la erosión.</li> </ul>	Prevención y Mitigación	Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo (Cap. II).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arrastre de suelo o formación de cárcavas.</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN/ ATRIBUTO AMBIENTAL: COBERTURA VEGETAL</b>				
Remoción de la vegetación durante las actividades de desmonte.	Programa de reforestación y Programa de rescate de flora y fauna	Mitigación y compensación	De acuerdo con programa Cap. II y VI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida de la cobertura vegetal</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: FAUNA/ ATRIBUTO AMBIENTAL: HÁBITAT/ ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN</b>				

**Tabla VII.1.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para las etapas de preparación del sitio y construcción.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida requerida	Periodicidad / Duración	Indicador del Impacto
<p>Perdida del hábitat para la fauna /distribución y abundancia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de recorridos previos en el área donde se llevará a cabo el desmonte, con el propósito de ahuyentar a la fauna silvestre.</li> <li>• Se prohibirá coleccionar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de vegetación y fauna silvestre.</li> <li>• Se impartirá capacitación para promover la conciencia ambiental del personal que participe en la obra, para implementar la correcta aplicación de medidas y una actitud del personal de mayor respeto al entorno.</li> <li>• Se llevará a cabo un Programa de Rescate de Flora y Fauna.</li> </ul>	<p>Prevención, Mitigación y compensación.</p>	<p>Antes del inicio de las actividades de desmonte/ durante la construcción del proyecto. Ver programa Cap. II y VI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño en especies de fauna (captura, consumo, comercio, caza, etc.).</li> <li>• Perdida de hábitat</li> </ul>



**Tabla VII.2.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para la etapa de operación y mantenimiento.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicador de Impacto
<b>FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS</b>				
<p>Contaminación de suelos por el manejo inadecuado de los residuos y operación de la maquinaria, vehículos y equipos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocación, servicio y mantenimiento de letrinas móviles por medio de una compañía especializada.</li> <li>Capacitación al personal sobre el manejo adecuado de los Residuos.</li> <li>Acopio, de manera separada y diferenciada de acuerdo con la normativa vigente, los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en contenedores con tapa colocados en los frentes de trabajo en sitios estratégicos visibles.</li> <li>Disposición final de residuos de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente y con la anuencia de la autoridad competente.</li> <li>Remediación y restauración de suelos por posible contaminación por derrame de hidrocarburos*.</li> </ul>	<p>Preventivo  y  Acción correctiva*</p>	<p>Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del suelo</li> <li>Evidencia visual de un mal manejo y disposición de los residuos</li> </ul>

**Tabla VII.2.** Descripción de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para la etapa de operación y mantenimiento.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicador de Impacto
Incremento de nivel ruido por la operación de maquinaria y equipo (en caso de que esta se requiera en la etapa de Mantto.) así como parque vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como parque vehicular, observando que cuenten con dispositivos de escape en buen estado.</li> <li>Bajar la velocidad de tránsito a 20 km/hr.</li> </ul>	Preventiva	Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con al programa general de trabajo (Cap. II).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles superiores a los 65 dB(A) jornada diurna y 68 dB(A) jornada nocturna.</li> </ul>

**Tabla VII.3.** Descripción de las medidas de mitigación para la etapa de desmantelamiento y abandono del sitio.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicadores de Impacto
<b>FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE</b>				
Modificación de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión a la atmósfera y por la dispersión de partículas de polvo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento y verificación de parque vehicular, maquinaria y equipo.</li> <li>Uso de lonas en los camiones que transportan materiales.</li> </ul>	Preventiva	Durante el desarrollo de las actividades de desmantelamiento y retiro de infraestructura, así como restauración del sitio.	Límites máximos permisibles por arriba de lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas: <ul style="list-style-type: none"> <li>NOM-041-SEMARNAT-1999</li> <li>NOM-045-SEMARNAT-1996</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: AIRE / ATRIBUTO AMBIENTAL: NIVEL DE RUIDO</b>				

**Tabla VII.3.** Descripción de las medidas de mitigación para la etapa de desmantelamiento y abandono del sitio.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicadores de Impacto
Incremento de nivel ruido por la operación de maquinaria y equipo, así como parque vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como parque vehicular, observando que cuenten con dispositivos de escape en buen estado.</li> <li>Bajar la velocidad de tránsito a 20 km/hr.</li> </ul>	Preventiva	Durante el desarrollo de estas etapas y de acuerdo con el programa general de trabajo (Cap. II).	Niveles superiores a los 65 dB(A) jornada diurna y 68 dB(A) jornada nocturna.
<b>FACTOR AMBIENTAL: SUELO / ATRIBUTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS</b>				

**Tabla VII.3.** Descripción de las medidas de mitigación para la etapa de desmantelamiento y abandono del sitio.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicadores de Impacto
Modificación de la calidad y estructura del suelo, por el movimiento de tierras por la rehabilitación del sitio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acopio, de manera separada y diferenciada de acuerdo con la normativa vigente, los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en contenedores con tapa colocados en los frentes de trabajo en sitios estratégicos visibles.</li> <li>Disposición final de residuos de acuerdo con lo establecido y con la anuencia de la autoridad competente.</li> <li>Remediación y restauración de suelos por posible contaminación con derrame de hidrocarburos provenientes de los vehículos que se utilicen para esta etapa*.</li> </ul>	Preventivo  y  Acción correctiva*	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	<p>Límites máximos permisibles por arriba de lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas y demás Instrumentos regulatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.</li> <li>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).</li> <li>Reglamento de la LGPGIR.</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: VEGETACIÓN/ ATRIBUTO AMBIENTAL: COBERTURA VEGETAL Y ESPECIES EN RIESGO</b>				
Incremento de cobertura vegetal por actividades de reforestación en el área del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acciones de reforestación con especies de flora nativas y propias del ecosistema.</li> </ul>	Compensación	Durante la etapa de abandono y de acuerdo con el programa general de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las buenas prácticas en materia de aspectos de manejo de flora desértica y de especies en riesgo.</li> </ul>
<b>FACTOR AMBIENTAL: FAUNA/ ATRIBUTO AMBIENTAL: ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN</b>				

**Tabla VII.3.** Descripción de las medidas de mitigación para la etapa de desmantelamiento y abandono del sitio.

Impacto	Descripción de la medida	Clasificación de la medida	Periodicidad / Duración	Indicadores de Impacto
Posible incremento fauna por la formación de hábitats, debido a las acciones de reforestación y conservación de suelos.	Programa de reforestación y restauración de suelos.	Prevención	Durante el desarrollo de esta etapa y de acuerdo con el programa general de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• incremento de especies en riesgo por la formación de hábitats</li> </ul>

## VII.2. Programa de Manejo Ambiental (PMA).

Además de las medidas preventivas propuestas en las tablas anteriores, a continuación, se presenta el desarrollo del Programa de Manejo Ambiental cuyos objetivos son los siguientes; por un lado, la vigilancia ambiental durante las distintas actividades del proyecto, a fin de detectar y corregir las desviaciones de las medidas planteadas, de tal manera que se pueda demostrar la evolución de la calidad del sistema ambiental regional valorando de manera integral los efectos de la aplicación de las medidas en la recuperación, restauración y conservación de dicho sistema.

El Programa de Manejo Ambiental se prepara previo a las etapas del proyecto y se ejecutará durante el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto, incluye los siguientes programas:

- Programa de Manejo Integral de Residuos
- Programa de rescate y ahuyentamiento de fauna y rescate y reubicación de flora
- Programa de Reforestación
- Programa de Conservación de Suelos
- Programa de Concientización y Capacitación Ambiental
- Programa de monitoreo de fauna

### 1. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS

Línea estratégica: Manejo de residuos				
Etapas del Proyecto: Todas las etapas del proyecto.				
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida	Duración de la medida	Recursos necesarios	Indicador
Contaminación del suelo.	Preventiva y/o correctiva	Vida útil del proyecto	Humanos Materiales Financieros	(Kg de residuos generados/kg de residuos manejados adecuadamente) *100  Criterio de aceptación =100%

## 1. Introducción

La gestión de los residuos es una actividad que cobra relevancia debido a los efectos que el mal manejo de estos puede tener a la salud de la población y de los ecosistemas. Este programa se propone como una medida preventiva, de mitigación y/o restauración en el caso.

De acuerdo con lo establecido en los instrumentos normativos, así como, del diagnóstico básico de los residuos que se generarán en las diferentes etapas del proyecto se clasificarán en:

**Residuos de manejo especial:** Como aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;

**Residuos peligrosos:** Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos;

**Residuos sólidos urbanos:** Los que resultan de la eliminación de los materiales utilizados en actividades domésticas; de los productos que se consumen en las casas habitación o de sus envases o empaques; los que provienen de cualquiera otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que tengan características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole;

La separación y la disposición de los residuos sólidos urbanos se realiza bajo el principio de responsabilidad compartida o de corresponsabilidad, que establece que todos los sectores sociales que contribuyen a la generación de residuos, por sus hábitos de vida, prácticas de consumo y formas de producción, están obligados –de manera diferenciada- a contribuir en la implementación de las medidas previstas en la LGPGIR, para prevenir su generación, aprovechar su valor y lograr su gestión integral, ambientalmente adecuada, económicamente factible y socialmente aceptable. Así mismo, la separación y la disposición de los residuos de manejo especial como son los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general; se fundamentan en

la valorización y el aprovechamiento de estos; y, por último, los residuos peligrosos deberán ser manejados estrictamente en cumplimiento a la Ley, su Reglamento y NOM's aplicables en la materia.

## **2. Objetivos:**

- Prevenir la contaminación del suelo, agua y ecosistemas, mediante un manejo integral, tal y como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), su Reglamento, y las NOM's que apliquen en la materia.
- Minimizar las fuentes generadoras de residuos líquidos, sólidos y peligrosos que pudieran amenazar la integridad de los ecosistemas.
- Utilizar la mejor tecnología e infraestructura sanitaria disponible para el tratamiento de aguas residuales.

## **3. Alcance:**

Este programa de manejo aplicará a todas las obras o actividades de las diferentes etapas del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW), y tendrá como alcance el cumplimiento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como las NOM's en la materia.

Cabe mencionar que durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán la mayor cantidad de residuos, esto debido a la cantidad de personas que estarán trabajando en el sitio del proyecto, así como por el uso de la maquinaria y equipo, además de todos los residuos generados por los embalajes y empaques de los módulos fotovoltaicos.

## **4. Descripción de actividades (Residuos Peligrosos)**

- **Inscripción al Registro como Empresa Generadora de Residuos Peligrosos.**

Se gestionará ante la autoridad correspondiente el registro como Empresa Generadora de Residuos Peligrosos y se registraran la totalidad de los Residuos generados durante las diferentes etapas del Proyecto.

- **Manejo de los Residuos Peligrosos en los diferentes frentes de trabajo.**



Para llevar a cabo el adecuado manejo, se colocarán contenedores en áreas estratégicas de los diferentes frentes de trabajo, éstos estarán debidamente etiquetados con el nombre del residuo peligroso a contener y sus características CRETIB, dichas áreas deberán contar con tarimas cubiertas por lonas impermeables y estar identificadas como **áreas de acopio de Residuos Peligrosos**. Una vez alcanzada la capacidad de los contenedores, éstos deberán transportarse al almacén temporal de residuos peligrosos para su resguardo.

- **Recepción de Residuos Peligrosos en el almacén temporal.**

Se contará con un encargado de la recepción de los Residuos Peligrosos, quien verificará lo siguiente antes de que estos ingresen al almacén temporal:

1.- Que el residuo este envasado en el contenedor adecuado, es decir de acuerdo con sus características.

2.- Que el contenedor este etiquetado adecuadamente, por ejemplo:

Etiqueta:

- Fecha de ingreso
- Nombre del generador
- Domicilio
- Nombre del Residuo
- Características particulares
- Equipo de seguridad para su manejo

3.- Los contenedores vacíos de material plástico o metal que tuvieron materiales peligrosos, deberán entregarse comprimidos de tal forma que ocupen un menor volumen, y dentro de un contenedor de mayor capacidad etiquetado adecuadamente.

- **Almacenamiento**

El responsable del almacén agrupará dentro del mismo los residuos de acuerdo con sus características.

Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses, o cuando se aproxime al 80% de la capacidad total del almacén.

## **-Despacho**

1.- El transportista designado por la empresa recolectora llenara el manifiesto de entrega transporte y recepción de residuos peligrosos con los siguientes datos:

- Identificación
- Página. En cada hoja debe anotar el número que integran el juego de manifiesto. Ejemplo :1/4, 2/4, etc.
- Razón social de la empresa (domicilio y C.P.)
- Teléfono
- Descripción del residuo y sus características
- Contenedor
- Volumen o peso total del envío.
- Anotar los riesgos involucrados y los procedimientos en caso de emergencia.
- Nombre y firma del responsable.

A partir de este punto es responsabilidad de la empresa transportista y la empresa de disposición final de los residuos, la disposición final de estos; Siendo responsabilidad de CFE la entrega de la documentación que demuestre la adecuada disposición final de éstos ante las autoridades competentes.

## **Residuos sólidos urbanos y de manejo especial.**

### **Recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial durante la ejecución de los trabajos.**

En el área donde se llevará a cabo el proyecto se colocarán contenedores para su recolección diaria debidamente rotulados y con tapa acorde con el tipo de residuo y en número suficiente, para que el personal en turno y subcontratistas depositen diariamente y de manera separada los **residuos sólidos urbanos (RSU)**: papel, cartón, metal, vidrio, plástico y orgánicos-sanitarios (estos últimos como basura).

En lo que concierne a los **residuos de manejo especial (RME)** como son: llantas (neumáticos), tuberías de PVC, **madera** y escombros de la construcción, éstos deberán, en caso de ser posible regresarlos al proveedor de estos o retirarlos fuera del área de trabajo a centros de acopio para su reciclaje y utilización, los escombros y materiales pétreos su disposición será en rellenos de predios o tiradero municipal previa autorización.

Se colocarán letreros en cada uno de los sitios de disposición de residuos, indicando a los trabajadores que los contenedores son exclusivos para la disposición de RSU y RME. Y que no se deben mezclar otros residuos que por sus características puedan ser considerados como RP.

#### **Almacenamiento de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.**

Se contará con un área ex profesa para el resguardo temporal de los RSU y RME, la cual debe estar limpia y ordenada durante el desarrollo de los trabajos.

El área de almacenamiento general debe acondicionarse de tal modo que se evite el encharcamiento, el libre acceso para permitir la circulación permanente de los vehículos de transporte de residuos, además en esta área de almacenamiento se debe contar con los señalamientos que la identifiquen como tal, así como restringir el acceso a personal no autorizado.

#### **Disposición de residuos sólidos urbanos que deben ser reciclados.**

Los **residuos sólidos urbanos y de manejo especial** que se generen durante la ejecución de los trabajos, deberán estar clasificados, para su disposición, previa autorización de la instancia municipal o entrega a los centros de acopio de la localidad.

Al término de la jornada diaria, se deben dejar las áreas de trabajo limpias de RSU y RME colocados en los contenedores ex profesos y cada semana se retirarán estos residuos fuera del área de trabajo, lo cual se debe evidenciar mediante la entrega de un reporte fotográfico, oficio y/o recibo.

Con respecto a los **residuos sanitarios** (RS) derivado de los servicios, se dispondrán a través de un prestador del servicio de letrinas a alguna planta de tratamiento de aguas residuales o donde la autoridad municipal determine y sea bajo anuencia respectiva.

#### **Periodicidad y duración.**

Este programa será aplicado durante las diferentes etapas del proyecto.



## 2. PROGRAMA DE RESCATE Y AHUYENTAMIENTO DE FAUNA Y RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA.

### Rescate y reubicación de flora:

#### Introducción:

El principal impacto que se prevé por la ejecución del Proyecto es la pérdida de la cobertura vegetal en el área seleccionada para el proyecto. La conservación de la biodiversidad va ligada directamente con la diversidad florística del ecosistema.

Como se indicó en el capítulo V de este documento, la actividad más crítica para la cobertura vegetal será la de desmonte y despalme, ya que provocará la remoción permanente de la cobertura vegetal del sitio, con la consecuente eliminación de hábitats, tanto para la flora como para la fauna silvestre. Por lo que se propone este programa con la finalidad de mitigar y/o compensar los impactos ocasionados hacia este factor ambiental.

Las especies encontradas en el área del proyecto son: *Prosopis glandulosa*, *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. y *Ephedra trifurca* Torr. ex S.Wats.

Como se señaló anteriormente, durante los trabajos de campo realizados en el sitio del Proyecto no se registró ninguna especie de planta listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### Objetivo:

Mitigar y/o compensar los impactos negativos que se prevén por el desarrollo de las actividades de preparación del sitio, y construcción del Proyecto en las especies afectadas por las actividades del CUSTF.

Disminuir la afectación a las especies arbóreas presentes en el sitio del Proyecto, a través del rescate, reubicación y reforestación, planteando las estrategias para favorecer la reubicación y reforestación de especies, de importancia ecológica o de difícil regeneración.

**Alcance:**

Rescatar y reubicar todas las especies de *Prosopis glandulosa* que se encuentren por debajo de 1m de altura.

Rescatar de ser el caso las especies de cactáceas presentes en el sitio del proyecto.

**Metas:**

- Rescatar todos los individuos de mezquite que estén por debajo de los 1 mts de altura, para lograr un trasplante efectivo, y propiciar su supervivencia.
- Rescatar y reubicar todas las cactáceas que se pudieran encontrar en el sitio del proyecto.
- Lograr el 80% de supervivencia de las especies rescatadas

Línea estratégica: Conservación de especies				
Etapa del Proyecto: Preparación del sitio y construcción				
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida	Duración de la medida	Recursos necesarios	Indicador
Pérdida de vegetación	Mitigación y/o compensación.	Antes de las actividades de desmonte y despalle	Humanos Materiales Financieros	%de supervivencia = (número de individuos rescatados/número de individuos sobrevivientes)100  Criterio de aceptación =75%

**Acciones:**

- Reconocimiento y marcaje de los ejemplares a rescatar. Una vez definidas las especies susceptibles de rescatar, se procederá a realizar las visitas a campo para seleccionar y marcar a los individuos aptos para el rescate, lo cual dependerá de la factibilidad de su rescate y reubicación. Se seleccionarán individuos cuya altura no sea mayor a 1 m, sin evidencias de plagas o enfermedades y que tenga un buen vigor, con el fin de aumentar

la probabilidad de su sobrevivencia en el nuevo sitio en el que será plantado. El coordinador responsable marcará con pintura acrílica en la cara norte a los individuos que serán rescatados con un círculo, para respetar la orientación natural. Posteriormente, se anotará en la hoja de registro todos los datos concernientes al individuo en cuestión, entre los cuales se anotarán: especie, número consecutivo, características del sitio (coordenadas, tipo de suelo, pendiente, entre otros), características del individuo (altura, área basal, cobertura de copa), vigor (excelente, bueno, regular).

- Previo a que se inicien las actividades de rescate de las plantas, será construida un área temporal, la cual servirá para resguardar temporalmente a las plantas rescatadas que requieran recuperarse del estrés provocado por la extracción, hasta el momento de colocarse en su lugar definitivo. Esta área será construida de manera temporal, antes de la etapa de preparación del sitio y construcción, y se ubicará en un sitio adecuado dentro del área del Proyecto.
- Preparación de la parte aérea del árbol. Los ejemplares que presenten una abundante copa o ramas que pudiesen sufrir daños serán atados para facilitar su manejo y traslado, evitando dañar a los individuos durante la maniobra del atado. Previo al atado de la copa, puede efectuarse una poda de conformación que permita realizar las maniobras de extracción y traslado con eficiencia y sin comprometer la estructura ni el vigor de los árboles. El atado debe realizarse en espiral, iniciando desde la base de la copa hasta llegar a la punta. La cuerda deberá hacer presión sobre las ramas inferiores para que estas, a su vez ejerzan presión y compacten las ramas subsecuentes hasta que la copa adopte una forma lanceolada.
- Una vez que se hayan tomados los datos del ejemplar y que éste ha sido marcado en su cara norte, se procede a formar el cepellón de acuerdo con el diámetro del tronco. La altura del cepellón debe ser proporcional al diámetro de este, a manera de que se conforme un semicírculo. Una vez decidido el diámetro del cepellón se marca con cal y se realiza la apertura de la zanja, para lo anterior es conveniente regar el suelo para facilitar la excavación. La conformación del cepellón debe conservar la mayor cantidad posible de suelo adherido al sistema radical del organismo a extraer, con lo que se evitará lesionar a las raíces, además de que se mantienen hongos y bacterias benéficos que contribuirán a la fertilidad del nuevo suelo.

Una vez conformado el cepellón se realiza un banqueo, el cual consiste en cortar las raíces basales, posteriormente se coloca por debajo del cepellón una bolsa de polietileno preferentemente oscura, tela de yute o ixtle, proporcional al tamaño del cepellón; es

importante que la bolsa o tela utilizada cubran todo el cepellón para proteger a las raíces de daños y desecación. Posteriormente se realiza un amarre con cuerdas, atando la base del tronco y pasando la cuerda por los lados del cepellón hacia la base y de regreso para finalizar en la base del tronco con un nudo.

- El proceso de extracción consiste en sujetar las cuerdas laterales y sacar el árbol. Los árboles no deben levantarse del tronco ya que esto daña la corteza. El cepellón debe mantenerse húmedo y preferentemente bajo sombra para evitar la desecación del árbol, sin embargo, se debe tener cuidado con la cantidad de agua empleada, ya que un exceso de agua provocaría el reblandecimiento de la tierra lo cual complicaría el manejo y en el peor de los casos deslavaría la tierra dejando expuestas las raíces, lo que dañaría o mataría al ejemplar, en el peor de los casos.
- Para evitar la desecación de los organismos rescatados, especialmente de las raíces y el cepellón, se vigilará que las cajas de los vehículos de transporte sean cubiertas con una lona, la cual será colocada procurando no dañar las copas de los árboles. Los individuos rescatados serán colocados de manera vertical o semi-vertical en el interior del vehículo de traslado para evitar en lo posible el daño a las copas y cepellón. Los traslados se realizarán a consideración del responsable técnico, priorizando realizarlos durante los horarios de menor radiación solar y en función de factores como la distancia del sitio de rescate al sitio de reubicación o vivero, la capacidad de carga del vehículo en relación con el número y tamaño de los ejemplares programados para rescate durante la jornada y las condiciones del clima.
- Las plantas rescatadas temporalmente serán resguardadas para su recuperación del estrés provocado por la extracción y su adaptación, previo a su reubicación. Para llevar como un control en el área provisional se elaborará una etiqueta para cada ejemplar, cuyo registro deberá contener datos concernientes al individuo, como: sitio de rescate, coordenadas de localización, fecha de rescate, especie, número consecutivo de ejemplar, altura, diámetro del área basal, estado fitosanitario y otras observaciones; se recomienda colgar en cada ejemplar esta etiqueta, llenada preferentemente con tinta indeleble o protegida con bolsa de plástico. Una vez que los ejemplares han sido etiquetados se procederá a llenar la bitácora del vivero donde se registrará la misma información que se colocó en la etiqueta además de anexar una columna de seguimiento para las observaciones y acciones aplicadas a futuro.
- Una vez concluida la fase de recuperación o adaptación de las plantas y que se asegure el buen estado de los ejemplares rescatados, se procederá al trasplante de las plantas en los sitios destinados para su conservación y/o reforestación, en la franja perimetral



de los predios del Proyecto, previa verificación de una buena calidad de las características edáficas con el objetivo de aumentar la probabilidad de sobrevivencia de los ejemplares que se reubiquen.

- Las áreas que se elijan para la plantación deben reunir características ambientales mínimas que aumenten la probabilidad de supervivencia de los individuos: a) suelo con una profundidad  $\geq 30$  cm; b) textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no compactados); c) existencia de un estrato herbáceo que al menos cubra el 80% del terreno; d) bajo riesgo de erosión del suelo.
- La preparación del sitio donde se llevará a cabo la reubicación, consiste en la eliminación de malezas en el área para despejar el sitio de trasplante y evitar la competencia por espacio, nutrientes, agua y luz, esta actividad se realizará en forma manual, evitando la utilización de productos químicos para evitar impactos ambientales negativos. Entre las actividades a realizar en este rubro están las siguientes:
  - Deshierbe. Si el terreno presenta malezas se realizará el deshierbe mediante chaponeo con machetes o retiro manual. Si la pendiente del terreno es mayor a 12%, se recomienda remover la vegetación solamente en los sitios donde se hará la plantación, para evitar la erosión del suelo.
  - Subsulado. Esta actividad se realiza solamente si el suelo presente capas endurecidas a escasa profundidad (menor a 15 cm); siempre y cuando los terrenos presenten pendiente menor al 10%.
  - Trazado. Una vez que se ha retirado la maleza, se debe realizar el trazo de la plantación, el cual debe garantizar la distribución proporcional de los recursos del sitio (espacio, agua, luz y nutrientes). El arreglo de las cepas dependerá de la pendiente del terreno y de la densidad de plantas que se desee establecer; pero se recomienda que tengan una separación de por lo menos 3.0 m entre plantas trasplantadas.
  - Apertura de cepas. Una vez realizada la preparación del sitio y definida la densidad en que será la plantación, se procede a la apertura de cepas. La cepa debe tener el tamaño adecuado para albergar el cepellón, sin que sea demasiado grande; la apertura de la cepa debe tener un diámetro mayor que la del cepellón del ejemplar a trasplantar, debe ser de 0.40 a 0.60 m más amplio, y con una profundidad al menos igual a la altura del cepellón; una vez delimitado el perímetro se procede con la extracción del suelo superficial (más fértil) y después el profundo (menos fértil), es muy importante que los suelos se mantengan separados y no se mezclen, ya que durante la plantación serán utilizados de acuerdo con sus características fisicoquímicas. La cepa no debe ser más

profunda que el cepellón para evitar encharcamientos o generar la necesidad de añadir tierra o sustrato que taparía una parte del tronco, lo que puede provocar infecciones o pudriciones subsecuentes. De igual modo si la cepa es poco profunda se corre el riesgo de exponer las raíces por deslave o erosión del sustrato sobresaliente.

- **Plantación.** Ya que el cepellón ha sido liberado (retiro de cuerdas y la bolsa de polietileno, tela de ixtle o costal), se procede a colocar al individuo dentro de la cepa. La plantación se realiza con los siguientes pasos: a) regar la cepa para que mantenga la humedad en la parte más profunda; b) incorporar la tierra resultante de la excavación de la cepa, esta se debe colocar de manera inversa a como se extrajo, es decir, primero se coloca el suelo superficial (más fértil) y después el profundo (menos fértil); c) para mantener el ejemplar en posición vertical se deberá colocar un tutor (procurando no dañar las raíces), si fuera necesario.

- **Período de trasplante.** El período más recomendable para realizar el trasplante es al inicio de la época de lluvias. Si éste no fuera posible realizarlo en la época de lluvias, se procedería a aplicar riegos continuos (al menos una vez por semana) después de la plantación durante los primeros tres meses. Éste se realizaría durante la noche y penetrar al menos los primeros 30 cm de profundidad del suelo. Para este caso, se analizaría la posibilidad de aprovechar los canales de riego existentes.

- **Mantenimiento y monitoreo post-trasplante.** La aplicación de nutrientes solubles en el agua que contengan nitrógeno, fósforo y potasio aumenta considerablemente la tasa de sobrevivencia de las plantas. Dependiendo del desarrollo y vigor de la planta, se analizaría la posibilidad de aplicar fertilizantes durante las épocas de crecimiento, generalmente en la primavera y el verano. Asimismo, se realizarían deshierbes y podas, en su caso, para su mejor desarrollo.

### **Seguimiento y control:**

Para llevar a cabo el seguimiento y control se elaborará una bitácora en la cual se registrarán los siguientes datos: número identificador del sitio y de las plantas; ubicaciones georreferenciadas, número de individuos rescatados y/o trasplantados por especie; tasa de sobrevivencia; tasa de mortalidad; tasa de crecimiento de los individuos, fechas de registro.

### **Costos estimados:**

Para la ejecución de este programa se conformará una cuadrilla de 10 personas e incluye sus salarios durante un período de 6 meses, el uso de dos vehículos, combustible, herramientas y materiales, así como la construcción del vivero temporal con todos sus insumos. El costo estimado para implementar este programa es de \$ **3,000,000.00 pesos M.N.**

### **Programa de ahuyentamiento y rescate de Fauna.**

#### **Introducción:**

Para efectuar el rescate y reubicación de la fauna silvestre presente en el área del Proyecto, se aplicarán técnicas propuestas por Hawthorne (1987), denominadas de amedrentamiento y de modificación del hábitat, buscando con ello, que las especies de aves, mamíferos voladores y de hábitos cursoriales, se desplacen fuera del sitio del proyecto.

Los programas de ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre han sido utilizados como una alternativa para mitigar los impactos de pérdida irrecuperable del hábitat y pérdida de individuos pertenecientes a especies amenazadas o en categoría de conservación, particularmente aquellas de ámbitos de hogar reducidos o baja movilidad (Bustamante *et al.*, 2009). Sin embargo, dadas las características del sitio, en primer término, se proponen acciones alternativas a modo de inducir la migración espontánea de los individuos de especies afectados hacia áreas vecinas que no serán alteradas, con la finalidad de reducir el estrés de captura y la mortandad de animales; de igual manera, para los animales que sean rescatados, se procederá a su relocalización lo más pronto posible

Para el caso de especies de lento desplazamiento, así como de especies endémicas, se emplearán técnicas seguras tanto para las especies de fauna como para el personal encargado de llevar a cabo estas tareas. Dichas técnicas incluyen la captura manual de lagartijas y la recolección de nidos de aves, uso de ganchos herpetológicos en el caso de serpientes (las serpientes siempre deberán tratarse como si fueran venenosas), uso de trampas tipo “Sherman” y “Tomahawk” para mamíferos de pequeña y mediana talla y la utilización de redes ornitológicas, en el caso de encontrar especies de aves con baja capacidad de desplazamiento. Una vez capturados los individuos, se procederá a su reubicación en áreas aledañas al área del proyecto que presenten condiciones

ecológicas similares, principalmente en las zonas destinadas dentro del Sistema Ambiental Regional.

Las medidas para garantizar la sobrevivencia de los individuos a rescatar comienzan desde la aplicación de las técnicas para la captura y el manejo de fauna silvestre, las cuales están encaminadas a evitar daños y/o estrés en los ejemplares, para lo cual se iniciará el Programa de Rescate con prácticas de amedrentamiento, continuando con una ligera alteración al hábitat. Esta última etapa estará enfocada al traslado de troncos y rocas principalmente, la poda de árboles y arbustos que sirvan como refugio y que funcionen como hábitat de individuos pequeños y de lento desplazamiento, finalizando con un trapeo selectivo. Lo anterior, con la finalidad de que las especies de vertebrados terrestres se desplacen por sus propios medios, evitando con ello que los organismos corran riesgos innecesarios; sólo en el caso de especies de poca agilidad, será preciso emplear métodos estándares para la captura, manejo y transportación, por la seguridad tanto de los ejemplares como del personal capacitado que realice estas tareas.

**Objetivos:**

- Minimizar el impacto que ocasionarán de las actividades del Proyecto, principalmente por el desmonte y despalme, sobre las especies de reptiles, mamíferos y aves que actualmente habitan en el área del Proyecto.
- Proteger y conservar las especies que por su lento desplazamiento permanezcan en el sitio aún después de las actividades de ahuyentamiento, primordialmente las registradas en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Realizar las medidas y técnicas necesarias para llevar a cabo el ahuyentamiento o perturbación controlada, rescate y relocalización de la fauna silvestre presente en el área del proyecto.

**Alcance:**

Rescatar y reubicar a todas aquellas especies que se encuentren en el área del proyecto, poniendo especial atención en aquellas que por su limitada capacidad de desplazamiento puedan ser afectadas durante el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto (reptiles y mamíferos pequeños). Poniendo especial atención en aquellas especies que se encuentren en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Listado de especies registradas en el sitio del proyecto:**

Listado Faunístico Área del Proyecto, PFV Puerto Peñasco, Son.									
Grupo	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Sitio de muestreo	Técnica muestreo
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguiluilla cola roja	2	-	-	7	Avistamiento
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo swainsoni</i>	aguiluilla de Swainson	1	Pr	-	9	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	matraca del desierto	1	-	-	9	Avistamiento
Aves	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura	13	-	-	3, 4, 5, 7, 9	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	cuervo común	6	-	-	7, 9	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	golondrina tijereta	4	-	-	9	Avistamiento
Aves	Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	águila pescadora	1	-	-	7	Avistamiento
Aves	Passeriformes	Poliopitidae	<i>Poliopitila melanura</i>	perlita del desierto	1	-	-	8	Avistamiento
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	coyote	15	-	-	1,2,3,4,5,7,8,9	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys deserti</i>	rata canguro desértica	2	-	-	7	Avistamiento/ rastros/ trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Dipodomys merriami</i>	rata canguro de Merriam	2	-	-	7	Avistamiento/ trampas Sherman
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	liebre cola negra	1	-	-	2	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Rodentia	Cricetidae	<i>Onychomys torridus</i>	ratón saltamontes sureño	1	-	-	7	Trampas Sherman
Mamíferos	Rodentia	Heteromyidae	<i>Perognathus longimembris</i>	ratón de abazones menor	2	-	-	7	Avistamiento/ trampas Sherman
Mamíferos	Carnivora	Canidae	<i>Vulpes macrotis</i>	zorra del desierto	9	A	-	2, 5, 7, 8	Avistamiento/ rastros/ fototrampa
Mamíferos	Rodentia	Sciuridae	<i>Xerospemophilus tereticaudus</i>	ardilla de tierra de cola redonda	3	-	-	2	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Teiidae	<i>Aspidocheilus tigris</i>	huico tigre del noroeste	36	A	endémica	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Callisaurus draconoides</i>	cachora arenera	8	A	-	1, 3, 4, 6	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx variegatus</i>	cuija occidental	1	Pr	-	8	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus cerastes</i>	casacabel cornuda del Noroeste	2	Pr	-	3, 6	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Iguanidae	<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	iguana del desierto	10	-	-	1, 2, 4, 5, 6, 7	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Crotaphytidae	<i>Gambelia wislizenii</i>	cachorón leopardo de nariz lila	1	Pr	-	2	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma mcallii</i>	camaleón cola plana	1	A	-	8	Avistamiento/ captura a mano
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Pituophis catenifer</i>	Topera	2	-	-	5	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus magister</i>	lagartija escamosa de desierto	3	-	-	3, 5	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Colubridae	<i>Sonora annulata</i>	Serpiente nariz de pala del desierto	1	-	-	2	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uma notata</i>	lagartija arenera del Colorado	3	P	-	1, 3	Avistamiento
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Uta stansburiana</i>	cachora gris	138	A	-	1-2,3,4,5	Avistamiento/ captura a mano/ trampa de caída

### Indicador de supervivencia:

Índice de supervivencia = MI/Mr

Donde: MI = Tamaño de la población liberada  
Mr = Tamaño de la población rescatada

### Acciones:

Este programa se deberá llevar a cabo antes del inicio de las obras y simultáneamente con las actividades de desmonte y despalme.

- **Amedrentamiento o ahuyentamiento**

Las técnicas de amedrentamiento a utilizar estarán basadas en generar ruidos intensos utilizando sirenas de diferentes frecuencias, en distintas áreas y horas del día, con el objetivo de ahuyentar tanto a aves y mamíferos de mediana y gran talla. Dichas medidas deberán llevarse a cabo como mínimo una semana antes de realizar el rescate con trampas.

Los individuos que sean capturados en el sitio del proyecto serán liberados en un sitio seguro, que cumpla con los requerimientos ambientales de las propias especies, eligiendo aquellos lugares con las condiciones ambientales adecuadas y de seguridad en términos de conservación.

- **Técnicas de captura**

**Mamíferos**

Para la captura de mamíferos de tamaño mediano como: conejos, liebres, coyotes y zorros se utilizarán trampas tipo Tomahawk. Se colocarán en el suelo y, si se conoce la entrada de la madriguera o los caminos de paso de las especies blanco, se colocarán directamente cortando el paso. Además, se sujetarán para evitar que el animal dentro pueda moverlas. Y para el caso de los mamíferos pequeños se usarán trampas tipo "Sherman. El éxito en la utilización de las trampas para mamíferos pequeños requiere un alto grado de habilidad y experiencia. Dado que lo que se pretende es capturar el mayor número de ejemplares posibles, éstas se colocarán en los sitios clave identificados por los especialistas (ej. cerca de madrigueras, junto a escalones naturales que funcionan como paredes y son utilizados para el tránsito de roedores y cualquier cavidad entre rocas). Una vez instaladas, se revisarán frecuentemente, debido al clima caluroso del sitio.

Todos los ejemplares capturados deberán ser marcados con crotales enumerados para su posterior identificación en el monitoreo. Se registrarán los datos de especie, edad, sexo, longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata, longitud de la oreja, condición general del individuo y tipo de vegetación en el que se capturó.

**Anfibios y reptiles**

La captura de las especies más difíciles de recolectar se hace generalmente con un lazo en la punta de una varita. El largo de ésta varía de acuerdo con la especie de lagartija, aunque en general va de 1.8 a 2 m de largo (vara herpetológica).

La captura se realiza acercando lentamente la vara, paralela al cuerpo de la lagartija y por encima, de atrás hacia delante.

Para el caso de las serpientes, se utilizarán ganchos herpetológicos para evitar algún tipo de accidente.

Todas las especies de reptiles deberán ser colocadas en costales de tela resistentes, pero a la vez porosos.

Se debe tener mucho cuidado de guardar adecuadamente al animal al momento de colocarlo dentro del costal o bolsa para su transporte. Es importante que se vigile que el costal o la bolsa esté bien cerrado(a) y que no dañe ninguna de las extremidades del animal.

Todos los ejemplares capturados deberán ser marcados para su posterior identificación en el monitoreo. Para cada individuo se registrarán los datos de especie, localidad, fecha, hora de captura, tipo de vegetación, microhábitat, no. de marca, peso, sexo y datos biométricos de acuerdo con la especie.

Los datos de las especies rescatadas deberán llenarse en el siguiente formato de la ficha técnica de especies capturadas para su rescate:

<b>Ficha de campo</b>	
Latitud:	Nombre del colector:
Longitud:	
Familia:	Condiciones de captura:
Especie:	
Método de captura:	Descripción del hábitat:
Descripción del individuo:	Foto:
Observaciones:	

## **Técnicas de transporte.**

### **Reptiles y anfibios:**

Los réptiles deberán ser transportados en costales bien cerrados. Los anfibios en bolsas tipo ziploc.

### **Mamíferos:**

Estos deberán ser transportados directamente en las trampas en que fueron atrapados, éstas deberán estar cubiertas con algún tipo de tela oscura para minimizar el estrés del individuo. Procurando siempre que las trampas no estén expuestas directamente al sol ni a condiciones extremas. No deberán permanecer mucho tiempo dentro de las trampas.

### **Liberación:**

Antes de ser liberados, se asegurará que los individuos se encuentran en buenas condiciones, es decir verificar si no presentan debilidad. De ser necesario proporcionar agua antes de su liberación.

Los mamíferos deberán ser liberados al atardecer o por la noche. Debido a que las trampas son de metal éstas no deberán estar expuestas al sol, ya que podrían ocasionar daño e incluso la muerte de los individuos rescatados. Las trampas deberán abrirse con sumo cuidado y utilizando en todo momento equipo de seguridad.

Los reptiles, en específico las serpientes, deberán ser manipuladas por un experto. Se deberá desatar el nudo del costal, colocarlo a nivel del suelo y moverlo para ayudar a salir al individuo.

### **Sitios propuestos para la liberación de individuos:**

Los individuos capturados serán liberados en el Sistema Ambiental Regional y dentro del predio de la UMA denominada Sierra Pinta ya que cuenta con condiciones similares al sitio de donde serán rescatados y sobre todo es un sitio seguro para los individuos rescatados. Se evitará la sobrecarga.

### **Costos estimados del Programa:**

Para la ejecución de este programa se conformará una cuadrilla de 15 a 20 personas e incluye el salario de estos durante un período de 6 meses, durante la etapa de



preparación del sitio; así como el uso de dos vehículos, combustible, herramientas y materiales, elaboración de informes y seguimiento. El costo estimado para la ejecución de este programa es de **\$ 4,500,000 pesos M.N.**

### **3. Programa de Reforestación.**

#### **Introducción:**

La reforestación, implica una serie de beneficios y servicios ambientales, como, por ejemplo, la fertilidad del suelo, la retención de humedad y la estructura y contenido de nutrientes entre otros.

Con las reforestaciones se puede estabilizar los suelos, lo cual contribuye a que disminuya la erosión hídrica y eólica; también la cobertura vegetal ayuda a reducir el flujo rápido de agua de lluvias regulando de esta manera la infiltración de agua.

Este programa de reforestación se propone como una medida de compensación a los impactos ambientales que provocará el desarrollo del proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120+300 MW) en las etapas de preparación del sitio y construcción y en específico durante las actividades de desmonte y despalde del sitio del proyecto.

Es importante señalar que, independientemente del pago por compensación forestal que se determine realizar por la ejecución del CUSTF para este proyecto, se propone esta medida de compensación como una actividad en pro del ambiente y de mejorar la calidad del sitio dentro del Sistema Ambiental Regional delimitada para el Proyecto.

#### **Objetivo general:**

Compensar el impacto ocasionado por las actividades del CUSTF para la realización del proyecto.

#### **Objetivos particulares:**

- Contribuir a regular la infiltración del agua en el área de influencia del proyecto
- Restablecer, en la medida de lo posible, la vegetación nativa, en áreas aledañas al sitio del proyecto.

- Contribuir a la disminución de la probabilidad de erosión en el área de influencia del proyecto.

**Alcance:**

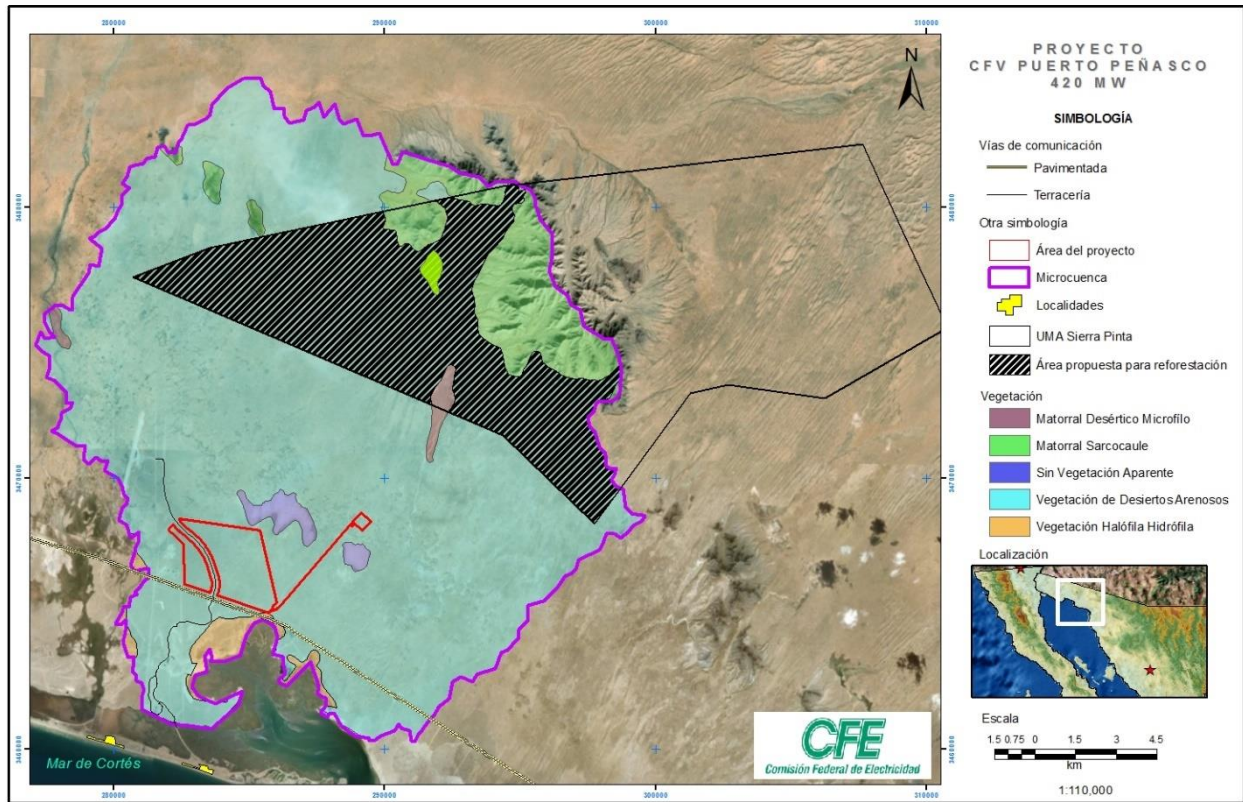
El programa comprende la reforestación de 100 ha, con un estimado de 16 plantas por hectárea.

**Meta:**

- Obtener una sobrevivencia del 80% y/o mantenerla
- Dar seguimiento al programa de reforestación por cinco años

**Superficie para reforestar**

La reforestación se llevará a cabo dentro de la superficie con tipo de vegetación de desiertos arenosos de la UMA Sierra Pinta. Se propuso este sitio porque tiene fácil acceso y así se puede tener el control para asegurar que las reforestaciones realizadas logren su sobrevivencia (riego, poda, control de plagas, reposición de planta, etc.), y se tiene el respaldo del responsable de la UMA para llevar a cabo este programa.



**Figura VII.1.** Ubicación del sitio propuesto para realizar la reforestación.

A continuación, se presentan las características que presenta el área propuesta para la reforestación de especies las cuales son las mismas condiciones que presenta el sitio del proyecto.

Condiciones	Predio sujeto a CUSTF	Área para la reforestación
Clima	BWh(x')	BWh(x')
Precipitación	Menor a 100 mm	Menor a 100 mm
Temperatura promedio	18 y 22 °C	18 y 22 °C
Tipo de suelo	Yermosol cálcico y regosol éutrico	Yermosol cálcico y regosol éutrico
Vegetación	Vegetación de desiertos arenosos	Vegetación de desiertos arenosos, matorral desértico microfilo.

### Indicador Ambiental

Indicador ambiental			Criterio de aceptación *
% de Supervivencia = (	No. de Individuos sobrevivientes	)* 100	Supervivencia del 80%.
	No. total, de individuos reforestados		

\* El criterio de aceptación se propone conforme al Artículo 141 fracción XV del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

### Especies para utilizar en la reforestación

Especies de flora propuestas para la reforestación dentro del SAR				
No.	Especie	Nombre común	Tipo de vegetación del sitio a reforestar	características
1	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite dulce	Desiertos Arenosos	Su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus vainas sirven como forraje, destaca por su papel ecológico muy importante ya que es un excelente fijador del suelo y por lo tanto, controlador de la erosión. Son fuente de forraje para el ganado doméstico y fauna silvestre.

### Actividades:

#### *Construcción y habilitación de un vivero forestal:*

En el área del proyecto, se construirá y habilitará un espacio que reunirá las condiciones necesarias para operar como vivero forestal. Este servirá para la producción de planta a partir de germoplasma forestal recolectado de individuos sanos y vigorosos que cumplan con las características deseadas de acuerdo con el objetivo de la reforestación.

El vivero contará entre otras con las siguientes características:

- Deberá tener sitios con sombra y sol (relación 75/25)
- Tener accesibilidad al recurso agua
- Contar con un área para almacenamiento de herramientas e insumos.





#### *Producción de planta:*

Uno de los factores más importantes que condicionan el éxito en la plantación, es la calidad de la planta.

#### *Preparación del terreno:*

Esta actividad consiste en mejorar las condiciones del terreno donde se llevarán a cabo las plantaciones forestales, para lo cual se utilizarán practicas manuales las cuales consisten en trabajar el área donde se llevarán a cabo las plantaciones (con esta técnica se evita la alteración innecesaria y perdida de suelo) y/o la preparación mecánica la cual se aplica cuando el suelo está muy compactado.

#### *Traslado de planta y plantación:*

El transporte de la planta se hará desde el vivero hasta el lugar donde se llevará a cabo la reforestación, cuidando en todo momento el daño al tallo y a la raíz, para lo cual se seguirán las indicaciones siguientes:

- Elegir una hora adecuada para evitar que las plantas no sean expuestas a largos periodos de sol.
- Se transportará solamente la cantidad de planta necesaria para la jornada de trabajo y se protegerá con malla sombra.
- Se cuidará de no encimar charolas o contenedores y se cuidará en todo momento no maltratar la planta.

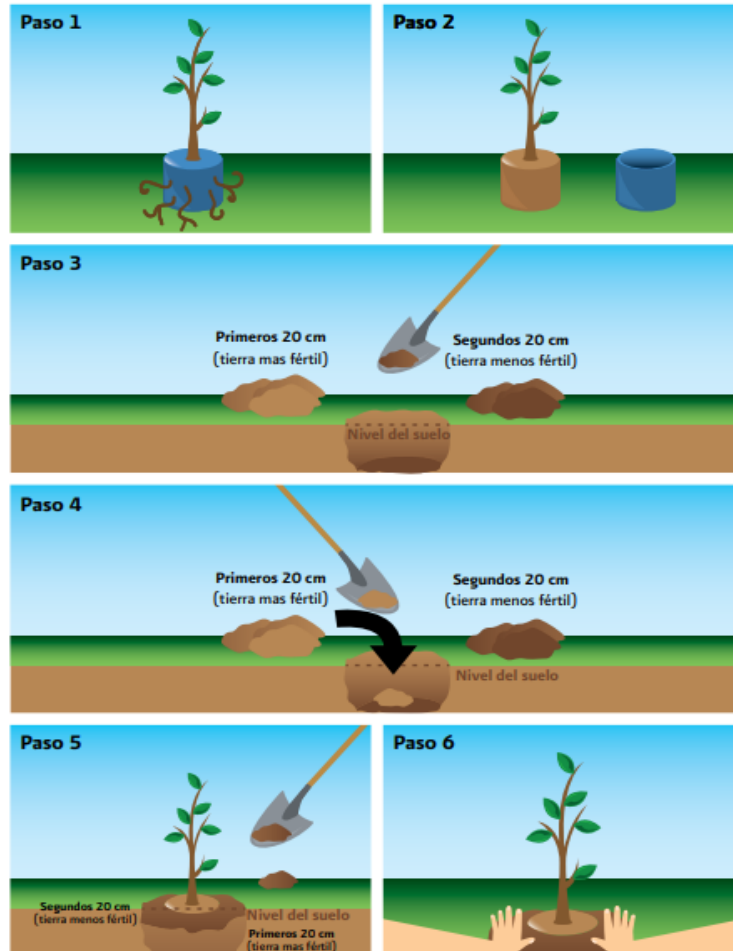
*Diseño de la plantación:*

En esta parte del proceso se determina en qué puntos del terreno se realizará la plantación de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno. Es importante considerar que la distancia entre las plantas dependerá del espacio que la especie demande al ser adulta, tomando en cuenta que en sus etapas juveniles la plantación debe tener por lo menos el doble de densidad que cuando las plantas son adultas. El diseño de la plantación que se llevará a cabo será un espaciamiento de 2 m entre las plantas.

Al momento de la plantación se deben tener las siguientes consideraciones:

- 1.- Hacer una apertura del suelo de 40 cm x 40 cm x 40 cm, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 cm ya que esta es la tierra más fértil y en el otro lado la de los otros 20 cm.
- 2.- Quitar el envase sin dañar la raíz.
- 3.- Antes de colocar el árbol en la cepa se colocan la tierra más fértil para que la planta tenga mejor disposición de nutrientes.
- 4.- Se coloca la planta y se rellena con la tierra más profunda y se compacta la tierra, pero no tan fuerte, para permitir aireación y drenaje.

### Sistema de cepa común



Fuente: Prácticas de Reforestación, CONAFOR

#### *Mantenimiento a la reforestación:*

**Deshierbes.** Consiste en eliminar la vegetación que pueda competir con los ejemplares plantados, ya sea por nutrientes, luz, espacio y agua, sobre todo en las primeras fases de desarrollo; esta actividad debe realizarse alrededor de la planta; los residuos del deshierbe, se colocarán alrededor de las mismas.



**Cajeteo.** Consiste en la conformación de un cajete, de 30 cm de radio alrededor de la planta, aflojando la tierra alrededor de la planta para obtener una porosidad en el suelo que permita la aireación y retención de humedad, procurando no dañar a la planta en el sistema radicular.

**Podas.** Consiste en la eliminación de ramas de la parte baja del tallo de la planta para mejorar el desarrollo y vigor de la planta, así como para eliminar partes dañadas o enfermas que deterioran la salud de la planta, favoreciendo también la adecuada distribución de las ramas, de modo de garantizar que la luz del sol llegue también al interior de la planta.

**Apuntalamiento y amarre de la planta.** Esta actividad que consiste en colocar un soporte de madera o varilla, enterrada a un lado de la planta y amarrada al tallo de esta, para que éste le permita su crecimiento vertical o esta no crezca inclinada o torcida.

**Insumos.** Aplicación de insumos para un mejor desarrollo de la planta; dependiendo de las características del suelo, se podrán utilizar fertilizantes y enraizadores, así como riegos de auxilio, en caso de requerirse.

#### *Replantaciones:*

Dependiendo de la sobrevivencia de la reforestación, al año de haberse plantado, se planearán los trabajos de replante; esta actividad se realiza para cubrir las fallas que se presentan en el campo por la muerte de las plantas reforestadas.

#### *Seguimiento y control:*

1. La supervisión, durante la ejecución de los trabajos de reforestación se contará con la supervisión de personal del área ambiental, encargado de vigilar que los trabajos se realicen en los sitios establecidos y acorde con los trabajos de obra referidos, así mismo tendrá la capacidad técnica para prevenir posibles desviaciones que pudieran provocar daños ambientales;

2. La evaluación de la reforestación, planteada como una actividad de seguimiento del programa, se realizará anualmente una evaluación de la reforestación para determinar el grado de sobrevivencia de las plantaciones, así como, de su estado fitosanitario. Las plantas dañadas o aquellas que no pudieron adaptarse a las condiciones del sitio, serán retiradas y substituidas por nuevas plantas en la siguiente temporada de reforestación; y, por último

3. Elaboración de reportes e informes fotográficos que den evidencia del control y seguimiento de la reforestación.

Periodicidad y duración:

El programa de reforestación tendrá una duración de tres años; el primero se dedicará a la plantación de ejemplares, así como al cuidado de las plantas rescatadas; los dos años siguientes serán para darle mantenimiento a dicha plantación; en su caso, dependiendo de la sobrevivencia de la reforestación, se planearán los trabajos de replante; esta actividad se realiza para compensar los individuos que llegarán a morir.

La reforestación deberá realizarse al término de la etapa constructiva y preferentemente en el inicio de la temporada de lluvias en la región

**Costos estimados:**

Tipo de actividad	Actividad específica	Unidad de medida	Costo Unitario (\$)	Cantidad mínima por ha.	Costo Total (\$)
Reforestación	Producción de planta	Planta	4.11	16	65.76
	Transporte de planta	Planta	0.45	16	7.20
	Reforestación	Planta	5.15	16	82.4
Mantenimiento	Producción de planta	Planta	4.11	8	32.88
	Transporte de planta	Planta	0.45	8	3.6
	Reforestación	Pieza	5.15	8	41.2
Asistencia técnica	Asesoría técnica	ha	2,236	1	2236
Costo total		Hectárea			2469.04

## Programa de actividades

Tabla VII.5. Programa de Reforestación.																			
Actividad	Año	Año 1					Año 2					→	Año...5						
	Bimestre											→							
Traslado de planta												→							
Plantación																			
Labores culturales												→							
Reposición de planta (para 80% sobrevivencia)												→							
Monitoreo y evaluación												→							

## Monitoreo y Evaluación

Se realizará un monitoreo anual para evaluar el éxito de las acciones de la reforestación, en función de la permanencia, del prendimiento y de la sobrevivencia de los individuos plantados dentro de la superficie seleccionada como medida compensatoria por la realización del proyecto. La evaluación consistirá en realizar un primer conteo para conocer la pérdida de plantas, contrastándolo con los sobrevivientes tres meses después haber realizado la plantación; De este modo, donde se detecte la muerte de algún individuo, se hará la correspondiente reposición en el temporal de lluvias, a fin de mantener la meta de 80% de sobrevivencia. En los siguientes años se realizará un monitoreo anual, con el fin de detectar plagas, enfermedades o deficiencias nutricionales en la plantación y tomar acciones oportunamente; además se realizará un conteo anual para conocer la pérdida de planta y su sobrevivencia final después del temporal de lluvias.

#### 4. Programa de Conservación de Suelos.

Las principales causas de la degradación del suelo en México son la realización de forma no sustentable de las actividades agrícolas y pecuarias (35%), la pérdida de la cobertura vegetal (7.5%) y en menor medida la urbanización, la sobreexplotación y las actividades industriales (2.4%); siendo la erosión o la pérdida de suelo superficial el tipo de degradación más dominante, la cual tiene serias consecuencias en las funciones del mismo: remueve los nutrimentos y la materia orgánica, reduce la profundidad de enraizamiento de las plantas y disminuye la tasa de infiltración y capacidad de retención de agua. Su efecto más evidente es la formación de cárcavas (SEMARNAT, 2008).

En el área del Proyecto y en general en el SAR, el suelo se encuentra sin degradación aparente, esto debido a la ausencia de actividades agrícolas, pecuarias, industriales y/o de servicios.

Este programa está encauzado básicamente a la conservación del suelo en áreas aledañas al proyecto y dentro del SAR delimitado para el mismo; a la restauración de aquellos sitios que presenten algún problema de erosión, y a la restauración del suelo que llegase a contaminarse de hidrocarburos u otra sustancia por algún derrame imprevisto.

##### **Objetivos:**

- Proteger y minimizar el proceso de pérdida de suelo en áreas aledañas al área del proyecto (cañada que se encuentra en el área de estudio del proyecto)
- Remediar la posible contaminación del suelo por los derrames accidentales de hidrocarburos u otras sustancias.

##### **Alcance:**

El presente programa se aplicará dentro del área de estudio delimitada para el proyecto, principalmente en las áreas aledañas la cañada que se encuentra al noroeste del sitio del proyecto.

Asimismo, incluye también la restauración/remediación del suelo por los derrames accidentales de hidrocarburos y otras sustancias que pudieran ocurrir en la construcción del proyecto.

### **Procedimiento constructivo de gaviones:**

Se identificarán los sitios que requieren de la construcción de presas de gaviones en los márgenes de la cañada, para su protección.

Una vez identificados los sitios mediante el uso de equipo GPS, se realiza el trazo sobre la margen de la cañada.

Con apoyo de maquinaria pesada se procede a retirar capa vegetal o material suelto hasta llegar al nivel de requerido por el proyecto, para afinar y compactar el terreno donde se desplantará el gavión utilizando placa vibratoria como equipo. En caso de requerirse se debe mejorar el terreno para tener un mejor desplante.

Con el equipo apropiada se transportan a cada sitio los gaviones de malla triple torsión clase I o III, para su armado. Se desdobra y se estira para evitar abombamientos de las paredes uniendo todas las paredes por medio de amarres de alambre galvanizado en sus aristas, formando un contenedor de malla de doble celda por el diafragma que lleva en el centro. Las tapas, diafragma y esquinas de las celdas se deben amarrar con alambre galvanizado para que puedan trabajar como un solo elemento y no puedan separarse al haber corrientes de agua muy fuertes.

Una vez armados se deben colocar de manera que queden alineados y unidos entre sí para formar filas, amarrándose entre ellos empleando alambre galvanizado con dobles colocado al inicio, a cada 30 centímetros y al final del gavión para asegurar su unión.

Cuando se tengan unidos formando filas se colocará cimbra metálica o de madera para conservar su estética durante su llenado. Para su llenado se debe emplear roca triturada con una granulometría de 4 a 8 pulgadas con un peso específico de 2300 a 2500 toneladas por metro cubico, colocando al centro la roca de menor granulometría y en el perímetro del contenedor de malla la roca de granulometría más grande tratando de dejar la menor cantidad de huecos.

A un tercio y dos tercios de llenado de la celda, se deben colocar en su interior dos tensores a lo largo y dos tensores en su ancho de la celda utilizando alambre galvanizado, para mantener su estabilidad y rigidez. Al terminar su llenado se cierra la tapa mediante amarres al inicio, a cada 30 centímetros hasta llegar al final. Para brindar una mayor resistencia se deben colocar los gaviones de forma cuatropeada.

**Sitios propuestos para evitar su erosión:**

Descripción	Distancia (m)	Altura del gavión (m)	Área a proteger (m2)	Coordenadas (zona 12R) (UTM X) (UTM Y)	
Tramo 1	994	1.5	1491	292244.95	3472357.10
Tramo 2	116	1.5	174	292006.41	3471844.53
Tramo 3	321	1.5	481.5	291874.45	3471564.89
Tramo 4	400	1.5	600	291776.61	3471183.05
Tramo 5	115	1.5	172.5	291601.24	3470806.92
Tramo 6	107	1.5	160.5	291496.70	3470652.53
Tramo 7	110	1.5	165	291420.98	3470394.10
<b>Total</b>	<b>2163</b>		<b>3244.50</b>		



### Ejecución de los trabajos:

Para su ejecución se consideran siete frentes de trabajo por tener siete sitios a proteger, empleando cuadrillas de mano de obra compuestas por cuatro ayudantes y un cabo, así como el uso de una retroexcavadora, camión de volteo de siete metros cúbicos, carretilla y placa vibratoria para el compactado de la base de desplante. Para los trabajos de excavación se considera la profundidad de cincuenta centímetros para los siete frentes. Para el caso de los acarrees de material se considera una distancia de 21 km promedio.

### Estimación de costos:

No.	CONCEPTO	CANT.	UNIDAD	PRESUPUESTO ESTIMADO	
				PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	LIMPIEZA Y TRAZO DEL TERRENO.	2,163.00	m2	\$ 49.94	\$ 108,015.57
2	EXCAVACIÓN PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS DE 0.00 A 0.50 m.	1,081.50	m3	\$ 243.67	\$ 263,526.58
3	REHABILITACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL BASE	324.45	m3	\$ 558.97	\$ 181,356.60
4	CONSTRUCCIÓN DE MURO GAVION DE SECCIÓN DE 1.0 x 1.0 x 2.0 m.	4,326.00	m3	\$ 1,825.22	\$ 7,895,888.95
5	ACARRERO DE MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN AL PRIMER KILOMETRO	1,081.50	m3-km	\$ 8.84	\$ 9,556.65
6	ACARRERO DE MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN EN KILOMETROS SUBSECUENTES	16,222.00	m3-km	\$ 6.50	\$ 105,373.06
				\$	8,458,344.35

### **Restauración del suelo por derrames accidentales de hidrocarburos u otras sustancias:**

- En general, las medidas mencionadas están enfocadas a prevenir y mitigar la contaminación del suelo en la etapa de preparación del sitio y construcción del Proyecto. La preparación y asignación de sitios específicos para la realización de las actividades de mantenimiento de la maquinaria y equipo, así como para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos, no peligrosos y especiales, está considerada como parte de las actividades que deberá realizar el encargado de la ejecución del Proyecto.
- En el caso de que hubiese derrames accidentales de hidrocarburos u otras sustancias al suelo, se establecerán las acciones necesarias de remediación para dar cumplimiento con lo establecido en las siguientes normas oficiales mexicanas:
  - NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.
  - NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
- Los productos recuperados y los materiales contaminados con ellos deberán ser almacenados, manejados y dispuestos conforme a lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Previsión y Gestión Integral de los Residuos (Artículos 2, Fracción XIV; 6, 15, fracción II y 24) y las siguientes normas oficiales mexicanas.
  - NOM-053-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
  - NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993.
  - NOM-021-SCT2-1994. Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos
- Con la finalidad de evitar la contaminación de suelo por fugas y derrames accidentales de grasas, aceites y lubricantes durante la etapa de preparación del sitio y construcción de las obras, se deberán ejecutar las actividades de cambios de aceite de la maquinaria y equipo a usar en sitios fuera del área del Proyecto, o en su defecto en áreas con cubierta asfáltica, considerando el uso de recipientes para coleccionar las grasas o aceites gastados, además de cubrir las superficies provisionalmente con algún material impermeable.



### **Indicador de seguimiento y control.**

El programa utiliza para su administración y mejora los indicadores siguientes:

Indicador ambiental                      Criterio de aceptación

I = Superficie de suelo restaurado / superficie de suelo contaminado por derrames accidentales de hidrocarburos.      C2 = Superficie de suelo restaurado > del 95%

Para su control y seguimiento, se deberá contar con un registro fotográfico.

- Período de ejecución. Para el caso de derrames accidentales de hidrocarburos, este programa se ejecutará en todas las etapas del Proyecto cuando esto ocurra.

## **5. Programa de Concientización y Capacitación Ambiental.**

### **Introducción:**

El propósito fundamental de la capacitación y concientización ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve. Para ello se reconoce la importancia de promover la formación de personas y grupos sociales. Los individuos formados entienden cómo las actividades humanas causan impactos diversos sobre el medio ambiente. Además, utilizan estos conocimientos para decidir de manera informada y razonada y asumiendo responsabilidades ambientales y sociales.

### **Objetivos:**

- Promover la conciencia ambiental del personal que participe en las diferentes obras actividades del proyecto, lo anterior para implementar la correcta aplicación de medidas propuestas y una actitud responsable del uso y manejo de los recursos naturales del sitio del proyecto.
- Implementar cursos de capacitación al personal del Proyecto sobre la aplicación y cumplimiento de la normativa ambiental aplicable; así como las sanciones y consecuencias derivadas de su incumplimiento.
- Generar materiales de información sobre el valor ecológico, social, económico y cultural, de los ecosistemas y recursos naturales del área del Proyecto, así como la prevención

de problemas de contaminación ambiental y difundirlos apropiadamente entre el personal, de acuerdo con la etapa de implementación que corresponda.

**Alcance:** Este programa será aplicado a todo el personal que labore en las diferentes obras y/o actividades del proyecto en sus diferentes etapas.

**Meta:**

Lograr la toma de conciencia mediante la educación ambiental de todo el personal que labore en las diferentes obras y/o actividades del proyecto en sus diferentes etapas.

**Actividades:**

- Previo al inicio de su actividad todo el personal recibirá un curso de concientización ambiental en el cual se destacará la importancia que representa el entorno ambiental del Proyecto y la normativa ambiental que lo regula y que se deberá cumplir.
- Se implementarán cursos sobre el manejo integral de los residuos para su información, concientización y capacitación; con el objetivo que se conozca la clasificación y manejo de los residuos que serán generados.
- Se capacitará al personal en el manejo y control de residuos peligrosos, así como en las acciones que se deberán realizar ante fugas o derrames accidentales de hidrocarburos u otro tipo de residuos para su mitigación y corrección.
- Se elaborarán y suministrarán materiales de apoyo que describan la importancia de la protección y conservación del ambiente y sensibilice a los trabajadores sobre los efectos que tienen sus actividades en el ambiente.
- Se difundirá al personal sobre la diversidad de fauna que podrán encontrar en el SAR, así como la normativa ambiental que las protege y las medidas preventivas que deberán acatar durante su estancia en sitio del proyecto; haciendo énfasis en no coleccionar o dañar especies de flora ni cazar ningún tipo de fauna.
- Se señalarán las áreas del Proyecto que se deberán proteger y conservar.
- Se llevarán a cabo pláticas de concientización con el personal sobre la importancia de minimizar la generación de residuos, y su implicación como una fuente de contaminación.
- Se concientizará al personal en respetar el área establecida como sitio trabajo, a fin de evitar impactos adicionales a los descritos en el capítulo V, haciendo hincapié en evitar afectaciones en las áreas adyacentes al área del proyecto.

Con el objetivo de verificar la concientización del personal que estará presente en el sitio del proyecto, como una estrategia de vigilancia y seguimiento se aplicarán las siguientes acciones:

- El responsable de la implantación del presente programa realizará periódicamente en los diferentes frentes de trabajo recorridos, a fin de supervisar el adecuado cumplimiento de la normativa ambiental, principalmente en lo referente al manejo integral de los residuos.
- Se establecerán sanciones al personal que incumpla las disposiciones establecidas en materia ambiental o ante conductas indeseadas en torno al cuidado del ambiente.
- Las personas encargadas de la supervisión de los trabajos serán capacitadas continuamente con el objetivo de reducir los impactos ambientales que generará el proyecto.
- Se elaborarán folletos informativos con información relevante del proyecto encaminadas al cumplimiento ambiental.

**Indicador ambiental:**

Indicador ambiental	Criterio de aceptación
I1 = No. de trabajadores capacitados	$C1 \geq 80\%$ de personal capacitado

**Seguimiento y control:**

Se llevará una bitácora del registro de los cursos impartidos, de asistencia del personal; evaluación de los cursos; cumplimiento del programa de capacitación; así como registro documental y fotográfico

Período de ejecución. Continua. En cada una de las etapas del Proyecto, principalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, que será cuando se tendrá el mayor número de personal contratado.

**Costo estimado del programa:**

El costo estimado para la aplicación de este programa es de **\$ 600,000.00 pesos M.N.**

## 6. Programa de monitoreo de fauna.

### Introducción:

Derivado del análisis de los impactos que se prevén ocurran por la ejecución de las obras y/o actividades para desarrollar el proyecto Fotovoltaico, se estimó que uno de los efectos negativos será el de la pérdida de hábitat para la fauna silvestre dentro del área de proyecto, asimismo al existir especies bajo algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, tal como el berrendo de los cuales no se cuenta con la certeza de su distribución o sus corredores biológicos en la actualidad, resulta de gran importancia ecológica entender las dinámicas de los individuos de fauna, y su interacción con el Proyecto, motivo por el que se propone para su consideración el Programa de Monitoreo de Fauna.

### Objetivo:

Conocer y dar seguimiento a la biodiversidad de fauna existente en el SAR delimitado para el proyecto, permitiendo con ello valorar los posibles efectos de las obras y actividades llevadas a cabo hacia este importante factor.

### Alcance:

El monitoreo de fauna se deberá iniciar una vez terminadas las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto y darle seguimiento una vez por año durante la operación del mismo, durante un periodo de 5 años, esto con la intención de conocer los efectos del proyecto sobre las componentes ambientales evaluados en el capítulo V de este documento y en caso de que sea necesario proponer nuevas medidas que atiendan a los efectos observados tanto en comportamiento, hábitat, o demás dinámicas que lleven a cabo los individuos de fauna.

### Acciones:

- 1.- Se realizará un muestreo de fauna en el SAR y área del proyecto, para elaborar los correspondientes listados faunísticos, describiendo las técnicas empleadas durante el muestreo.
- 2.- Se llevará a cabo la descripción de las especies identificadas en el SAR y área del proyecto, así como su distribución y abundancia en el sitio.
- 3.- Se describirán los hábitats en los cuales se establezcan las especies reportadas.

4.-Se deberá realizar la descripción de los hábitos y comportamientos de las especies reportadas, así como la importancia ecológica de éstas, y se comparará con lo observado en la realidad en el área del proyecto y sus inmediaciones.

5.-Se determinarán los índices de biodiversidad de las especies encontradas.

6.-Con la información recabada se deberá hacer un análisis de la calidad ecosistémica del sitio y establecer indicadores de grado de deterioro y/o conservación.

7.-Se incluirá el análisis de los efectos del proyecto en la fauna silvestre, considerando la información contenida en este DTU como línea base para el entendimiento de las dinámicas.

**Indicador ambiental:**

Indicador ambiental

I1 = Identificación de patrones de comportamiento antes y después del proyecto.

I2 = Integración del proyecto con las especies faunísticas

**Seguimiento y control:**

Anualmente se llevarán a cabo los análisis de la información recabada en los monitoreos, reportándose a la autoridad ambiental.

Período de ejecución anual, durante cinco años.

**Costo estimado del programa:**

El costo estimado para la aplicación de este programa es de **\$ 3,000,000.00 pesos M.N.**

**VII.3. Seguimiento y control.**

En cada uno de los programas que integran el PMA, descritos anteriormente, se proponen los indicadores de seguimiento y control, los cuales irán documentando el cumplimiento del programa.

**VII.4. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas.**

Para estimar este apartado se realizó un análisis de costos de cada uno de los programas mencionados anteriormente, las cuales serán las medidas que se

implementarán por el desarrollo del proyecto, con la finalidad de establecer la garantía o seguro que indica el Artículo 52 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de la Evaluación del Impacto Ambiental.

En el cuadro siguiente se presentan los costos de los programas a aplicar en el PMA.

<b>Tabla VII.6. Costos estimados de los Programas que conforman el Programa de Manejo Ambiental (PMA).</b>	
<b>Nombre del Programa</b>	<b>Costo estimado (\$)</b>
Programa de rescate y ahuyentamiento de fauna, y rescate y reubicación de flora.	7,500,000.00
Programa de manejo integral de residuos	2,500,000.00*
Programa de Reforestación	246,904.00*
Programa de conservación de suelos	8,454,344.35
Programa de concientización y capacitación ambiental	600,000.00
Programa de Monitoreo de Fauna	3,000,000.00*
<b>Total</b>	<b>22,301,248.4</b>

\* Estos costos se estima que se eroguen anualmente, más el aumento en la inflación.

En resumen, el costo estimado del programa de Manejo Ambiental para el proyecto CFV Puerto Peñasco Fase I (120 + 300 MW) es de alrededor de \$ 22,301,248.40 pesos MN.

La CFE cuenta con una póliza integral, que incluye daños al medio ambiente, de la cual se presenta a continuación su carátula.



Grupo Mexicano de Seguros S.A. de C.V.  
Tecoyotitla 412 Edificio GMX  
Col. Ex Hacienda de Guadalupe Chimalistac,  
Ciudad de México, 01050, Tel. 55 5480 4000

**RENOVACION GOBIERNO MULTIPOLIZA  
SME 1ER RIESGO- CUENTAS ESPECIALES  
IDENTIFICADOR DE POLIZA: 01-079-07000016-0000-03**

OFICINA	PRODUCTO	PÓLIZA	ENDOSO	RENOVACIÓN
01	CIUDAD DE MEXICO	079	07000016	0000

Grupo Mexicano de Seguros, S.A. de C.V., en adelante mencionada como GMX SEGUROS, asegura de acuerdo con las condiciones generales y particulares de esta póliza a la persona física o moral denominado en adelante El Asegurado:

<b>Contratante</b>	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	<b>RFC</b>	CFE370814QI0
<b>Domicilio</b>	AV. PASEO DE LA REFORMA 164 . JUAREZ ,	<b>Fecha de Nacimiento / Constitución</b>	
<b>Entidad/C.P.</b>	CUAUHTEMOC, CIUDAD DE MÉXICO CIUDAD DE MEXICO 06600		14 AGOSTO 1937

<b>Agente</b>	1143 - GRUPO MEXICANO DE SEGUROS SA DE CV
---------------	---

<b>Vigencia</b>	365 Días	<b>Moneda</b>	DOLAR AMERICANO
<b>Desde</b>	30 JUNIO 2021 12:00 horas de la Ciudad de México		
<b>Hasta</b>	30 JUNIO 2022 12:00 horas de la Ciudad de México		
		<b>Forma de Pago</b>	CONTADO

**Descripción de Bienes y Riesgos Cubiertos:**

Los bienes cubiertos, ubicación, giro o actividad, sumas aseguradas, deducibles y, en su caso, coaseguro se describen en la especificación anexa a esta póliza.

	Prima Neta	Recargo	Derecho	I.V.A.	Total
<b>Prima</b>	US\$70,125,000.00	US\$0.00	US\$100.00	US\$11,220,016.00	US\$81,345,116.00

**Artículo. 25.- Si el contenido de la póliza o sus modificaciones no concordaren con la oferta, el Asegurado podrá pedir la rectificación correspondiente dentro de los treinta días que sigan al día que reciba la póliza. Transcurrido este plazo se considerarán aceptadas las estipulaciones de la póliza o de sus modificaciones.**

En términos de lo cual Grupo Mexicano de Seguros, S.A. de C.V., firma la presente póliza en la Ciudad de México. Esta póliza no es un comprobante de pago, por lo que es necesario exigir su recibo al liquidar la prima.

Firma del funcionario autorizado



ESPECIFICACIÓN QUE SE ADHIERE Y FORMA PARTE INTEGRANTE DE LA PÓLIZA  
01-079-07000016-0000-03



PÓLIZA  
INTEGRAL  
(2021-2022)

6



**ESPECIFICACIÓN QUE SE ADHIERE Y FORMA PARTE INTEGRANTE DE LA PÓLIZA  
01-079-07000016-0000-03**

ESPECIFICACIÓN QUE SE ADHIERE Y/O FORMA PARTE INTEGRANTE DE LA PÓLIZA No. 01-079-07000016-0000-03 EXPEDIDA POR GRUPO MEXICANO DE SEGUROS, S.A. DE C.V. A NOMBRE Y A FAVOR DE: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Y SUS EMPRESAS PRODUCTIVAS SUBSIDIARIAS: CFE GENERACIÓN I, CFE GENERACIÓN II, CFE GENERACIÓN III, CFE GENERACIÓN IV, CFE GENERACIÓN V, CFE GENERACIÓN VI, CFE TRANSMISIÓN, CFE DISTRIBUCIÓN, CFE SUMINISTRADOR DE SERVICIOS BÁSICOS y CFE TELECOMUNICACIONES E INTERNET PARA TODOS.

CARÁTULA  
PÓLIZA INTEGRAL N° 01-079-07000016-0000-03  
(2021-2022)

SECCIÓN	LÍMITE MÁXIMO DE RESPONSABILIDAD	SUBLÍMITE DE RESPONSABILIDAD	DEDUCIBLE AGREGADO ANUAL	DEDUCIBLE OPERATIVO POR EVENTO U OCURRENCIA
I. DAÑOS A LA PROPIEDAD	USD 400,000,000 COMO AGREGADO ANUAL (LÍMITE INDEPENDIENTE)	ROTURA DE MAQUINARIA Y APARATOS A PRESIÓN: USD 100,000,000 POR EVENTO U OCURRENCIA	USD 80'000,000	RIESGOS CATASTRÓFICOS: USD 2,500,000 OTROS RIESGOS: USD 1,000,000
LIMPIEZA DE BIFENILOS PÓLICLORADOS (ASKARELES) Y LIMPIEZA POR DERRAME DE ACEITE		USD 1,000,000		NO APLICA
OBJETOS DE ARTE		NO APLICA		10% DEL VALOR
II. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN	USD 50,000,000 COMO AGREGADO ANUAL (LÍMITE INDEPENDIENTE)	NO APLICA		RIESGOS CATASTRÓFICOS: USD 2,500,000 OTROS RIESGOS: USD 1,000,000
III. EQUIPO ELECTRÓNICO Y/O DE LABORATORIO Y/O DE COMUNICACIÓN	USD 25,000,000 COMO AGREGADO ANUAL (LÍMITE INDEPENDIENTE)	NO APLICA		USD 100,000
IV. RESPONSABILIDAD CIVIL Y RESPONSABILIDAD PATRIMONIAL DEL ESTADO	USD 200,000,000 COMO AGREGADO ANUAL (LÍMITE INDEPENDIENTE)	USD 40,000,000 POR EVENTO U OCURRENCIA	NO APLICA	EN DAÑOS A PERSONAS: MXP 2,000,000.00 EN DAÑOS A BIENES: USD 200,000
V. TERRORISMO	USD 50,000,000 COMO AGREGADO ANUAL (LÍMITE INDEPENDIENTE)	NO APLICA	NO APLICA	USD 5,000,000

## VIII. PRONOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

### Introducción:

El municipio de Puerto Peñasco tiene una extensión territorial de 5,653 km<sup>2</sup>, colinda al norte con Estados Unidos y el municipio de Plutarco Elias Calles, al este con el municipio de Caborca, al Sur con el Golfo de California y al oeste con el municipio de San Luis Río Colorado.

El área de estudio (SAR) delimitado para el proyecto que nos ocupa se encuentra dentro del municipio de Puerto Peñasco y tiene una extensión de 35 507.75 ha; mientras que el área del proyecto ocupará una superficie de 813.52 ha.

El municipio de Puerto Peñasco ha experimentado en los últimos años un importante crecimiento en sus actividades turísticas, esto con el consecuente incremento de población y requerimientos de servicios e infraestructura, que inciden de manera directa en el SAR del área de estudio aunque se generen fuera del éste. Es por esto que resulta importante entender y analizar estos efectos para el análisis de los diferentes escenarios que se pudieran presentar a causa del desarrollo del proyecto fotovoltaico.

### VIII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

Acontinuación se describen los componentes ambientales del SAR sin la presencia del proyecto:

#### **Calidad del aire:**

Las actividades predominantes en la región son las turísticas y pesqueras.

El problema de la contaminación atmosférica en el área de estudio se atribuye principalmente a las características físicas de los suelos, las condiciones meteorológicas, la falta de pavimentación de gran parte del área urbana y el parque vehicular; este problema se presenta principalmente en la ciudad de Puerto Peñasco.

Se estima que gran parte de las concentraciones de partículas suspendidas, en su fracción respirable menores a 10 micras (PM-10), son causadas por polvos de caminos sin pavimentar y del ecosistema en el que se encuentra inmerso, sin que estos efectos incidan de manera considerable en la calidad deñ aire en el SAR, en donde la cción del viento sobre el suelo sería el agente de disturbio del cual depende la calidad del aire en el SAR.

Por lo anterior, se puede concluir que la calidad del aire en el SAR y sitio del proyecto es considerada de buena a regular.

### ***Emisión de ruido:***

Actualmente en el área de estudio delimitada para el proyecto no se cuenta con fuentes fijas generadoras de emisión de ruido. Las emisiones de ruido provienen principalmente de fuentes móviles como vehículos que circulan por la carretera estatal No. 3 Puerto Peñasco-Caborca, y el paso del tren, además se encuentra el aeropuerto internacional Mar de Cortés el cual se encuentra fuera de operación comercial y por lo tanto no es generador de emisiones de ruido. Por lo anterior se concluye que la calidad del aire en lo que se refiere a la emisión de ruido es buena ya que los agentes de disturbio son de muy corta temporalidad.

### ***Suelo:***

Los suelos presentes en el Sistema Ambiental Regional son suelos arenosos característicos de zonas desérticas, son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes. En cuanto a las propiedades físicas presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua. En términos generales son suelos en gran medida susceptibles a la erosión eólica. Por lo que la calidad del suelo en el SAR es mala para desarrollo de actividades agropecuarias, lo que evita que la calidad del ambiente se vea afectada negativamente por agentes contaminantes y que presente características de un ecosistema conservado, aunque en ocasiones se pueda ver afectado por un manejo inadecuado de residuos encontrándose estos a las orillas de la carretera, y que por la acción del viento y paso de vehículos se puedan internar dentro del SAR.

### ***Hidrología:***

En el área de estudio no existen corrientes perenes, sin embargo, las corrientes intermitentes son de importancia. El Río Sonoyta constituye el colector principal, su trayecto desemboca en el Golfo de California, su dirección preferencial NE-SW hasta el Papalote, donde cambia al Sur hasta su desembocadura.

El cauce del río permanece seco la mayor parte del año y por este carácter estacional, sus afluentes son pequeños y sin nombre conocido. El Río Sonoyta pierde su flujo a la altura del poblado conocido como Los Vidrios Viejos, dentro de la Reserva de la Biosfera de El Pinacate, donde ocurren los últimos afloramientos naturales.

La explotación del agua subterránea se lleva a cabo por medio de pozos. La recarga media anual de estos acuíferos se ha estimado en 35 millones de m<sup>3</sup>, provenientes esencialmente de la infiltración vertical de la lluvia y de la infiltración que ocurre a través del cauce del río

Sonoyta. La profundidad de los niveles estáticos varía desde menos de 10 metros, al Oeste de Sonoyta, hasta más de 130 metros en el Noreste del área. La calidad del agua presenta variaciones que van de dulce a salada, predominando el agua tolerable, obviamente las mayores concentraciones de sales se tienen hacia la región costera con valores superiores a los 30,000mg/l. Las familias de agua predominantes, según la clasificación de Chase Palmer, son: Sódica Bicarbonatada, Sódica Clorurada y Sódica Mixta, en tanto su potencial de hidrógeno (PH) revela a presencia de aguas agresivas e incrustantes. Conforme se avanza hacia la costa, las aguas subterráneas presentan mayores concentraciones de sal.

### Disponibilidad del Agua

El agua es un recurso crítico en la región, debido al clima extremoso, bajas precipitaciones y a su escasez. Actualmente en el municipio de Puerto Peñasco existe una gran presión sobre los recursos hidráulicos particularmente de los acuíferos.

El acuífero Valle de Sonoyta-Puerto Peñasco del cual se abastece el Municipio de Puerto Peñasco se encuentra en el extremo norte del estado de Sonora, limitando al norte con la línea que define la frontera con los EUA, al oeste con el acuífero Los Vidrios, al este con los acuíferos Arroyo Sahuaro, Los Chirrones y Arroyo Seco y al sur con el Mar de Cortés. El acuífero está localizado en el gran Desierto de Altar, al Noroeste del estado de Sonora y forma parte de la Cuenca del Río Sonoyta en territorio mexicano. Cubre parcialmente los municipios de Puerto Peñasco, Plutarco Elías Calles, Caborca y Altar; y registra un volumen de extracción de **109,071,000 m<sup>3</sup>**<sup>1</sup> anuales.

La disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero es la siguiente:

$$\text{DMA} = R - \text{DNC} - \text{VEAS}$$

$$\text{DMA} = 41.4 - 15.9 - 109.071000 \text{ DMA} = -83.571000 \text{ hm}^3 / \text{año}.$$

El resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de **-83,571,000 m<sup>3</sup>** anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero.

### Vegetación:

En el área de estudio delimitada para el proyecto se encuentran los siguientes tipos de vegetación: Matorral desértico microfilo, matorral sarcocaula y vegetación de desiertos

---

<sup>1</sup> Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del 20 de febrero del 2020.

arenosos, en el área donde se llevará a cabo el proyecto presenta en su totalidad vegetación de desiertos arenosos. En cuanto a la vegetación presente en el SAR esta no esta sujeta a presión significativa por la población local y fisiológicamente se encuentran en buen estado de conservación.

La riqueza de especies y su densidad en el SAR son reducidos ya que en total se identificaron solamente 22 especies distribuidas en los cuatro estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y suculentas), con un total de 700 individuos por hectárea, siendo el estrato arbustivo el más rico con 8 especies y 443 individuos por hectárea aproximadamente.

### **Fauna:**

La riqueza de especies dentro del área de estudio es considerada de media a baja. De acuerdo con la información generada en los muestreos realizados se reporta lo siguiente:

- 62 especies de aves
- 18 especies de mamíferos
- 16 especies de reptiles
- 1 especie de anfibios

De las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, las siguientes:

- 4 especies de aves
- 4 especies de mamíferos
- 11 especies de reptiles.

No obstante que muchas de las especies se encuentran bajo un estatus de protección, también se encontró que la abundancia y distribución de estas especies son un fuerte indicador de conservación de la biodiversidad y de su presencia en la región, por lo que no se considera que el SAR presente condiciones únicas o excepcionales para la presencia de la biodiversidad.

### **Paisaje:**

El paisaje presente en el SAR esta caracterizado principalmente por vegetación de desiertos arenosos, con arbustos bajos como *Larrea tridentata* y *Atriplex sp.* Casi en su totalidad, el SAR presenta planicies con pendientes menores a 15 grados por lo la visibilidad es alta hasta distancia aproximadas de 200 m desde el punto de visión, el cual se limita a la carretera estatal No. 3 ya que no existe infraestructura o pasos libres para los visores, siendo el único punto

totalmente visible la Sierra Pinta que se encuentra aproximadamente a 15 km en línea recta a la carretera.

Por otra parte, los principales agentes de disturbio del paisaje en el SAR son la carretera, caminos de terracería, infraestructura hotelera, el aeropuerto, las vías del tren y por último desechos de residuos sólidos urbanos a los costados de la carretera.

Por otra parte el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Puerto Peñasco 2019-2021 indica que la tendencia de la ciudad de Puerto Peñasco seguirá creciendo en la actividad económica y la población. En tal sentido, el crecimiento continuo de la actividad económica, crecimiento poblacional y demanda de vivienda, serán los principales factores que incidirán de manera directa en la composición del ecosistema, así como en su estado de salud y funcionalidad.

La cantidad y calidad de los servicios e infraestructura es un componente que limita al desarrollo poblacional y crecimiento económico en la región, por lo que de no desarrollar este proyecto no se podrá satisfacer la demanda de suministro eléctrico para alcanzar las metas de la región en cuanto a desarrollo económico y calidad de vida.

## **VIII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto.**

A continuación se presenta el análisis del escenario con proyecto y sin la aplicación de medidas que amortiguen la significancia de los impactos y que podría ocasionar el mismo.

Se estima que en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán, en mayor medida, una serie de impactos ambientales de carácter negativo a nivel local, sin embargo no así a nivel regional ya que los factores ambientales que se verán impactados se encuentran bien representados en el SAR y por ende el sistema tiene alta capacidad de resiliencia. Los impactos mas significativos serán ocasionados hacia los factores ambientales vegetación, fauna y paisaje, esto debido a la necesidad de realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para la construcción del proyecto.

Los componentes macroestructurales como son los procesos geomorfológicos e hidrológicos no se verán afectados en forma directa por las actividades del proyecto, ya que estos se caracterizan porque tardan mucho tiempo en manifestar cambios, sin embargo, por otra parte los componentes mesoestructurales (hidrología superficial, vegetación, suelo, fauna, etc), si suelen ser vulnerables ante cualquier efecto negativo en el ambiente siendo los primeros en resentirlos.

A continuación se presentan los aspectos mas relevantes acerca de los impactos que serán generados en el área del proyecto:

### **Calidad de aire:**

El flujo de vehículos y maquinaria aumentarán considerablemente durante las etapas de preparación del sitio y construcción principalmente, así pues como consecuencia incrementaran las emisiones de polvos y humos producto del tránsito de vehículos y maquinaria. Estas etapas serán de corta duración, por lo que su significancia es baja y se presentará en forma local así mismo, por la buena calidad del aire en el SAR este efecto será rápidamente absorbido sin que genere efectos acumulativos o sinérgicos en la región .

Las etapas de mayor duración corresponden a la operación y mantenimiento de la central e infraestructura asociada. Durante estas etapas no se producirán emisiones significativas, al limitarse estas a las provenientes del tránsito de algunos vehículos automotores que se requieren para asegurar la funcionalidad del proyecto.

### **Emisión de ruido:**

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las fuentes generadoras de ruido serán los vehículos y maquinaria utilizada para la instalación del proyecto, así como la presencia de personal en el sitio del mismo. La emisión de ruido proveniente de las actividades de estas etapas será temporal.

En las etapas de operación y mantenimiento la emisión de ruido será casi nula, ya que por la naturaleza de este tipo de centrales estas no requieren de un seguimiento continuo por parte del personal.

De igual manera en la etapa de desmantelamiento y abandono del sitio se generaran nuevamente de manera temporal emisiones de ruido generadas por el uso de vehículos, maquinaria y presencia de personal en el sitio del proyecto.

No obstante lo anterior, se prevé que las emisiones de ruido no sobrepasaran los límites máximos establecidos en la normativa ambiental en la materia.

### **Suelo:**

El área donde se llevará a cabo el proyecto una vez realizadas las actividades de desmonte y despalle, quedaran expuestas y se favorecerá el efecto erosivo del viento (erosión eólica) en el sitio destinado para el proyecto. Así mismo, debido a un posible mal manejo de los residuos generados durante todas y cada una de las etapas del proyecto se podría afectar la calidad del suelo por posibles derrames de aceites e hidrocarburos en el terreno natural.

### **Hidrología:**

No se espera ningún tipo de modificación a la hidrología superficial y/o subterránea por la realización del proyecto, debido a que en el sitio del mismo no se interfiere con cuerpos de agua superficiales ni con corrientes intermitentes de agua.

No se contempla obtener aprovechamientos de agua superficial ni descargar aguas residuales a ningún cuerpo de agua.

### **Vegetación:**

Para llevar a cabo la construcción del proyecto se requiere del desmonte en aproximadamente 813.52 ha de vegetación de desiertos arenosos.

La pérdida de la cobertura vegetal será de manera permanente en las 813.52 ha, ocasionando, de manera directa, un impacto en el hábitat de las especies faunísticas, así como la capacidad de retención de suelo e infiltración de agua.

En el área del proyecto se registraron un total de 4 especies, una en el estrato arboreo (*Prosopis glandulosa*) y las otras 3 correspondientes al estrato arbustivo (*Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. y *Ephedra trifurca* Torr. ex S.Wats.), las cuales se encuentran totalmente representadas tanto en el SAR como en el Noroeste de Sonora.

Para el caso de la vegetación es importante mencionar que en el área del proyecto no se encontraron especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Fauna:**

Desde el inicio de las etapas de preparación del sitio y construcción se afectará a este factor, esto por la presencia del personal que laborará en el sitio del proyecto y porque se requerirá el uso de vehículos y maquinaria pesada para realizar las obras civiles que requiere el proyecto (construcción de caminos, excavaciones, cimentaciones, etc). Estas acciones ocasionaran impactos sobre la fauna en especial en el grupo de reptiles y mamíferos pequeños de lento desplazamiento, por lo que incrementaría potencialmente la tasa de mortalidad de éstas, incluyendo especies en NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Paisaje:**

Durante las diferentes etapas del proyecto se modificará la calidad del paisaje que se tiene



actualmente, por la instalación de la infraestructura eléctrica (paneles fotovoltaicos, subestaciones y otras obras permanentes del proyecto), las cuales serán visibles desde la carretera estatal que se encuentra a un costado del sitio del proyecto. No obstante lo anterior, el proyecto será visible únicamente durante el trayecto por la carretera estatal No. 3.

En conclusión, podemos inferir que los principales impactos por el desarrollo del proyecto inciden en la composición del paisaje, así como en el componente biótico del ecosistema (flora y fauna), no obstante lo anterior serán focalizados en el área del proyecto, sin que esto represente un impacto a nivel regional.

### **VIII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.**

Como resultado de la evaluación de los impactos ambientales previstos en el capítulo V de este documento, así como el análisis del ecosistema y con la finalidad de preservar la funcionalidad del ecosistema donde se desarrollará el proyecto se propusieron algunas medidas preventivas, de mitigación y/o compensación (capítulo VII), por lo que a continuación se presenta el escenario con la aplicación de éstas.

#### ***Calidad del aire:***

Para prevenir y/o mitigar el impacto ambiental que se ocasionará a la calidad del aire por el tránsito de vehículos y uso de maquinaria durante las diferentes etapas del proyecto (en particular en las etapas de preparación del sitio y construcción), se implementarán las medidas descritas en el capítulo VII de este documento, las cuales consisten especialmente en llevar a cabo y asegurarse que todos los vehículos y maquinaria utilizada cumplan con sus mantenimientos preventivos, así mismo para evitar el levantamiento de polvos se propone transitar a bajas velocidades, aplicar riego en los sitios de trabajo y proteger con lonas los camiones que transporten materiales. Con la aplicación de estas medidas se vigilará el cumplimiento de las normas ambientales aplicables en la materia.

Por lo anterior se considera, que las condiciones actuales en lo que respecta a la calidad del aire no serán modificadas de forma significativa por el desarrollo del proyecto, ya que el impacto será temporal, y local y su efecto al aplicarse las medidas descritas se verá reducido considerablemente.

#### ***Emisiones de ruido:***

Como ya se comentó anteriormente, se espera que durante las etapas de preparación del sitio y construcción aumenten las emisiones de ruido, sin embargo se espera que con la aplicación

de las medidas preventivas y/o de mitigación se puedan reducir dichas emisiones y así garantizar un emisión de ruido que no rebase los límites máximos permisibles de la normativa ambiental aplicable en la materia.

Este impacto es catalogado como local y de corta duración.

**Suelo:**

Con la realización de las actividades de desmonte y despilme en el área del proyecto (813.52 ha) se potencializa el riesgo de erosión por lo que las medidas propuestas en el capítulo VII de este documento resultan efectivas para mitigar este efecto propiciando la retención del suelo en el SAR. (Programa de Conservación de Suelos y Programa de Reforestación).

Por el uso de vehículos y maquinaria durante las diferentes etapas del proyecto se puede potencializar una posible contaminación del suelo por posibles derrames accidentales de aceite e hidrocarburos, sin embargo aplicando las medidas propuestas estos impactos resultan no significativos con relación al desarrollo del proyecto.

**Hidrología:**

El proyecto no presentara modificaciones en la hidrología. Desde el diseño de las obras civiles del proyecto, se tomará en cuenta la construcción de las obras de drenaje para conducir adecuadamente las corrientes pluviales (cuando existan) y favorecer así su infiltración en el acuífero subterráneo y así mitigar la erosión del suelo y la pérdida de superficie de captación de agua.

No se realizarán descargas a cuerpos de agua superficiales cercanos (humedal y estero).

En el escenario modificado por el proyecto, no se prevé la alteración a este factor ambiental ni contaminación o disminución de la disponibilidad de agua por causa del proyecto.

**Vegetación:**

Debido a la pérdida de cobertura vegetal en el área del proyecto (813.52 ha) se propuso el Programa de rescate y reubicación de flora, mediante el cual se realizará el transplante de individuos de *proposis glandulosa* presentes en el sitio del proyecto, esto debido a la importancia ecológica de esta especie en la región, así mismo, de ser el caso de encontrar especies de cactáceas estas serán rescatadas, esta medida se aplica como mitigación al daño ocasionado en el sitio del proyecto. Así mismo, se plantea como medida de compensación un

programa de reforestación dentro del SAR. La pérdida de la cobertura vegetal en el sitio del proyecto es de forma definitiva durante la vida útil del proyecto.

**Fauna:**

Este factor ambiental será uno de los más afectados con la realización del proyecto, es por eso que se estableció el Programa de rescate y ahuyentamiento de fauna, con el objetivo de implementar técnicas de amedrentamiento que ahuyenten a los individuos hacia áreas aledañas al sitio del proyecto, así como el rescate y reubicación de especies de lento desplazamiento (reptiles y mamíferos pequeños). Este programa se aplicará previo al inicio de las actividades de preparación del sitio.

En relación a las especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, la aplicación de la medida propuesta será exhaustiva.

Todas las especies de fauna encontradas en el área del proyecto se encuentran representadas en el SAR delimitado para el mismo, por lo que no se pondrá en riesgo su presencia en la región.

**Paisaje:**

Este componente ambiental se verá afectado desde la etapa de preparación del sitio y durante toda la vida útil del proyecto ya que los paneles solares y demás infraestructura eléctrica que requiere el proyecto para su adecuada operación serán visibles, modificando así la estructura paisajística del sitio, y considerando que se tiene un área casi plana, cobertura vegetal arbustiva de poca altura y el área del proyecto se encuentra situado al pie de la carretera estatal No. 3 se considera que este impacto será significativo. Por lo que éste es considerado como un impacto residual, irreversible y sin medidas de mitigación aplicables.

No obstante lo anterior, la frecuencia de observadores en el sitio no es alta, ya que éstos se encuentran principalmente en la ciudad de Puerto Peñasco y en las playas del complejo turístico Mayan Palace, limitando la visibilidad del proyecto únicamente durante el tránsito, frente a éste, por la carretera estatal No. 3.

Sin embargo, cabe señalar que el desarrollo de parques fotovoltaicos en otras partes de la República Mexicana han sido aceptados por parte de las comunidades aledañas a los mismos, por lo que este impacto resulta ser positivo o negativo dependiendo de la percepción del observador.

#### VIII.4. Pronóstico ambiental.

Con base en lo anterior y considerando la aplicación de las medidas propuestas en el Capítulo VII de este documento se infiere que:

El SAR y el área donde se desarrollará el proyecto, actualmente muestra poca evidencia del desarrollo de actividades antropogénicas, esto puede ser debido en gran medida a la extrema aridez del sitio, la baja disponibilidad de agua y las condiciones edafológicas presentes en el área de estudio. Los tipos de vegetación presentes en el área de estudio son los siguientes: Vegetación de desiertos arenosos que cubre el 88.5%, del SAR y 100 % del área del proyecto, Matorral Sarcocaula con el 8.3%, Matorral desértico microfilo con el 0.7%, sin vegetación aparente con el 1% (campo de dunas) y vegetación halófila hidrófila 1.6%. El sitio donde se llevará a cabo el proyecto está dominado por unas cuantas especies (*Proposis glandulosa* en el estrato arboreo, *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Covill, *Atriplex sp.* y *Ephedra trifurca Torr. ex S.Wats* en el estrato arbustivo y presentando el mayor número de individuos); para el caso de la fauna, dentro del SAR se encontraron 62 especies de aves, 18 especies de mamíferos, 16 especies de reptiles y solo una especie de anfibio, de éstas existen en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuatro especies de aves de las cuales una se encuentra en peligro, cuatro especies de mamíferos una amenazada y una en peligro, 11 especies de reptiles de las cuales cinco están amenazadas y dos en peligro. En el sitio donde se llevará a cabo el proyecto se encontraron ocho especies de aves una de ellas en categoría de riesgo, ocho especies de mamíferos, una en peligro y otra amenazada y 12 especies de reptiles con cuatro especies amenazadas y una en peligro. Las especies de flora y fauna encontradas en el sitio del proyecto no son especies diferentes a las encontradas en el SAR por lo que estas se encuentran representadas en el mismo, ya que el área en donde se plantea desarrollar el proyecto no se considera con alguna característica excepcional o única, para el establecimiento de las interacciones ecosistémicas, y sí un reflejo de la composición del resto de la región.

Con el desarrollo del proyecto no se pondrán en riesgo la calidad del aire, ni se incrementarán las emisiones de ruido, ya que si bien es cierto que en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto estas podrían aumentar, este impacto sería temporal y focalizado en el área de influencia, asimismo durante las etapas de operación y mantenimiento del proyecto la afectación al factor aire se resume en la operación de vehículos automotres que se requieren para trasladar al personal dentro del área del proyecto, para dar mantenimiento o para verificar la correcta operación de los componentes de la central.

Otro de los factores que no será modificado con el desarrollo del proyecto es el factor agua, esto debido a que dentro del área del proyecto no se encontraron cuerpos de agua superficiales, ni perenes, así mismo se respetarán los patrones de drenaje durante las etapas

de preparación del sitio y construcción del proyecto, y desde su diseño se plantea la construcción de las obras civiles que garanticen que los efectos generados por el CUSTF no pongan en riesgo la capacidad ambiental de retención del suelo, ni de infiltración de agua, aunado lo anterior a los programas de manejo ambiental propuestos, se garantiza que por el desarrollo del proyecto no aumentará la erosión, ni se propiciará la pérdida de agua de recarga al acuífero.

Con el desarrollo del proyecto CFV Puerto Peñasco (120 + 300 MW), la CFE aprovechará el excelente recurso solar de la zona, además de obtener los siguientes beneficios:

- Reforzar la red eléctrica del estado de Sonora a fin de incrementar su confiabilidad y contribuir a cubrir el déficit de generación del Sistema Baja California (SBC).
- Impulsar el crecimiento económico de los sectores Industrial, Comercial, Residencial y de Servicios de varios municipios en los estados de Sonora y Baja California.
- Fortalecer la capacidad de generación de la CFE en el Sistema Interconectado Nacional.
- Aumentar la cobertura de electrificación rural en los municipios más rezagados de los estados de Sonora y Baja California.
- Contribuir a los compromisos que adquirió México para mitigar el cambio climático.
- Reducir los costos de generación de energía eléctrica, al evitar protocolo correctivo (compra de energía a altos costos derivado del déficit existente) en el SBC.
- Reducir los costos unitarios variables de generación, en comparación con Centrales Termoeléctricas y Turbo Gas, con más de 30 años de antigüedad.

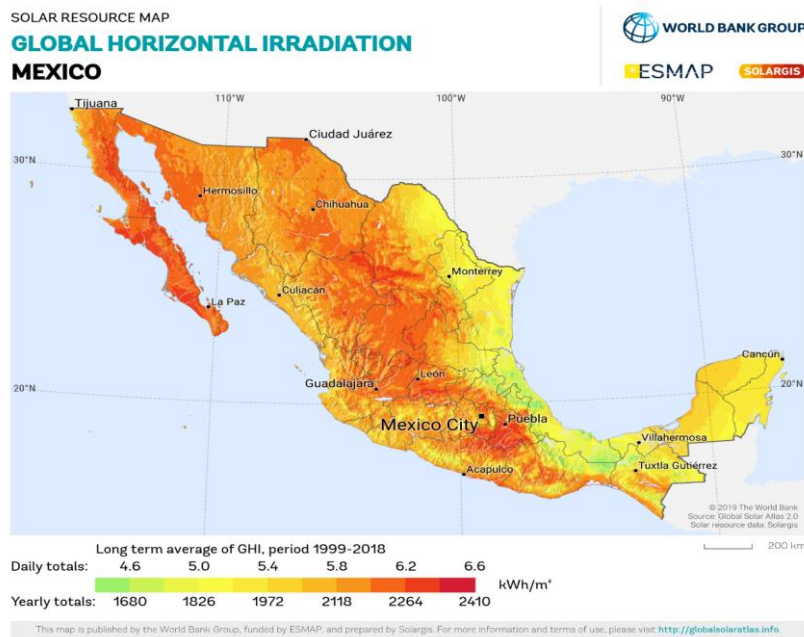
Además la CFV Puerto Peñasco Fase I contribuirá a que la CFE evite la emisión de aproximadamente 526 mil toneladas de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) contribuyendo con ello al cuidado del medio ambiente Además de ahorrar 1,470 millones de barriles de combustóleo al año, esto en caso de que la generación de energía se realizara mediante el uso de tecnologías convencionales.

### **VIII.5. Evaluación de Alternativas.**

Los criterios que se consideraron para la selección del sitio propuesto para llevar a cabo el proyecto son los siguientes:

**Ubicación:** El sitio donde se instalará la CFV Puerto Peñasco Fase I (120 + 300 MW) se localiza dentro de una de las mejores regiones de radiación solar en México, con valores superiores a los 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día de radiación solar global horizontal promedio anual.

La parte noroeste del país forma parte del cinturón solar mundial, franja de la tierra con los mejores niveles de incidencia solar. La información que se ha integrado en México, mapas de radiación solar y mediciones puntuales en algunas localidades, en forma general indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una irradiación global horizontal media anual de 5 kWh/m<sup>2</sup>/día. Entre las regiones del país que cuentan con los más altos niveles de irradiación, se encuentran la Península de Baja California y **Sonora**, con valores superiores a los 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/día como promedio anual.



Además de que la CFE es propietaria de 2,002 ha de terreno para llevar a cabo el desarrollo del mismo. Es importante señalar que estas hectáreas fueron adquiridas a través de un contrato de donación para el desarrollo del mismo.

**Tecnología:** La principal ventaja de este Proyecto es que es una fuente renovable de energía, a través de una tecnología libre de emisiones a la atmósfera y de gran capacidad para la generación de energía eléctrica limpia.

La producción de electricidad mediante el recurso solar en la zona propuesta, está comprobada por centrales de generación fotovoltaica instaladas en la misma parte Noroeste del país, tal es el caso de la Central Fotovoltaica Cerro Prieto de 5 MWp, en Mexicali, B.C., la cual opera desde el año 2012 y se encuentra a 200 km aproximadamente del área del

Proyecto, o las centrales solares en Sonora y Coahuila de una capacidad de aproximadamente 400 MWp y 800 MWp, respectivamente, por mencionar algunas.

Cabe destacar que los paneles que se utilizarán para la generación de energía eléctrica serán de la mayor eficiencia posible, garantizando que se genere la máxima capacidad de energía sobre la menor superficie de terreno posible.

**Ambientales:** La inclusión del Proyecto en el sitio propuesto no conlleva un incremento significativo del nivel de deterioro del Sistema Ambiental Regional.

En el sitio pretendido para la implementación del Proyecto, como se tiene concebido, se vincula plenamente con los instrumentos jurídicos aplicables, la Factibilidad de uso de suelo emitidas por el H. Ayuntamiento de Puerto Peñasco, ratifican lo expuesto.

El sitio del Proyecto no cuenta con valores ambientales, culturales o estéticos-paisajísticos extraordinarios.

#### **VIII.6. Conclusiones.**

- El Proyecto se vincula satisfactoriamente con los instrumentos jurídicos aplicables que regulan el uso de suelo y los recursos naturales.
- El Proyecto se ubicará dentro del predio propiedad de CFE.
- El sitio del Proyecto se encuentra comunicado por una red de caminos existentes que a su vez, comunican con vías de comunicación, infraestructura y servicios requeridos para la instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura fotovoltaica, lo cual reduce sustancialmente los impactos ambientales de su implementación.
- La mayor parte de los impactos adversos de la etapa de Preparación del Sitio y Construcción, serán limitados al predio donde se instalará el proyecto.
- Durante la Operación del proyecto no se prevén impactos significativos al ambiente.
- El proyecto no causará impactos ambientales significativos, toda vez de que no provocará alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, tales que obstaculicen la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
- Los efectos negativos que se podrían generar por el desarrollo del proyecto han sido evaluados, y se plantean las obras y/o actividades que tienden a evitar, reducir, o compensar dichos efectos, garantizando la convivencia de este proyecto con el entorno.
- El sitio en donde se desarrollará el Proyecto es el adecuado debido a la alta radiación solar, así como por la cercanía con los sitios en donde se distribuirá la energía eléctrica, lo que representa ventajas económicas para la factibilidad técnica del proyecto.

## **IX. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DEL DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO.**

### **IX.1. Presentación de la información**

De acuerdo con el artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se envían 2 ejemplares impresos del Documento Técnico Unificado Modalidad B-Regional y 2 en archivo electrónico.

#### **IX.1.1. Cartografía**

Los mapas y planos de localización correspondientes a cada capítulo de este Documento Técnico Unificado se encuentran en el **Anexo IX.1**.

#### **IX.1.2. Fotografías**

Los anexos fotográficos de la vegetación y fauna identificada en campo, así como las fotografías de los sitios de muestreos de la vegetación del área del proyecto y del SAR se presentan en el **Anexo IX.2**.

#### **IX.1.3. Videos**

En el **Anexo IX.3** se encuentran algunos videos tomados durante los muestreos en campo.

### **IX.2. Otros anexos**

Los anexos correspondientes a los Capítulos I, II, III, IV y V se presentan en la carpeta de ANEXOS.



## BIBLIOGRAFÍA

### Capítulo II

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034 (PRODESEN).

Esquema general del arreglo de un sistema de almacenamiento para una central fotovoltaica: <https://en.sungrowpower.com/>.

#### **Estimación de volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo**

Catálogo de Tipos de Vegetación Natural e Inducida de México.

Villaseñor, R., J. L. y F. J. Espinosa, G. 1998. Catálogo de malezas de México.

Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

#### **Estimación del valor económico de los recursos no maderables**

Rzedowski, J. y G. Calderón. 1988. Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el Centro de México y su interés fitogeográfico. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío. Acta Botánica Mexicana, 1: 7-9.

Burrows, G.E. and R.J. Tyrl. 2006. Handbook of Toxic Plants of North America. Blackwell Publishing, Ames, Iowa.

#### **Estimación del valor económico de los servicios ambientales**

Henciya, S., Seturaman, P., Rathinam-James, A., Tsai, Y.H., Nikam, R., Wu, Y.C., Dahms, H.U, Chang, F.R. 2016. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). Journal of Food and Drug Analysis, 25 (1): 187-196.

Reglas de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2021. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Publicadas en el DOF el 30-12-2020.

#### **Captura de carbono**

IPCC. 1994. Citado por Fragoso, L. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Grande” municipio de Tancítaro, Mich.

#### **Emisiones a la atmósfera**

Rowe, D. Environmental Engineering Handbook.

## Capítulo III

### Leyes y Reglamentos

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Última reforma publicada en el DOF el 18-01-2021.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA). Última reforma publicada DOF 31-10-2014.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Última reforma publicada 26-04-2021.

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS). Reglamento publicado en el DOF el 9 de diciembre de 2020.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Última reforma publicada DOF 18-01-2021.

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR). Última reforma publicada DOF 31-10-2014.

Ley General de Cambio Climático. Última reforma publicada DOF 06-11-2020.

Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora. Publicada el 27 de noviembre de 2017.

Ley de Transición Energética. Publicada en el DOF el 24 de diciembre de 2015.

Ley de Fomento de Energías Renovables y Eficiencia Energética del estado de Sonora. Última reforma publicada en el boletín oficial: 25 de enero de 2018.

Ley de la Industria Eléctrica. Última reforma publicada DOF 09-03-2021.

Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica. Publicado en el DOF el 31 de octubre de 2014.

### Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET)

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). El acuerdo se publicó en el DOF el 7 de septiembre de 2012.

Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Sonora. Publicado en el Periódico Oficial del estado el 21 de mayo de 2015.

### **Normas Oficiales Mexicanas**

NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-2005, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM- 052-SEMARNAT-2005.

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.

NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.

### **Planes o Programas de Desarrollo Urbano (PDU)**

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024; Se publicó en el DOF el 12 de julio de 2019.

Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021.

Plan Municipal de Desarrollo 2019-2021 Puerto Peñasco.

Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Puerto Peñasco.

Programa Sectorial de Energía 2020-2024; Se publicó en el DOF el 8 de julio de 2020.

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033.

## Capítulo IV

### Clima

García, E. 1982. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Servicio Meteorológico Nacional (para el estado de Sonora).

### Hidrología

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

### Vegetación: Índice de Valor de Importancia (IVI)

Curtis, J. T., McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.

Corella, J. F., Valdez H.J.I., Cetina A.V.M., González C.F.V., Trinidad S.A. y Aguirre R.J.R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*. 26 (90): 73-102.

Espinosa, V., Valdez J.I., Ángeles P.G. y Castillo A.O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*. 26 (1): 1-17.

Margalef, R. 1981. *Ecología*. Barcelona. Editorial Omega.

Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, MA, EUA, Cap. 4, pp. 100-121.

Begon, M., Harper JL & Townsend CR. 2006. *Ecology, individuals, populations and communities*. 4a ed. Blackwell Publishing, Cambridge, MA, USA. Caps. 16, 22; pp. 479-483, 633-639.

Sarmiento, F.O. 2000. *Diccionario de Ecología*. Quito, Ecuador. pp. 512.

Morlans M.C. 2004. *Introducción a la ecología de poblaciones*. Universidad Nacional de Catamarca. pp. 15.

Wiggins, I. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford, California, pp.1025.

Goodall, D., Perry R. 1979. *Arid-land ecosystems: structure, functioning and management*. Volume 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 880.

a b «*Bursera microphylla* information from NPGS/GRIN». [www.ars-grin.gov](http://www.ars-grin.gov). Archivado desde el original el 26 de septiembre de 2012.

«Torote». *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*. 2009.

«Postales de BCS: Árbol torote (*Bursera microphylla*)». Sudcalifornios.com: El Portal de B.C.S., México. 27 de diciembre de 2015.

«*Bursera microphylla*, Elephant Tree». Southwest Desert Flora (en inglés). 30 de abril de 2015.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/155000-bursera-microphylla>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Henrickson, J. 1972. A taxonomic revisión of the Fouquieriaceae. *Aliso* 7 (4): 439-537.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/172177-fouquieria-diguettii>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Pesman M. 1962. Meet flora Mexicana. An easy way to recognize some of the more frequently met plants of Mexico as seen from the main highways. Dale S. King. Six Shooter Canyon, Globe, Arizona, pp. 278.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

Mabry, T.J., Hunziker J.H., DiFeo DR (eds.). 1977. Creosote bush: biology and chemistry of *Larrea* in New World deserts. Dowden, Hutchinson, Halsted Press, Stroudsburg, Philadelphia, pp. 284.

Matthews, Robin, F. 1994. *Lycium berlandieri*. En: Sistema de información de efectos de fuego, [en línea]. Departamento de Agricultura de EE. UU., Servicio Forestal, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas, Laboratorio de Ciencias del Fuego.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/190492-lycium-berlandieri>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/180756-encelia-farinosa>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

«*Asclepias subulata*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/163049-asclepias-subulata>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Martínez-Gordillo, M., Jiménez-Ramírez, J., Cruz-Durán, R., Juárez-Arriaga, E., García R., Cervantes, A. & Mejía-Hernández, R. 2002. Anales Inst. Biol. UNAM, Bot. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. 73 (2): 155-281.

Valdés, J. y H. Flores. 1987. Las gimnospermas en la flora halófila y gipsófila de México. An. Inst. Biol. Ser. Bot. 57: 45-58.

USDA. 2008. "Ephedra trifurca". Germplasm Resources Information Network (GRIN). Agricultural Research Service (ARS), United States Department of Agriculture (USDA). Retrieved 2008-04-17.

Villanueva, L. y Fonseca R. 2011. Revisión taxonómica y distribución geográfica de Ephedra (Ephedraceae) en México. Act. Bot. Mex. No. 96. Pátzcuaro.

«*Peucephyllum*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/184196-peucephyllum-schottii>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Red de Herbarios del Noroeste de México: <https://herbanwmex.net/portal/taxa/index.php?taxon=Euphorbia+pediculifera+&formsubmit=Search+Terms>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Blumenthal, M. 1999. The Complete German Commission E. Monographs, Austin, Texas, American Botanical Council, 1999, [cdroom], Horse chestnut seed.

Espinoza, T. 2007. Seminario de internado: Diagnóstico y actualización de la información de productos registrados como productos farmacéuticos complementarios: Homeopáticos, fitofármacos y otros de origen natural, vigentes hasta el año 2005, y elaboración de monografías de plantas medicinales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile, pp. 195.

Alonso, J. 2004. Tratado de fitofármacos y nutraceuticos. 1° Ed. Editorial Corpus Libros. Rosario. Argentina, pp. 633-635.

«*Cylindropuntia bigelovii*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/146210-cylindropuntia-bigelovii>. Consultado el 26 de agosto de 2021.

Morhardt, Sia; Morhardt, Emil. 2003. California Desert Flowers. Berkeley: University of California Press. ISBN 0-520-24003-0.

«*Mammillaria dioica*». Flora of North America. «FNA Vol. 4, pp. 248, 253, 254».

Naturalista: <https://www.naturalista.mx/taxa/68191-Mammillaria-dioica>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

«*Cylindropuntia cholla*». Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/146217-cylindropuntia-cholla>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

Enciclovida CONABIO: <https://enciclovida.mx/especies/143915-carnegiea-gigantea>. Consultado el 27 de agosto de 2021.

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press, Inc., U.S.A.
- Felger, R. S. y B. T. Wilder. 2012. Plant life of a desert archipelago. The University of Arizona Press, EE. UU.
- Paredes, Aguilar, R., T. R. Van Devender y R. S. Felger. 2000. Cactáceas de Sonora, México: su diversidad, uso y conservación. IMADES & Arizona-Sonora Desert Museum Press.
- Samón, B., Reyes, A. y Sánchez, B. 2016. Fenología reproductiva de *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) en una región de transición del norte de Sinaloa, México. Gayana Bot. Vol 73, No. 2.
- Turner, R.M., J.E. Bowers y T.L. Burgess. 1995. Sonoran Desert plants: an ecological atlas. Tucson, AZ: University of Arizona Press, pp. 501.
- Nobel, P.S. 2002. Cacti: biology and uses. University of California Press, Berkeley, pp. 290.
- Delgadillo, J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California. UABC, Ensenada, Baja California, pp. 407.
- Davies, T.J., E.M. Wolkovich, N.J.B. Kraft, N. Salamin, J.M. Allen, T.R. Ault, J.L. Betancourt, K. Bolmgren, E.E. Cleland, B.I. Cook, T.M. Crimmins, S.J. Mazer, G.J. McCabe, S. Pau, J. Regetz, M.D. Schwartz y S.E. Travers. 2013. Phylogenetic conservatism in plant phenology (S. Bonser, ed.). Journal of Ecology 101 (6): 1520-1530.
- Pierson, E. A. y Turner R. M. 1998. An 85-year study of saguaro (*Carnegiea gigantea*) demography. Ecology, 79: 2676-2693.
- Franco-Pizaña, J.G., Fulbright T.E., Gardiner D.T., Tipton A.T. 1996. Shrub emergence and seedling growth in microenvironments created by *Prosopis glandulosa*. Journal of Vegetation Science, 7 (2): 257-264.
- Golubov, J., Mandujano M.C., Franco M., Montaña C., Eguiarte L.E., López-Portillo, J. 1999. Demography of the invasive woody perennial *Prosopis glandulosa* (honey mesquite). Journal of Ecology, 87: 955-962.
- Henciya, S., Seturaman P., Rathinam-James, A., Tsai Y.H., Nikam R., Wu Y.C., Dahms H.U., Chang F.R. 2016. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). Journal of Food and Drug Analysis, 25 (1): 187-196.
- Turner, R. M. 1990. Long-term vegetation change at a fully protected Sonoran Desert site. Ecology. 7 (2): 464-477.

### **Medio socioeconómico**

Censo de Población y Vivienda, 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Estimaciones del CONAPO, Índices de marginación, 2011.

Censo de Población y Vivienda, 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

## **Capítulo V**

### **Evaluación de los impactos ambientales**

Bojórquez Tapia, L. A. 1988. Las evaluaciones de impacto ambiental: conceptos y metodologías.

## **Capítulo VI**

### **Índice de Diversidad Shannon-Wiener**

Hurlbert, S.H. 1971. Nonconcept of species diversity - critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577.

Margalef, R. 1972. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 44: 211-235.

### **Análisis de riesgo de Erosión**

Roder, J. Villavicencio G. y Zarazúa P. 2006. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo "USLE" en SIG para estimar riesgo potencial de erosión en el área protegida "Sierra de Quila" Avances en la investigación científica en el CUCBA.

### **Estimación de la erosión eólica**

Modelo desarrollado por la FAO-Colegio de Postgraduados, publicado por la SEDUE, 1988.

### **Capacidad de captación de agua**

Lozano, S., Olazo, J., Pérez, M., Castañeda, E., Díaz, G. y Santiago, M. 2020. Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México. *Terra Latinoamericana*. Vol. 38, No.1.

Gunther, N. 2006. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. *Revista Geológica de América central*. 34-35: 13-30.

Linsley, R., Kohler, M. & Paulus, L. 1958. *Hydrology for engineers*. McGraw Hill, Nueva York, pp. 340.

Meyer, L. D. 1994. Rainfall simulators for erosion research. In: R. Lal. (ed.). *Soil erosion research methods*. USA, pp. 83-103.

Shao, Q. and T. Baumgartl. 2014. Estimating input parameters for four infiltration models from basic soil, vegetation and rainfall properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78: 1507-1521. doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.04.0122>.



Beven, K. 2004. Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Hydrol. Processes* 18: 3447-3460. doi: 10.1002/hyp.5740.

Merz, B., A. Bárdossy, and G. R. Schiffler. 2002. Different methods for modelling the areal infiltration of a grass field under heavy precipitation. *Hydrol. Processes* 16: 1383-1402. doi: 10.1002/hyp.347.

Langhans, C., G. Govers, and J. Diels. 2012. Development and parameterization of an infiltration model accounting for water depth and rainfall intensity. *Hydrol. Processes* 27: 3777-3790. doi: 10.1002/hyp.9491.

Horton, R. E. 1941. An approach toward physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 5: 399-417. doi: 10.2136.

Philip, J. R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Soil Sci.* 84: 257-264.

Holtan, H. N. 1961. A concept of infiltration estimates in watershed engineering. U. S. Department of Agriculture Service. Washington, DC, USA.

Dueñez-Alanís, J., J. Gutiérrez, L. Pérez y J. Návar. 2006. Manejo silvícola, capacidad de infiltración, escurrimiento superficial y erosión. *Terra Latinoamericana* 24: 233-240.

Schosinsky, G. & Losilla, M. 2000: Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual.- *Rev. Geol. Amér. Central*, 23: 43-55.

Butler, S. 1957: *Engineering Hydrology*. Prentice Hall Inc. EE.UU, pp. 356.

### **Calidad del agua**

NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

### **Inversión requerida**

Mercado Cambiario (Tipos de Cambio): <https://www.banxico.org.mx>

### **Estimación del resultado neto de operación**

Tarifa de transmisión (01/enero – 31/diciembre de 2021), publicada por la CFE-Transmisión.

### **Capítulo VII**

Documento Técnico Unificado (DTU) del Proyecto Central Fotovoltaica Santa Rosalía, BCS, 2a. Etapa (9 MW).